

**PERFORMANCE OF FOUR STEP ENGINE GENERATOR SET
WITH OXY-HYDROGEN (HHO) FUEL FROM WATER
ELECTROLYSIS PROCESS USING VACUUM VALVE
CARBURATOR**

**(UNJUK KERJA ENGINE EMPAT LANGKAH GENERATOR SET DENGAN
BAHAN BAKAR OXY-HYDROGEN (HHO) DARI PROSES ELEKTROLISIS
AIR DENGAN MENGGUNAKAN KARBURATOR TIPE VACUUM VALVE)**

Theodorus Rendy Prasetya¹, Lathifa Putri Afisna^{1*}, Devia G.C. Alfian¹, Rizky Faesal
Sadikin¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknologi Produksi Dan Industri, Institut
Teknologi Sumatera

*Corresponding author: putri.afisna@ms.itera.ac.id

ABSTRACT

Alternative energy sources are required to lessen the environmental impact brought on by the usage of fossil fuels as a result of rising energy demand and rising fossil fuel use. One of the fuels that can be utilized to power generator sets is oxy-hydrogen gas. Oxy-hydrogen gas can be obtained from the electrolysis of water using environmentally friendly energy sources. This study aims to determine the effect of the use of oxy-hydrogen gas from the electrolysis of water as an alternative fuel, to find the performance parameters of the generator set engine using oxy-hydrogen fuel, to compare the performance of the generator set engine with oxy-hydrogen gas fuel with other fuels like pertalite fuel and a mixture of oxy-hydrogen gas and pertalite. The study used a 4 stroke gasoline engine generator set mounted with a vacuum valve type carburetor with a load of 1000 watts which is commonly used. From the results of the study, the performance parameters of the generator set were obtained using oxy-hydrogen fuel. The parameter value when the load is 1000 watts, the effective power of the generator is 1.035 kW, the torque value at 3.297 Nm, specific fuel consumption is 0.3658 kg/kW.hour, the thermal efficiency value is 12.05% and the average effective pressure value is 184.06 kPa.

Keyword: Generator set; oxy-hydrogen; vacuum valve

ABSTRAK

Seiring dengan semakin tingginya kebutuhan akan energi membuat penggunaan akan bahan bakar fosil semakin tinggi yang memberikan dampak terhadap lingkungan sehingga diperlukannya sumber energi alternatif untuk mengurangi dampak yang ditimbulkan karena penggunaan bahan bakar fosil. Gas oxy-hydrogen merupakan salah satu bahan bakar yang dapat digunakan sebagai salah satu sumber bahan bakar pada generator set. Gas oxy-hydrogen dapat diperoleh dari proses elektrolisis air dengan menggunakan sumber energi yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan gas oxy-hydrogen dari hasil elektrolisis air sebagai bahan bakar alternatif, mencari parameter unjuk kerja mesin generator set dengan menggunakan bahan bakar oxy-hydrogen, membandingkan unjuk kerja mesin generator set dengan bahan

bakar gas oxy-hydrogen dengan bahan bakar bahan bakar pertalite dan campuran antara gas oxy-hydrogen dan pertalite. Penelitian menggunakan generator set mesin bensin 4 langkah yang dipasang dengan karburator tipe vacuum valve dengan beban 1000 watt yang umum digunakan. Dari hasil penelitian didapatkan parameter unjuk kerja generator set dengan menggunakan bahan bakar oxy-hydrogen. Nilai parameter saat beban 1000 watt didapat daya efektif generator sebesar 1,035 kW, nilai torsi pada 3,297 Nm konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,3658 kg/kW.jam, nilai efisiensi termal sebesar 12,05 % dan nilai tekanan efektif rata-rata sebesar 184,06 kPa.

Kata kunci: Generator set; oxy-hydrogen; vacuum valve

PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan yang paling mendasar manusia pada saat ini dalam menjalankan kehidupan. Namun bahan bakar utama pada penggunaan generator set ataupun kendaraan bermotor di Indonesia masih sangat bergantung pada bahan bakar minyak. Data dari Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral menunjukkan bahwa permintaan dalam negeri untuk minyak dan gas bumi mengalami peningkatan dari tahun 2015 sampai 2019. Seiring dengan peningkatan kebutuhan minyak dan gas bumi tersebut maka akan semakin besar juga pengambilan sumber daya alam terutama minyak bumi, hal ini menyebabkan dampak terhadap lingkungan dan juga kepada manusia itu sendiri. Selain itu jumlah cadangan minyak bumi di Indonesia yang semakin berkurang dari hari ke hari dan terancam habis menjadi keresahan bagi banya dorang. Oleh karena itu perlu usaha untuk mencari energi alternatif yang lain untuk mengurangi laju pemakaian energi dan bahan bakar fosil.

Energi alternatif menjadi sebuah perhatian khusus bagi semua negara di dunia di mana isu lingkungan

menjadi faktor utamanya. Salah satu dari sekian banyak bahan bakar alternatif adalah Bahan Bakar Gas (BBG). Bahan bakar gas alternatif yaitu gas *hydrogen*. *Hydrogen* merupakan unsur yang paling berlimpah di bumi dan berpotensi menjadi bahan bakar yang bisa merevolusi pasar energi. Unsur *hydrogen* memiliki jumlahnya melimpah, membentuk sekitar tiga perempat massa alam semesta. *Hydrogen* ditemukan di air yang menutupi 70% permukaan bumi dan di semua bahan organik, dan juga dapat diproduksi dari sumber daya terbarukan. *Hydrogen* juga digunakan dalam proses produksi methanol, ammonia, dan klorida. *Hydrogen* memiliki sifat sangat mudah terbakar jika dibandingkan dengan bensin sehingga *hydrogen* mempercepat proses pembakaran di dalam mesin yang membuat *hydrogen* memiliki emisi gas buang yang relatif sedikit (Triyanto,2017). Serta pencampuran gas *hydrogen* dan oksigen sebagai bahan bakar akan meningkatkan oksidasi pembakaran sehingga pembakaran akan semakin sempurna dan dapat menekan emisi gas buang CO. Gas gabungan antara gas *hydrogen* dan oksigen ini disebut dengan gas *oxy-hydrogen* (HHO) atau

sering disebut dengan *brown gas* (Tranggono, 2016).

Air yang merupakan salah satu bahan baku pembuatan gas HHO merupakan salah satu elemen yang sangat berlimpah didunia, sebanyak 72% permukaan bumi tertutup oleh air. Pada penelitian ini memanfaatkan ikatan molekul air (H_2O) yang dimanfaatkan sebagai bahan baku dari produksi gas *Oxy-hydrogen* melalui proses elektrolisis air. Elektrolisis air adalah peristiwa penguraian senyawa air (H_2O) menjadi oksigen (O_2) dan hidrogen (H_2) dengan menggunakan arus listrik yang mengalir melalui katoda dan anoda yang direndam di dalam air (Ghiffari 2013).

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Triyanto tahun 2017 yang meneliti pengaruh penambahan gas hidrogen hasil elektrolisis terhadap emisi gas buang sepeda motor dan penelitian yang dilakukan oleh Nofriyandi. R tahun 2014 yang mengaplikasikan gas HHO pada sepeda motor 150cc. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian yang lebih lanjut mengenai unjuk kerja *engine 4* langkah generator set dengan bahan bakar *Oxy-Hydrogen* (HHO) dari proses elektrolisis air menggunakan karburator tipe *vacuum valve* dengan menggunakan variasi beban dari 200 sampai 1000 watt. Hasil dari penelitian ini diharapkan akan memperoleh hasil yang baik mengenai pemanfaatan air sebagai bahan baku produksi *oxy-hydrogen* sebagai sumber energi terbarukan.

METODE PENELITIAN

Metode Penelitian

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan mesin bensin dengan

kecepatan konstan dan menggunakan variasi beban sebesar 200-1000 watt yang sesuai dengan kebutuhan rumah tangga pada umumnya untuk pengujian. Pengujian dilakukan pada mesin sebagai alat uji dengan poros yang terhubung dengan langsung ke generator elektrik dan telah dilakukan pergantian karburator dengan menggunakan karburator system katup vakum untuk mengatur aliran bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar. Sumber gas diproduksi dengan menggunakan generator produksi gas HHO yang disimpan pada penyimpanan sementara dengan tekanan rendah yang dilanjutkan menuju karburator katup vakum menuju ruang bakar mesin. Terdapat tiga variasi bahan bakar yang digunakan yakni bahan bakar *single-fuel* pertalite, *single-fuel* HHO dan *dual-fuel* pertalite+HHO. Pada pengujian system bahan bakar *single-fuel* pertalite-HHO aliran gas HHO dibuat konstan alirannya sebesar 1,5 lpm.

Pada saat pengambilan data *single-fuel* HHO ini dilakukan dengan cara mengkombinasikannya dengan menggunakan pertalite agar mesin tetap di posisi idle atau tetap menyala. Dimana pertama kali mesin dihidupkan dengan dengan menutup katup bensin dan membuka katup gas HHO, setelah itu mesin dibiarkan menyala selama kurang lebih 3 menit, kemudian diberikan beban 200 watt dan melakukan pengambilan data selama kurang lebih 3 menit. Setelah dilakukan pengambilan data 200 watt, katup gas HHO ditutup dan katup bensin dibuka untuk membuat mesin dalam posisi idle dan menunggu gas HHO diproduksi kembali. Setelah produksi HHO pada penyimpanan

sementara terisi kemudian menaikkan beban menuju 400 watt, setelah itu membuka katup gas HHO dan menutup katup bensin, pada perpindahan pertama ini dilakukan penyetelan pada *throtle* untuk membuat putaran mesin tetap konstan dengan menggunakan bahan bakar gas HHO.

Setelah dilakukan penyetelan *throtle* kemudian kembali menutup katup gas HHO dan membuka katup bensin, dan kembali menunggu bahan bakar gas HHO pada penyimpanan sementara diproduksi kembali. Setelah penyimpanan sementara terisi kemudian katup gas HHO dibuka dan katup bensin ditutup, setelah itu menunggu mesin selama 1 menit untuk memastikan bahwa sisa pertalite pada karburator sudah benar-benar habis. Setelah itu dapat dilakukan pengambilan data selama kurang lebih 3 menit dan mengulangi langkah yang di jelaskan sebelumnya dengan menambahkan beban pada generator.

Alat Uji

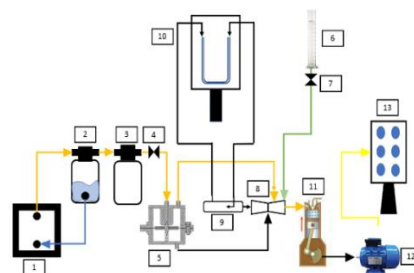
Alat uji yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Generator HHO tipe sel kering (yang dibuat sendiri dengan 3 katoda, 3 anoda dan 30 plat netral)
2. *Water Tank / Sparator*
3. Penyimpanan sementara gas HHO
4. *Control Valve*
5. *Rotameter 0,1-1,5 lpm*
6. *Rotameter 2,5-25 lpm*
7. Karburator *Vacuum valve*
8. Beban Uji Lampu
9. *Multimeter*
10. *Tachometer*
11. *Thermogun*

12. Gelas Ukur Bahan Bakar
13. *Pitot Tube*
14. *Manometer*
15. Timbangan Gaya
16. Genset Nichiwa NCW6000ES Gx225 (Output rata-rata 2,8kW)

Skema Penelitian

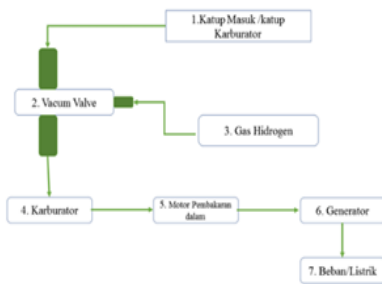
Skema rangkaian alat pada penelitian ini terdiri dari 13 komponen yang saling terhubung yang dijelaskan pada Gambar 1 dan juga penjelasan mengenai layout dari karburator *vacuum valve* yang dijelaskan pada Gambar 2



Gambar 1. Skema Rangkaian Alat

Nama Komponen:

1. Generator HHO Dry cell
2. Water Tank/Sparator
3. Penyimpanan Gas HHO Sementara
4. Control Valve dan Rotameter
5. *Vacuum valve*
6. Gelas ukur pertalite
7. *Control Valve*
8. Karburator
9. *Pitot Tube*
10. *Manometer*
11. Motor Pembakaran Dalam
12. Genset
13. Beban uji Lampu

Gambar 2. Layout *Vacuum valve*

Proses 1-2: Proses dimana *intake manifold* mesin menghasilkan udara tekanan rendah sehingga menghisap membran untuk menggerakkan katup jarum didalam *vacuum valve*. Dampaknya adalah aliran gas HHO ke dalam mesin.

Proses 2-3: Penghisapan gas HHO yang dilakukan oleh vacuum valve dan dialirkan menuju karburator.

Proses 3-4: Proses dimana gas HHO memasuki karburator.

Proses 4-5: Proses dimana bahan bakar dikompresikan oleh piston dan dengan adanya busi yang berfungsi untuk memercikkan bunga api, akan terjadilah proses pembakaran yang akan menghasilkan torsi yang memutar poros engkol.

Proses 5-6: Proses dimana daya yang dihasilkan yang berupa putaran torsi digunakan untuk memutar generator untuk mengasilkan arus DC.

Proses 6-7: Proses penyaluran daya listrik pada beban uji lampu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Data hasil yang didapatkan merupakan data saat pengolahan data yang disajikan dalam bentuk tabel.

Table 1. Data Pengolahan Efisiensi Aktual Generator

BHP (HP)	Daya Motor Pembakaran Dalam (kW)	Efisiensi Generator (%)
4,464103	3,31	84,59215

Table 2. Data Pengolahan Bahan Bakar Pertalite

Putaran Mesin (rpm)	Beban Lampu (watt)	Daya Efektif Generator (kW)	Torsi (Nm)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/kWjam)	Efisiensi Termal (%)	Tekanan Efektif Rata-rata (kPa)	AFR
3000	200	0,104700414	0,333440809	4,91034344	1,661780408	18,61341	17,045833
	400	0,34900138	1,111469364	1,63242186	4,998654296	62,04469	15,836962
	600	0,558402208	1,778350982	1,10093868	7,41177459	99,2715	16,001235
	800	0,767803036	2,4452326	0,83474582	9,775325975	136,4983	14,853042
	1000	1,012104002	3,223261154	0,65037337	12,5465046	179,9296	15,295989

Table 3. Data Pengolahan Bahan Bakar Campuran

Putaran Mesin (rpm)	Beban Lampu (watt)	Daya Efektif Generator (kW)	Torsi (Nm)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/kWjam)	Efisiensi Termal (%)	Tekanan Efektif Rata-rata (kPa)	AFR
3000	200	0,1047	0,333441	4,65268968	1,63243	18,6134069	17,6263
	400	0,349001	1,111469	1,46357336	5,20617	62,0446898	17,1568
	600	0,558402	1,778351	0,9632067	7,93712	99,2715037	17,0887
	800	0,767803	2,445233	0,70946433	10,7844	136,498318	17,3271
	1000	1,012104	3,223261	0,5506797	13,9137	179,9296	17,5092

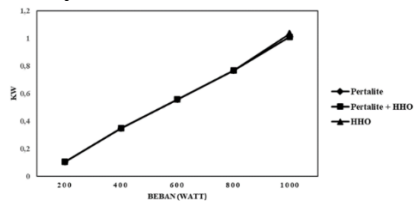
Table 4 Data Pengolahan Bahan Bakar Gas HHO

Putaran Mesin (rpm)	Beban Lampu (watt)	Daya Efektif Generator (kW)	Torsi (Nm)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/kWjam)	Efisiensi Termal (%)	Tekanan Efektif Rata-rata (kPa)	AFR
3000	200	0,104700414	0,333440809	3,07525049	1,434336009	18,613407	27,217586
	400	0,34900138	1,111469364	0,94970971	4,6445166	62,04469	27,221585
	600	0,558402208	1,778350982	0,61052767	7,224803599	99,271504	27,685668
	800	0,767803036	2,4452326	0,46868791	9,41125732	136,49832	26,676911
	1000	1,035370761	3,297359112	0,36585928	12,05639101	184,06591	26,580031

Pembahasan

Setelah selesai pengambilan data dan juga perhitungan unjuk kerja, maka hasil perhitungan ditampilkan dalam bentuk grafik daya efektif generator, torsi, tekanan efektif rata-rata, pemakaian bahan bakar spesifik, efisiensi termal, temperatur *exhaust*, dan *air fuel ratio* (AFR) terhadap fungsi beban.

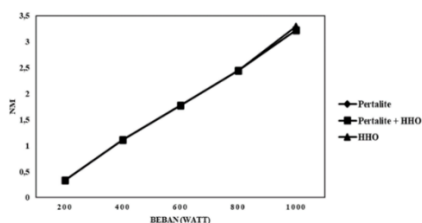
1. Daya Efektif Generator (Ne)



Gambar 3. Grafik Hubungan Daya Efektif Generator Dengan Beban

Dari Gambar 3 grafik menunjukkan nilai tren yang terus naik seiring dengan penambahan beban. Selain itu pada grafik menunjukkan kecenderungan bahwa tidak ada perbedaan nilai daya yang dihasilkan dari setiap variasi bahan bakar pertalite, gas HHO dan campuran pertalite+HHO. Hal ini disebabkan karena pada saat pengoperasian generator set setiap variasi bahan bakar, putaran mesin dijaga konstan yang membuat tegangan listrik juga ikut konstan di 220 volt. Nilai dari tren yang terus naik dan nilai yang tidak ada perubahan yang signifikan dari beberapa variasi bahan bakar ini didapatkan juga pada penelitian generator set dengan variasi beban dan putaran mesin yang konstan yang dilakukan oleh Ni'am 2016 dan juga Rizkal 2016.

2. Torsi

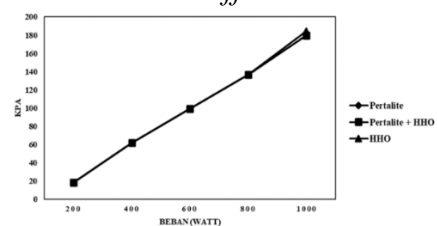


Gambar 4. Grafik Hubungan Torsi Dengan Beban

Dari Gambar 4 Grafik hubungan torsi dengan beban pada memiliki nilai tren yang sama dengan nilai daya

efektif generator, dimana nilai beban yang yang diberikan ke mesin semakin bertambah maka nilai torsi juga akan bertambah. Pada pengujian yang dilakukan putaran pada mesin dibuat konstan 3000 rpm sehingga jika dilihat pada persamaan untuk mencari nilai torsi (Ni'am 2016), maka perubahan nilai torsi bergantung pada daya efektif generator yang dihasilkan sehingga bentuk grafik hubungan torsi dengan beban sama dengan bentuk grafik hubungan daya efektif generator dengan beban.

3. Brake Mean Effective Pressure

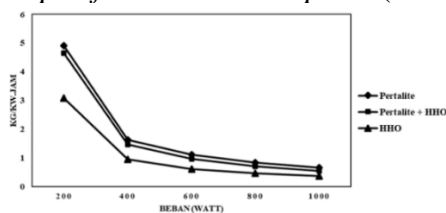


Gambar 5. Grafik Hubungan BMEP Dengan Beban

Dari Gambar 5 Grafik hubungan antara tekanan efektif rata-rata dengan beban memiliki nilai tren kenaikan yang terus meningkat seiring dengan bertambahnya beban pada mesin sama seperti grafik sebelumnya. Pada percobaan yang dilakukan putaran yang diberikan ke mesin konstan 3000 rpm, memiliki volume silinder 225 cc serta memiliki siklus 4 langkah. Jika ditinjau dari perhitungan pada persamaan untuk mencari BMEP (Ananta 2021). Dapat dilihat bahwa nilai tekanan efektif rata-rata pada penelitian ini bergantung pada daya efektif generator yang dihasilkan, namun bila ditinjau dari dari fenomena yang terjadi didalam mesin dimana kenaikan beban pada mesin akan

membuat bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar akan semakin banyak dimana saat semakin banyak bahan bakar yang ada didalam ruang bakar mesin, maka tekanan ekspansi pembakaran juga akan semakin besar (Arif, 2015). Sehingga seperti yang dapat dilihat pada grafik diatas dimana saat beban semakin besar maka bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar mesin akan semakin banyak yang membuat tekanan efektif rata-rata mesin menghasilkan nilai yang terus meningkat. Hal ini juga didapatkan pada penelitian generator set dengan variasi beban yang dilakukan oleh Ahmad Arif 2015 dan juga Achmad Rizkal 2016.

4. *Specific Fuel Consumption (SFC)*



Gambar 6. Grafik Hubungan SFC Dengan Beban

Dari Gambar 6 Grafik hubungan konsumsi bahan bakar spesifik dengan beban pada menunjukkan bahwa nilai dari konsumsi bahan bakar spesifik semakin menurun seiring dengan ditambahkannya beban pada generator. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar beban yang diberikan generator maka bahan bakar yang dibutuhkan akan semakin banyak yang masuk kedalam ruang bakar melalui mekanisme governor dan membuka throttle karburator untuk menjaga putaran mesin tetap konstan. Setelah beban ditambah, grafik konsumsi bahan

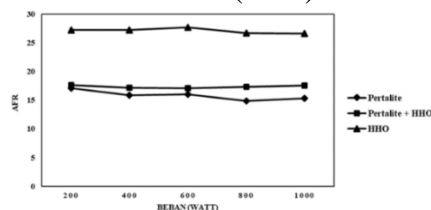
bakar spesifik cenderung mengalami penurunan, hal ini terjadi karena pada saat beban kecil 200 watt pada ruang bakar terjadi campuran yang terlalu kaya yang menyebabkan banyak bahan bakar yang tidak terbakar sempurna sehingga energi yang dikonversi menjadi daya menjadi tidak maksimal. Semakin kecil nilai konsumsi bahan bakar suatu mesin maka semakin hemat mesin tersebut dalam menghasilkan daya (Rizkal, 2016). Nilai tren yang didapatkan tersebut pada saat beban yang berikan rendah maka nilai konsumsi bahan bakar spesifik juga akan meningkat juga ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan oleh D. Sa'inz, dkk 2011 dan Alberto Julião Macamo 2018.

Dari grafik pada Gambar 6 tersebut menunjukkan nilai yang berbeda pada ketiga variasi tersebut namun masih memiliki tren penurunan yang sama. Pada variasi bahan bakar pertalite *single-fuel* memiliki nilai konsumsi bahan bakar yang paling tinggi pada pengujian ini sebesar 0,65 kg/kW.Jam pada saat beban 1000 watt, kemudian saat ditambahkan aliran gas HHO sebanyak 1,5 lpm dapat dilihat bahwa dengan penambahan gas HHO ini memberikan efek penurunan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,55 kg/kW.jam saat beban 1000 watt pada mesin, hal ini terjadi karena pada bahan bakar HHO memiliki nilai kalor yang tinggi sehingga mampu meningkatkan nilai kalor dari bahan bakar pada sistem *dual-fuel* pertalite+HHO, yang membuat bukaan *throttle* yang mengatur bahan bakar masuk kedalam ruang bakar mesin lebih kecil jika dibandingkan dengan *single-fuel* pertalite.

Sedangkan pada variasi single fuel HHO memiliki nilai konsumsi bahan bakar spesifik yang paling kecil jika dibandingkan dengan kedua variasi bahan bakar lainnya, dimana saat beban 1000 watt konsumsi bahan bakar spesifik memiliki nilai sebesar 0,36 kg/kW.jam. Hal ini disebabkan karena pada bahan bakar gas HHO memiliki nilai kalor yang tinggi, kemampuan pembakaran yang tinggi dan komponen utama yang terkandung pada gas HHO ini adalah hidrogen. Hidrogen memiliki nilai AFR stoikiometrik yang cukup tinggi sebesar 34,3:1 yang ditunjukkan pada penelitian yang dilakukan Nofriyandi, 2014. Oleh karena itu jika dibandingkan dengan *single-fuel* pertalite dan *dual-fuel* pertalite+HHO, bahan bakar yang masuk pada *single-fuel* HHO bisa lebih hemat karena faktor AFR yang tinggi tersebut.

Dapat dilihat juga pada penelitian yang dilakukan Fiter (2020), menunjukkan bahan bakar yang diberi campuran yang membuat bahan bakar mengalami peningkatan nilai kalor memiliki nilai konsumsi bahan bakar menjadi lebih kecil.

5. Air Fuel Ratio (AFR)



Gambar 7. Grafik Hubungan AFR Dengan Beban

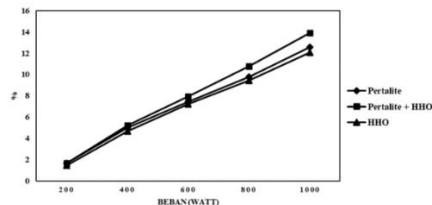
Pada Gambar 7 grafik hubungan AFR dengan beban pada menunjukkan nilai tren yang sama tidak naik maupun turun yang signifikan. Hal ini

disebabkan karena saat beban generator ditambahkan maka laju aliran massa bahan bakar dan udara juga akan bertambah kedalam ruang bakar mesin dengan rasio udara dan bahan bakar yang sama yang diatur oleh mekanisme governor untuk menggerakkan *throttle* pada karburator.

Dari ketiga variasi yang tertera pada Gambar 7 menunjukkan bahwa pada bahan bakar *single-fuel* pertalite memiliki nilai yang paling rendah diangka sekitar $\pm 15,8$ dengan nilai AFR ideal untuk bahan bakar pertalite diangka 14,6 (Nofriyandi 2014). Namun pada saat ditambahkan bahan bakar HHO pada sistem *single-fuel* nilai rasio udara dan bahan bakar meningkat dengan nilai sebesar $\pm 17,3$, ini disebabkan karena pada saat dilakukan penambahan bahan bakar throttle karburator yang terbuka akan lebih kecil yang membuat laju aliran massa bahan bakar yang masuk lebih sedikit karna gas HHO memiliki nilai kalor yang besar dan laju aliran bahan yang lebih banyak sehingga menyebabkan nilai rasio udara dan bahan bakar meningkat.

Sedangkan pada pengujian *single-fuel* gas HHO memiliki nilai yang lebih besar jika dibandingkan dengan dua variasi sebelumnya yakni diangka ± 27 , karena kandungan utama gas HHO ini adalah hidrogen, yang memiliki nilai AFR ideal sebesar 34,3 (Nofriyandi, 2016). Nilai AFR yang besar tersebut disebabkan karena pada saat pengujian dengan menggunakan gas HHO, laju aliran massa bahan bakar cenderung sangat kecil dan laju aliran massa udara lebih besar.

6. Efisiensi Termal



Gambar 8. Grafik Hubungan Efisiensi Termal Dengan Beban

Pada Gambar 8 grafik hubungan efisiensi termal dengan beban pada menunjukkan nilai tren yang terus naik seiring dengan penambahan beban pada generator. Dapat dilihat bahwa ada hubungan antara nilai sfc dengan nilai efisiensi termal, dimana saat nilai sfc memiliki nilai yang tinggi saat beban daya rendah di 200 watt, maka efisiensi termal akan mengalami penurunan. Hal ini menunjukkan bahwa banyak bahan bakar yang tidak dikonversi menjadi daya selama proses pembakaran, sehingga panas yang dihasilkan akan terbuang menuju exhaust. Sebaliknya saat sfc mengalami penurunan pada saat beban 400 sampai 1000 watt, maka nilai efisiensi termal akan mengalami kenaikan yang menunjukkan bahwa dengan naiknya efisiensi termal maka semakin banyak bahan bakar yang diubah atau dikonversi menjadi daya selama proses pembakaran terjadi di ruang bakar.

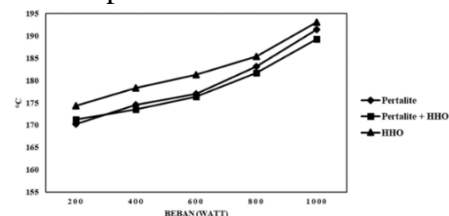
Nilai tren yang didapatkan tersebut pada saat beban yang berikan rendah maka nilai efisiensi termal cenderung rendah dan mengalami peningkatan saat ditambahkannya beban pada generator juga ditunjukan pada penelitian yang dilakukan oleh

Sa'inz dkk (2011), Yaman dkk (2021) dan Macamo dkk (2018).

Terlihat pada Gambar 8 bahwa nilai efisiensi termal memiliki nilai yang tidak jauh berbeda saat beban 200 watt dan pada saat beban 400 sampai 1000 watt variasi yang memiliki nilai efisiensi termal tertinggi terjadi pada bahan bakar sistem *single-fuel* pertalite-HHO dan nilai efisiensi termal yang paling rendah terjadi pada sistem bahan bakar *single-fuel* HHO. Hal yang mempengaruhi nilai dari efisiensi termal ini adalah laju aliran massa bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar dan juga nilai kalor dari bahan bakar.

Pada sistem *single-fuel* pertalite+HHO memiliki nilai efisiensi termal yang tinggi karena laju aliran bahan bakar yang masuk kedalam ruang bakar tidak terlalu besar dan nilai kalor yang tidak terlalu besar ataupun kecil. Sedangkan pada sistem *single-fuel* HHO memiliki nilai yang kecil, hal ini disebabkan karena nilai dari kalor HHO yang cukup besar sehingga panas yang dihasilkan selama proses pembakaran banyak yang terbuang yang membuat efisiensi termal dari bahan bakar HHO menurun.

7. Temperatur Exhaust



Gambar 9. Grafik Hubungan Temperatur Exhaust Dengan Beban

Pada Gambar 9 grafik hubungan temperatur exhaust dengan beban

pada menunjukkan nilai tren yang naik untuk setiap variasi bahan bakar, dimana saat beban generator ditambahkan suhu exhaust pun akan ikut meningkat. Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai dari temperatur exhaust berhubungan dengan nilai efisiensi termal, dimana dari ketiga variasi yang digunakan menunjukkan bahwa pada variasi yang memiliki nilai efisiensi termal yang rendah maka temperatur pada exhaust akan meningkat karena panas yang dihasilkan pada saat proses pembakaran banyak yang terbuang melalui exhaust sehingga temperatur exhaust mengalami peningkatan begitu pun sebaliknya pada variasi yang memiliki nilai efisiensi termal yang tinggi maka temperatur exhaust yang dihasilkan akan lebih rendah.

KESIMPULAN

Penggunaan bahan bakar bakar *oxy-hydrogen* sebagai bahan bakar alternatif pada motor pembakaran dalam generator set dapat berjalan dengan normal dengan menggunakan karburator *vacuum valve* tekanan gas rendah. Namun setelah dilakukannya pengujian ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, dimana penggunaan gas *oxy-hydrogen* menghasilkan suhu keluaran yang lebih tinggi yang disebabkan karena efisiensi termal saat menggunakan bahan bakar *oxy-hydrogen* lebih rendah jika dibandingkan dengan bahan bakar pertalite yang umum digunakan.

Parameter unjuk kerja generator set yang didapat dengan menggunakan bahan bakar *oxy-hydrogen* dengan beban daya yang umum digunakan pada rumah tangga sebesar 1000 watt sebagai berikut. Nilai daya efektif generator memiliki

nilai tertinggi pada pembebanan 1000 watt sebesar 1,035 kW, nilai torsi tertinggi terjadi pada pembebanan 1000 watt sebesar 3,297 Nm konsumsi bahan bakar spesifik terendah terjadi pada saat pembebanan 1000 watt 0,3658 Kg/kW.jam, nilai efisiensi termal tertinggi terjadi pada saat pembebanan 1000 watt sebesar 12,05% dan nilai tekanan efektif rata-rata tertinggi terjadi pada pembebanan 1000 watt 184,06 kPa. Nilai diatas menunjukkan bahwa semakin tinggi pembebanan daya yang diberikan maka performa mesin generator set juga akan mengalami peningkatan.

Perbandingan ketiga variasi bahan bakar yang digunakan menunjukkan bahwa pada nilai daya efektif generator, torsi dan juga tekanan efektif rata-rata memiliki tren dan nilai yang sama hal ini disebabkan karena putaran dijaga konstan di 3000 rpm yang membuat frekuensi generator dan tegangan memiliki nilai yang konstan, sehingga memiliki perbedaan nilai yang sangat kecil, lalu pada nilai konsumsi bahan bakar spesifik menunjukkan dari ketiga variasi menunjukkan bahwa nilai paling besar terdapat pada bahan bakar pertalite, lalu saat ditambahkan bahan campuran gas *oxy-hydrogen* sebesar 1,5 lpm menunjukkan penurunan nilai konsumsi bahan bakar spesifik dan pada saat menggunakan bahan bakar *oxy-hydrogen* memiliki nilai terendah di antara variasi lainnya, dan pada nilai efisiensi termal nilai tertinggi terdapat pada bahan bakar campuran antara pertalite dengan *oxy-hydrogen* dan nilai efisiensi termal terendah terdapat pada variasi bahan bakar *oxy-*

hydrogen yang disebabkan karena nilai kalor yang terlalu tinggi sehingga banyak panas yang terbuang yang membuat temperatur keluaran menjadi lebih tinggi.

REFERENSI

- Ananta, D.H. (2021). Studi Eksperimental Konversi Energi Biogas Ke Energi Listrik Sebagai Sumber Energi Terbarukan. Lampung Selatan: Institut Teknologi Sumatera.
- Arif, A. (2015). Karakterisasi Performa Mesin Diesel Sistem Dual Fuel Solar-Cng Tipe LPIG dengan Pengaturan *Start Of Injection* dan Durasi Injeksi Cng. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sa'inz, D., Die'guez, P.M. dan Urroz, J.C. (2011). Conversion of a Gasoline Engine-Generator Set to a Bi-Fuel (Hydrogen/Gasoline) Electronic Fuel-Injected Power Unit. Elsevier.
- Fiter dan Saragih, S.A. (2020). Analysis of The Effect of Pertalite Fuel Mixed with Naftalena to the Performance and Exhaust Gas Emissions on Motorcycle Machine. *Journal REM (Renewable Energy and Mechanics)*. Vol.03 No.01 2020: 6-21.
- Ghiffari, Y.A dan Kawano, D.S. (2013). Studi Karakteristik Generator Gas HHO Tipe *Dry Cell* dan *Wet Cell* Berdimensi 80x80mm dengan Penambahan PWM E-3 FF(1khz). *Jurnal Teknik Pomits Vol 2, No. 2*.
- Macamo, A.J, Lucas, C. dan Satoshi K. dkk. (2018). Generator Engine Performance and Exhaust Gas Emissions, Using Biodiesel from *Jatropha Curcas* with Kerosene Blends. *International Journal of Scientific & Engineering Research* Volume 9.
- Ni'am, S. (2016). Studi Eksperimental Unjuk Kerja LPG Engine Generator Set Berbahan Bakar Cng Dengan Variasi Sudut Pengapian dan Afr. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Nofriyandi, R. (2014). Aplikasi Gas HHO Pada Sepeda Motor 150 Cc. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Nofriyandi, R. (2016). Studi Eksperimen Pengaruh Penggunaan Koh Terhadap Performa Generator HHO Tipe Dry Cell Berdimensi 3.316 mm. Padang: Universitas Dharma Andalas.
- Rizkal, A. (2016). Karakterisasi Unjuk Kerja Diesel Engine Generator Set Sistem Dual Fuel Solar-Syngas Hasil Gasifikasi Briket Municipal Solid Waste (MSW) Secara Langsung. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Tranggono, A. (2016). Karakteristik Unjuk Kerja Generator Gas HHO Dengan Elektroda Titanium dan Mengaplikasikan Pada Sepeda Motor 150cc Sistem Injeksi. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Triyanto. (2017). Pengaruh Penambahan Gas Hidrogen Hasil Elektrolisis Terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor.

Semarang: Universitas Negeri
Semarang.

Yaman, H. dan Yesilyurt, M.K.
(2021). The Influence Of N-
Pentanol Blending With Gaso-
line on Performance, Combustion,
And Emission Behaviors
Of An SI Engine. Elsevier.