

KAJI EKSPERIMEN PENGARUH PENGGUNAAN HHO
TERHADAP *PERFORMANCE* GENERATOR SET



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan
pendidikan sarjana terapan (D-4) Program Studi Teknik Pembangkit Energi
Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang

DISUSUN OLEH:

Muhammad Aslam Dahlan
442 19 015

PROGRAM STUDI D-4 TEKNIK PEMBANGKIT ENERGI

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKASSAR

2023


HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi ini dengan judul “**Kaji Eksperimen Pengaruh Penggunaan HHO Terhadap *Performance Generator Set***” oleh Muhammad Aslam Dahlan NIM (44219015) dinyatakan layak untuk diujikan.

Makassar, 16 Agustus 2023

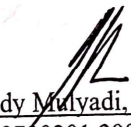
Mengetahui

Pembimbing I


Prof. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19590826 198803 1 002

Mengetahui

Pembimbing II


Musrady Mulyadi, S.ST., M.T
NIP. 19720201 200112 1 002

Mengetahui

Ketua Program Studi



Ir. Chandra Buana, M.T.
NIP. 19650319 199103 1 003

HALAMAN PENERIMAAN

Pada hari ini, Selasa 22 Agustus 2023, tim penguji ujian sidang skripsi telah menerima dengan baik skripsi oleh mahasiswa: Muhammad Aslam Dahlan NIM 442 19 015 dengan judul “Kaji Eksperimen Pengaruh Penggunaan HHO Terhadap *Performance Generator Set*”



Makassar, 22 Agustus 2023

Tim Penguji Ujian Sidang Skripsi:

1. Prof. Ir. Nur Hamzah, M.T., Ph.D.

Ketua

()

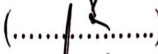
2. Dr. Jumadi Tangko, M.Pd

Sekretaris

()


3. Prof. Dr. Ir. Firman, M.T.

Anggota I

()

4. Ir. Chandra Buana, M.T.

Anggota II

()

5. Prof. Ir. Suryanto, M.Sc., Ph.D.

Pembimbing I

()

6. Musrady Mulyadi, S.ST., M.T.

Pembimbing II

()

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Aslam Dahlan

NIM : 442 19 015

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini yang berjudul “Kaji Eksperimen Pengaruh Penggunaan HHO Terhadap *Performance* Generator Set” merupakan gagasan dan hasil karya saya sendiri dengan arahan komisi pembimbing dan belum pernah diajukan dalam bentuk apapun pada perguruan tinggi dan instansi manapun.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan secara jelas dan dapat diperiksa kebenarannya. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya penulis lain telah disebutkan dalam naskah dan dicantumkan dalam skripsi ini.

Jika pernyataan saya tersebut di atas tidak benar, saya siap menanggung risiko yang telah ditetapkan oleh Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 22 Agustus 2023



Muhammad Aslam Dahlan

NIM 442 19 015

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena telah melimpahkan rahmat-Nya berupa kesempatan dan pengetahuan sehingga mampu menyelesaikan skripsi yang berjudul “Kaji Eksperimen Pengaruh Penggunaan HHO terhadap *Performance* Generator *Set*” dengan tepat waktu.

Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus dipenuhi guna menyelesaikan pendidikan Diploma IV pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang. Selain itu, skripsi ini juga bertujuan untuk menambah wawasan tentang pengembangan energi baru terbarukan khususnya gas Hidrogen dalam upaya penghematan bahan bakar kedepannya.

Pada kesempatan ini penulis juga ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu selama proses penyusunan proposal berlangsung sampai selesainya skripsi ini. Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Kedua orang tua yang selalu memberikan dukungan dan doa sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Ilyas Mansyur, M.T. selaku Direktur Politeknik Negeri Ujung Pandang.
3. Bapak Dr. Ir. Syaharuddin Rasyid, M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

4. Bapak Ir. Chandra Buana, M.T. selaku Ketua Program Studi D4 Teknik Pembangkit Energi.
5. Bapak Prof. Ir. Suryanto, Mc., Ph.D. dan bapak Musrady Mulyadi, S,ST., M.T. Selaku dosen pembimbing skripsi 1 dan pembimbing skripsi 2 yang telah meluangkan waktu dan pikirannya untuk memberikan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian ini.
6. Segenap dosen pada Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya Dosen pada Program Studi D-4 Teknik Pembangkit Energi atas semua ilmu yang telah diajarkan kepada penulis selama kurang lebih 4 tahun menempuh pendidikan di bangku kuliah.
7. Seluruh tenaga kependidikan dan instruktur pada Program Studi D-4 Teknik Pembangkit Energi, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang.
8. Teman-teman Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, khususnya teman-teman pada Program Studi Teknik Pembangkit Energi angkatan 2019 yang telah membantu dan memberikan dukungannya.
9. Semua pihak yang tidak sempat penulis sebutkan satu-persatu yang berjasa dalam penyusunan proposal penelitian ini.

Segala kritik dan saran ataupun masukan senantiasa penulis terima dengan baik untuk perbaikan penyusunan Skripsi.

Makassar, 16 Agustus 2023

Penulis

RINGKASAN

Salah satu solusi dari usaha penghematan bahan bakar pada penggunaan ICE adalah gas HHO yang dihasilkan dari elektrolisis air. Campuran Hidrogen dan Oksigen atau yang dikenal dengan nama *Oxyhydrogen* atau *Brown Gas* (HHO) dapat digunakan untuk mengurangi *specific fuel consumption* (SFC). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui seberapa besar jumlah penghematan penggunaan bahan bakar dari suatu generator yang mendapat tambahan gas HHO, untuk mengetahui *performance* Generator *set* dengan adanya tambahan gas HHO dan untuk mengetahui dampak penambahan gas HHO terhadap emisi gas buang pada Generator *set*.

Adapun metodologi dari eksperimen yakni menguji *performance* genset dan emisi gas buang yang dihasilkan genset pada dua kondisi. Kondisi pertama pengujian genset menggunakan bahan bakar pertalite dan kondisi kedua menggunakan bahan bakar pertalite ditambah gas HHO dari proses elektrolisis dengan katalis KOH seberat 50 gram. Pada pengujian terdapat beberapa parameter yang diukur diantaranya tegangan dan arus genset, waktu konsumsi bahan bakar, arus dan tegangan generator HHO, gas buang pada genset dan kondisi beban genset.

Dari hasil pengujian didapatkan hasil analisis pada konsumsi bahan bakar spesifik SFC genset dengan bahan bakar pertalite kondisi beban 50 % sebesar 0,98781 l/kWh, kondisi beban 75 % sebesar 0,73612 l/kWh dan kondisi beban 100 % 0,77273 l/kWh. Sedangkan SFC genset dengan bahan bakar pertalite ditambah gas HHO pada kondisi beban 50 % sebesar 0,8242 l/kWh, kondisi beban 75 % sebesar 0,74574 l/kWh dan kondisi beban 100 % sebesar 0,70144 l/kWh. Pada efisiensi sistem genset dengan bahan bakar pertalite dengan kondisi beban 50 % sebesar 6,938 %, kondisi beban 75 % sebesar 9,310 % dan kondisi beban 100 % sebesar 8,866 %. Sedangkan efisiensi sistem genset dengan bahan bakar pertalite ditambah gas HHO dengan kondisi beban 50 % sebesar 7,944 %, kondisi beban 75 % sebesar 9,196 % dan kondisi beban 100 % sebesar 9,776 %. Pada hasil pengukuran emisi gas buang menggunakan *exhaust gas analyzer* genset dengan kondisi bahan bakar pertalite untuk senyawa gas O₂ sebesar 3,38 ppm, CO₂ sebesar 9,89 ppm, NO_x sebesar 77,2 ppm dan CO sebesar 151 ppm. Sedangkan emisi gas buang genset dengan bahan bakar pertalite ditambah gas HHO untuk senyawa gas O₂ sebesar 6,90 ppm, CO₂ sebesar 7,90 ppm, NO_x sebesar 62,6 ppm dan CO sebesar 119,5 ppm.

Keyword: Gas HHO, Genset, bahan bakar, Pertalite dan emisi gas buang

SUMMARY

One of the solutions for saving fuel in the use of ICE is HHO gas produced from water electrolysis. A mixture of Hydrogen and Oxygen, also known as Oxyhydrogen or Brown Gas (HHO), can be used to reduce specific fuel consumption (SFC). The purpose of this study is to find out how much fuel is saved from a generator that gets additional HHO gas, to determine the performance of the Generator set in the presence of additional HHO gas and to determine the impact of adding HHO gas on exhaust emissions at the Generator set.

The methodology of the experiment is to test the performance of the generator and exhaust emissions produced by the generator in two conditions. The first condition of testing the generator uses pertalite fuel and the second condition uses pertalite fuel plus HHO gas from electrolysis process with KOH catalyst weighing 50 gram. In the test there were several parameters that were measured including generator voltage and current, fuel consumption time, HHO generator current and voltage, exhaust gas on the generator and generator load conditions.

From the test results, the analysis results obtained on the specific fuel consumption of SFC generators with pertalite fuel at 50 % load conditions of 0.98781 l/kWh, 75 % load conditions of 0.73612 l/kWh and 100 % load conditions 0.77273 l/ kWh. While the SFC generator with pertalite fuel plus HHO gas at 50 % load conditions is 0.8242 l/kWh, 75 % load conditions are 0.74574 l/kWh and 100 % load conditions are 0.70144 l/kWh. In the efficiency of the genset system with pertalite fuel with a 50 % load condition of 6.938 %, a 75 % load condition of 9.310 % and a 100 % load condition of 8.866 %. While the efficiency of the genset system with pertalite fuel plus HHO gas at 50% load conditions is 7.944 %, 75% load conditions are 9.196 % and 100 % load conditions are 9.776 %. In the results of measuring exhaust emissions using a generator exhaust gas analyzer with pertalite fuel conditions for O₂ gas compounds of 3.38 ppm, CO₂ of 9.89 ppm, NO_x of 77.2 ppm and CO of 151 ppm. While the exhaust emissions of generators with pertalite fuel plus HHO gas for O₂ gas compounds are 6.90 ppm, CO₂ are 7.90 ppm, NO_x are 62.6 ppm and CO are 119.5 ppm.

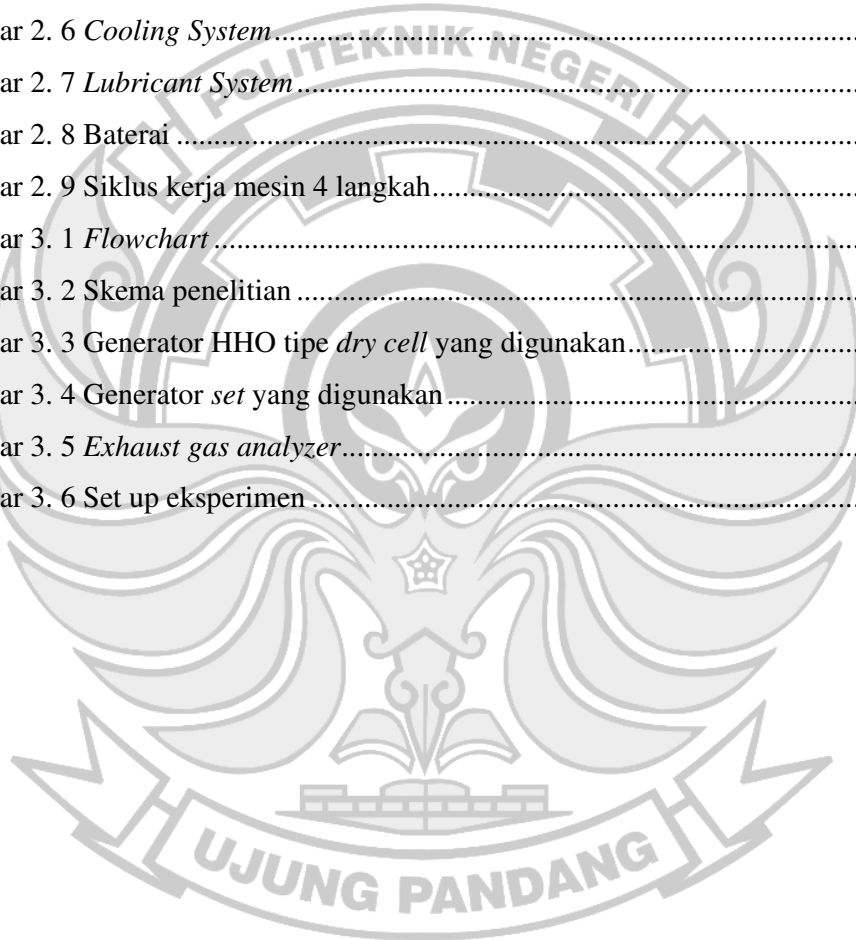
Keyword: HHO Gas, Genset, fuel, pertalite and exhaust emissions

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian penggunaan bahan bakar bensin tanpa HHO Pada kondisi beban 50 %	41
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian penggunaan bahan bakar bensin dengan HHO (katalis 50 gr,4A) pada kondisi beban 50 %	41
Tabel 4. 3 Hasil Pengujian penggunaan bahan bakar bensin dengan HHO (katalis 50 gr,5A) pada kondisi beban 50 %	42
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian penggunaan bahan bakar bensin dengan HHO (katalis 50 gr,6A) pada kondisi beban 50 %	42
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian penggunaan bahan bakar bensin dengan HHO (katalis 50 gr,7A) pada kondisi beban 50 %	42
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian penggunaan bahan bakar bensin tanpa HHO pada kondisi beban 75 %	42
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian penggunaan bahan bakar bensin dengan HHO (katalis 50 gr,4A) pada kondisi beban 75 %	43
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian penggunaan bahan bakar bensin tanpa HHO pada kondisi beban 100 %	43
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian penggunaan bahan bakar bensin dengan HHO (katalis 50 gr,7A) pada kondisi beban 100 %	43
Tabel 4. 10 Hasil Pengukuran Emisi Gas Buang Generator Set Tanpa HHO.	44
Tabel 4. 11 Hasil Pengukuran Kandungan Gas Buang Generator Set dengan Tambahan HHO.	44
Tabel 4. 12 Hasil Analisis Data Genset pada Beban 50 %	50
Tabel 4. 13 Hasil Analisis Data Genset pada Beban 75 %	50
Tabel 4. 14 Hasil Analisis Data Genset pada Beban 100 %	51

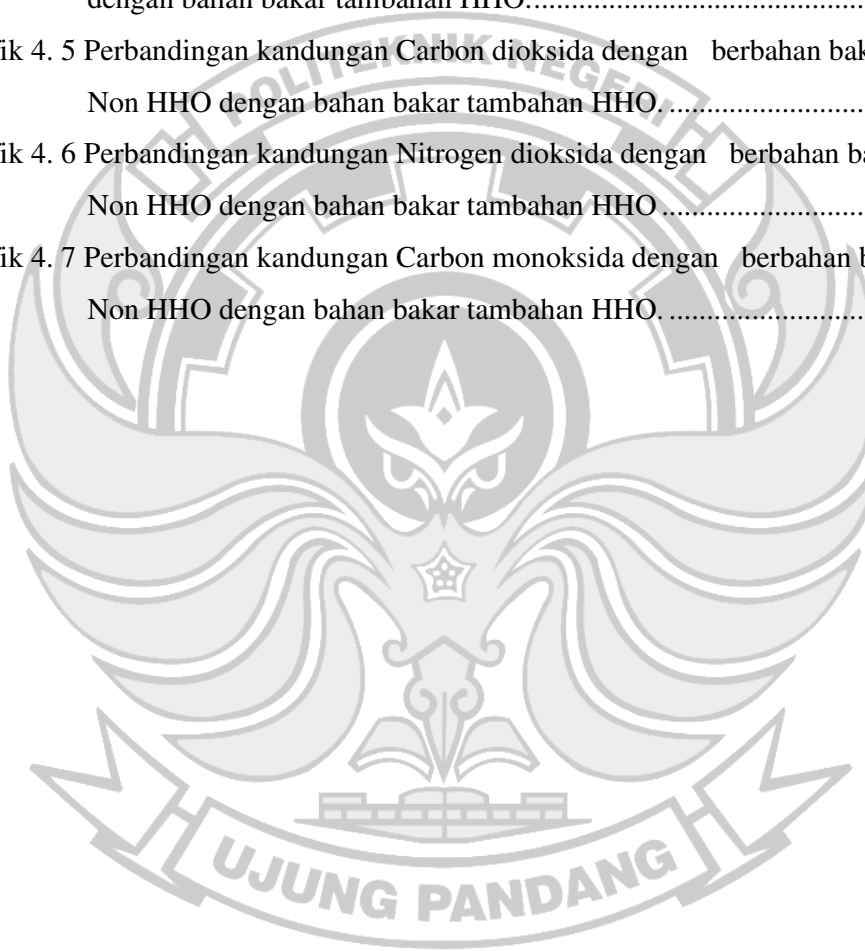
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Genset.....	7
Gambar 2. 2 Mesin.....	8
Gambar 2. 3 Alternator	9
Gambar 2. 4 Tangki bahan bakar	9
Gambar 2. 5 <i>Auto Voltage Regulator</i>	10
Gambar 2. 6 <i>Cooling System</i>	11
Gambar 2. 7 <i>Lubricant System</i>	11
Gambar 2. 8 Baterai	12
Gambar 2. 9 Siklus kerja mesin 4 langkah.....	14
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i>	27
Gambar 3. 2 Skema penelitian	28
Gambar 3. 3 Generator HHO tipe <i>dry cell</i> yang digunakan.....	31
Gambar 3. 4 Generator <i>set</i> yang digunakan.....	31
Gambar 3. 5 <i>Exhaust gas analyzer</i>	33
Gambar 3. 6 Set up eksperimen	34



DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Hubungan antara kondisi beban genset dengan nilai Pin genset	52
Grafik 4. 2 Hubungan antara kondisi beban genset dengan nilai SFC.....	53
Grafik 4. 3 Hubungan antara kondisi beban genset dengan η sistem Genset	55
Grafik 4. 4 Perbandingan kandungan Oksigen dengan berbahan bakar Non HHO dengan bahan bakar tambahan HHO.....	57
Grafik 4. 5 Perbandingan kandungan Carbon dioksida dengan berbahan bakar Non HHO dengan bahan bakar tambahan HHO.....	59
Grafik 4. 6 Perbandingan kandungan Nitrogen dioksida dengan berbahan bakar Non HHO dengan bahan bakar tambahan HHO	61
Grafik 4. 7 Perbandingan kandungan Carbon monoksida dengan berbahan bakar Non HHO dengan bahan bakar tambahan HHO.....	63



DAFTAR ISI

SAMPUL HALAMAN.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENERIMAAN	iii
SURAT PERNYATAAN	iv
KATA PENGANTAR.....	v
RINGKASAN	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR GRAFIK.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR ISI.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Genset / Generator Set	6
2.1.1 Prinsip Kerja Generator <i>Set</i>	7

2.1.2	Komponen-Komponen pada Generator <i>Set</i>	8
2.1.3	<i>Internal Combution Engine</i> (ICE)	12
2.1.4	Cara Kerja <i>Internal Combution Engine</i>	13
2.1.5	Konsep Reaksi Pembakaran	19
2.1.6	Bahan Bakar	21
2.2	Gas HHO	23
3.2.1	Manfaat dan Keuntungan.....	23
BAB III METODE PENELITIAN		25
3.1	Tempat dan Waktu	25
3.2	Alat dan Bahan	25
3.2.1	Alat	25
3.2.2	Bahan	26
3.3	Flowchart	27
3.4	Skema Penelitian	28
3.5	Prosedur Penelitian	29
3.5.1	Tahap perencanaan spesifikasi komponen utama eksperimen.....	30
3.5.2	Tahap <i>set up</i> eksperimen.....	34
3.6	Tahap Pengambilan Data Percobaan	35
3.6.1	Langkah-langkah percobaan efisiensi penggunaan bahan bakar	35
3.6.2	Langkah-langkah pengukuran Emisi Gas buang pada genset.....	36
3.7	Teknik Analisis Data	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		41

4.1 Hasil pengujian bahan bakar bensin dengan HHO	41
4.2 Hasil Pengujian emisi gas buang pada generator set	43
4.3 Analisis Data	44
4.3.1 Analisis performance genset tanpa HHO	44
4.3.2 Analisis <i>performace</i> genset dengan tambahan HHO.....	47
4.3.3 Tabel hasil analisis data	50
4.4 Hasil Analisis dan Pembahasan	52
4.4.1 Grafik dan pembahasan daya input.....	52
4.4.2 Grafik dan pembahasan SFC.....	53
4.4.3 Grafik dan pembahasan η sistem genset	55
4.4.4 Grafik dan pembahasan kandungan Oksigen berbahan bakar Non HHO dan tambahan HHO	57
4.4.5 Grafik dan pembahasan kandungan Carbon dioksida berbahan bakar Non HHO dan tambahan HHO.....	59
4.4.6 Grafik dan pembahasan kandungan Nitrogen dioksida berbahan bakar Non HHO dan tambahan HHO.....	61
4.4.7 Grafik dan pembahasan kandungan Carbon monoksida berbahan bakar Non HHO dan tambahan HHO.....	63
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	 65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	67
DAFTAR PUSTAKA	68



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan Bakar minyak bumi merupakan sumber energi yang ketersediannya semakin terbatas, sedangkan kebutuhannya semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah mesin-mesin yang berperan penting dalam kehidupan manusia sehari-hari dengan menggunakan bahan bakar konvensional seperti; solar, bensin, batu bara dan gas alam. Disamping itu isu global mengenai pencemaran udara yang diakibatkan oleh emisi gas buang merupakan masalah serius yang banyak diperhatikan oleh hampir semua negara. Untuk itu perlu adanya upaya mencari sumber daya energi alternatif yang sifatnya *sustainable* dan ramah lingkungan.

Dalam rangka substitusi energi konvensional ke energi terbarukan maka diperlukan sumber energi yang mudah didapatkan dan diaplikasikan. Salah satunya adalah sumber energi matahari yang merupakan sumber energi baru dan terbarukan yang potensial dimanfaatkan, apalagi Indonesia secara geografis terletak pada garis khatulistiwa dengan tingkat radiasi yang tinggi. Dengan teknologi solar *photovoltaic* (PV) energi matahari dapat dikonversi menjadi energi listrik. Penggunaan panel PV sekarang ini banyak digunakan untuk berbagai kebutuhan untuk mensuplai energi listrik. Salah satu penggunaan yang banyak dikembangkan saat ini adalah untuk suplai energi listrik untuk membantu proses elektrolisis air yang menghasilkan gas HHO digunakan sebagai bahan bakar substitusi untuk *Internal Combustion Engine* (ICE) sebagai penghemat bahan bakar

konvensional pada pengoperasiannya (Akbar Ali, Wardana ING, Yulianti Lilis 2014).

Penelitian mengenai pengaruh penggunaan gas HHO terhadap performance mesin (ICE) sudah banyak diteliti. Umumnya objek penelitian berupa mesin penggerak kendaraan, seperti yang dilakukan oleh (Alfi Tranggono A.S 2016) yang menguji beberapa mesin kendaraan yang menggunakan tambahan gas HHO. Hasilnya dapat mengurangi penggunaan bahan bakar rata-rata (SFC) menurun 26 % dan mengurangi emisi gas buang 38-40 % (Akbar Ali, Wardana ING, Yulianti Lilis 2014: 7) Generator HHO adalah pembangkit bahan bakar air melalui proses yang berfungsi menguraikan air (H_2O) menjadi 2 atom Hidrogen (H) dan 1 atom Oksigen (O_2) yang kemudian terkenal dengan nama Gas HHO atau *Brown Gas*.

Dampak penambahan gas HHO pada mesin ICE yaitu memaksimalkan pembakaran yang ledakannya akan lebih kuat yang disebabkan oleh Hidrogen dan Oksigen yang dimasukkan ke dalam ruang bakar sehingga hasil pembakaran menjadi semakin bersih karena bensin atau solar yang tidak terbakar akan terbakar habis dan dapat menghemat penggunaan BBM pada ICE, selain tenaga yang dihasilkan lebih besar dan emisi udara yang dihasilkan lebih bersih (Akbar Ali, Wardana ING, Yulianti Lilis 2014: 5).

Salah satu mesin atau perangkat yang mampu menghasilkan listrik yang paling umum digunakan adalah generator set atau biasa dikenal dengan nama Genset. Pola dasar dari sebuah mesin Genset adalah mengubah energi mekanik poros engkol ICE menjadi energi listrik oleh generator yang terkopel.

Genset mempunyai karakteristik pengoperasian yang berbeda dengan pola pengoperasian mesin penggerak pada kendaraan. Pada genset, ICE cenderung berputar pada putaran konstan untuk mendapatkan frekuensi dan tegangan yang konstan, sementara pada penggerak kendaraan, putaran mesin cenderung bervariasi terus menyesuaikan kecepatan dan akselerasi kendaraan.

Jenis bahan bakar untuk mengoperasikan ICE, tergantung jenis mesinnya. Jika Genset menggunakan mesin diesel sebagai penggerak maka digunakan bahan bakar solar atau biodiesel, sementara jika mesinnya penggerak mesin Otto (mesin bensin) maka bahan bakarnya bensin. Dengan kemajuan teknologi, kedua jenis mesin tersebut dapat menggunakan bahan bakar gas alam. Namun demikian karena bensin dan solar yang merupakan bahan bakar fosil harganya cenderung naik dipasaran, sehingga menyebabkan biaya operasional mesin ICE juga menjadi tinggi. Hal ini menjadi persoalan besar yang dihadapi saat ini pada pengoperasian pembangkit *thermal* penggerak ICE. Sementara keberadaan pembangkit jenis ini masih sukar tergantikan terutama pada daerah kepulauan dan terisolir. Untuk itu diperlukan solusi untuk penghematan atau substitusi energi yang berasal dari energi baru terbarukan dan tetap mempertahankan *performance* atau bahkan meningkatkan *performancenya*.

Salah satu solusi dari usaha penghematan bahan bakar ada penggunaan ICE tersebut adalah gas HHO yang dihasilkan dari elektrolisis air. Campuran hidrogen dan oksigen atau yang dikenal dengan nama *Oxyhydrogen* atau *Brown Gas* (HHO) dapat digunakan untuk mengurangi *specific fuel consumption* (SFC). HHO ditemukan oleh Luther Wattles pada tahun 1897 dan digunakan sebagai bahan

bakar pertama kali pada tahun 1930 oleh Rudolf A. Erren pada suatu mesin kendaraan.

Skripsi ini mengevaluasi dampak penggunaan gas HHO pada suatu Genset dilihat dari aspek *performance engine* dan pengaruh tingkat gas emisi gas buang, dengan judul “Kaji Eksperimen Pengaruh Penggunaan HHO Terhadap *Performance Generator Set*”.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi batasan masalah dalam Skripsi ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh gas HHO terhadap *performance* Generator *Set*?
2. Berapa besar jumlah penghematan bahan bakar pada Generator *Set* dengan menambahkan gas HHO?
3. Bagaimana pengaruh gas HHO terhadap emisi gas buang engine Generator *Set*?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup permasalahan yang akan dibahas pada skripsi ini, adalah:

1. Penelitian dilakukan pada suatu Generator *Set* dengan kapasitas 2 kW
2. Penelitian mencakup penghematan penggunaan bahan bakar pada Genset dengan menggunakan generator HHO.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun Tujuan Penelitian Skripsi ini adalah:

1. Untuk mengetahui seberapa besar jumlah penghematan penggunaan bahan bakar dari suatu generator yang mendapat tambahan gas HHO.
2. Untuk mengetahui *performance* Generator *set* dengan adanya tambahan gas HHO.
3. Untuk mengetahui dampak penambahan gas HHO terhadap emisi gas buang pada *engine* Generator *set*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun Manfaat dari penelitian Skripsi ini Adalah:

1. Sebagai bahan referensi bagi penelitian mengenai pemanfaatan HHO.
2. Sebagai bahan referensi untuk meningkatkan penghematan bahan bakar pada *Internal Combustion Engine* dalam hal ini Generator *Set* dengan menggunakan HHO atau *Oxyhydrogen*.
3. Sebagai usaha implementasi bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Genset / Generator Set

Genset adalah sebuah benda atau perangkat yang fungsinya untuk menghasilkan daya listrik, genset merupakan sebuah singkatan dari generator *set*. Kenapa disebut Generator *set*? Hal ini dikarenakan oleh alat ini mempunyai dua perangkat yang berbeda dan bercampur menjadi satu, terdiri dari perangkat mesin dan alternator. Mesin berfungsi untuk perangkat pemutar, dan generator atau alternator sebagai alat pembangkit listrik (Gabriel, Timilar Paul. dkk 2015: 77).

Kedua perangkat ini saling bekerja sama untuk menghasilkan arus atau daya listrik, misalnya pada perangkat mesin (*engine*) perangkat ini memutar sebuah generator yang terbuat dari sekumpulan tembaga. Sehingga pada saat terjadi perputaran terus menerus dengan kecepatan yang stabil hal ini tentunya akan menghasilkan arus listrik.

Definisi genset yang lainnya adalah suatu rangkaian yang terdiri dari rangkaian elektrik dan elektronik, yang disambungkan dengan mesin penggerak, bisa berupa motor bakar, turbin uap, turbin air, kincir air, kincir angin dan hal yang lainnya yang mampu membuat putaran tertentu sehingga bisa menghasilkan suatu tegangan atau arus listrik.



Gambar 2. 1 Genset

(Sumber: www.caramesin.com/komponen-genset-dan-fungsinya. Diakses februari 2023)

2.1.1 Prinsip Kerja Generator *Set*

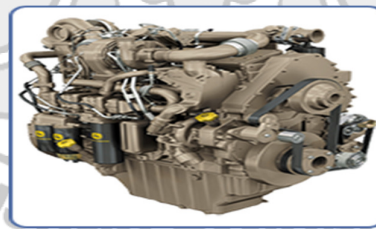
Mesin penggerak genset pada umumnya merupakan sebuah mesin pembakaran dalam berupa motor / mesin diesel yang menggunakan bahan bakar solar atau mesin dengan bahan bakar bensin. Prinsip kerja genset adalah sebuah mesin pembakaran (mesin diesel atau mesin bensin) yang bergerak dengan mengubah energi bahan bakar fosil menjadi energi mekanik, kemudian energi mekanik tersebut dikonversi oleh generator sehingga menghasilkan daya listrik. Maka dari itu Genset ini dapat di golongkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) dengan skala yang kecil. Genset (*generator set*) biasanya digunakan untuk menghasilkan daya listrik alternatif atau pengganti sementara, seperti ketika pasokan daya listrik dari industri pembangkit listrik (PLN) padam / *off*, atau saat keadaan dimana di daerah tersebut tidak ada pasokan listrik, atau bisa juga digunakan pada saat diperlukannya daya listrik tambahan. (Ryan Setya Kurniawan 2018: 11-12)

2.1.2 Komponen-Komponen pada Generator *Set*

Adapun Komponen-komponen utama yang terdapat pada Genset beserta fungsinya menurut (Affandy, Haris Mas 2018: 7-8) sebagai berikut:

1) Mesin / *engine* Merupakan input sumber energi mekanik dari generator.

Ukuran pada mesin Genset berbanding lurus dengan *output* daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh generator. Ada beberapa faktor mengenai mesin dalam pengoperasiannya yaitu, spesifikasi pada mesin, jam maksimal operasionalnya, serta jadwal perawatan pada mesin. Terdapat beberapa macam bahan bakar yang digunakan genset diantaranya seperti solar, bensin, propana atau gas alam. Mesin yang kecil biasanya beroperasi dengan bahan bakar bensin, sementara mesin yang besar beroperasi dengan bahan bakar solar, propana cair, propana gas atau gas alam. Mesin tertentu juga dapat beroperasi pada dua jenis bahan bakar misalnya solar dan gas yang disebut *bi-fuel*.



Gambar 2. 2 Mesin

(Sumber: www.caramesin.com/komponen-genset-dan-fungsinya.

Diakses februari 2023)

2) Alternator Bagian genset yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Bagian alternator berisi kumpulan bagian stasioner dan bagian yang bergerak, dan bagian-bagian ini terbungkus dalam satu

frame. Komponen-komponen tersebut bekerja sama hingga menyebabkan terjadinya pergerakan yang relatif antara medan magnet dan listrik, dimana pada saat gilirannya menghasilkan arus listrik.



Gambar 2. 3 Alternator

(Sumber: www.caramesin.com/komponen-genset-dan-fungsinya. Diakses februari 2023)

- 3) Sistem Bahan Bakar merupakan sistem yang berfungsi sebagai penyimpan bahan bakar (tangki bahan bakar), menyalurkan bahan bakar ke mesin, dan mengkabutkan bahan bakar ke mesin sebagai tenaga mesin.



Gambar 2. 4 Tangki bahan bakar

(Sumber: www.caramesin.com/komponen-genset-dan-fungsinya. Diakses februari 2023)

- 4) Regulator Tegangan Bagian genset yang berfungsi mengatur, dan mengontrol tegangan yang keluar dari main stator. Sistem ini berdasarkan

prinsip umpan balik / *feed back* dimana *output* termonitor agar dapat mengontrol input hingga terjadi keseimbangan antara tegangan yang keluar dengan tegangan referensi. Sehingga *output* tegangan yang dihasilkan generator selalu konstan dengan berbagai level beban.



Gambar 2. 5 *Auto Voltage Regulator*

(Sumber: www.caramesin.com/komponen-genset-dan-fungsinya. Diakses februari 2023)

- 5) Sistem Pendingin dan Saluran Pembuangan Uap Penggunaan genset dalam waktu yang cukup lama dapat menyebabkan komponennya menjadi cepat panas dan bahkan mesin dapat mengalami panas yang berlebih atau *overheating*. Karena itu dibutuhkan sistem pendingin yang berfungsi untuk menstabilkan temperatur komponen-komponen pada genset selama penggunaannya. Saluran pembuangan uap digunakan untuk membuang sisa pembakaran dari bahan bakar mesin genset.



Gambar 2. 6 *Cooling System*

(Sumber: www.caramesin.com/komponen-genset-dan-fungsinya. Diakses februari 2023)

- 6) Sistem Pelumas Genset terdiri dari mesin-mesin yang beroperasi pada tempatnya. Sehingga dibutuhkan pelumas untuk membuat mesin menjadi lebih awet dan pergerakan mesin lebih halus, meskipun penggunaan Genset beroperasi dalam waktu yang cukup lama.



Gambar 2. 7 *Lubricant System*

(Sumber: www.caramesin.com/komponen-genset-dan-fungsinya. Diakses februari 2023)

- 7) Sistem Pengisian Baterai Bagian dari Genset yang berfungsi mengisi baterai aki atau disebut dengan alternator *charging*. Sistem ini bekerja saat mesin telah berjalan dan tegangan keluaran alternator *charging* akan disearahkan menjadi tegangan DC. Tegangan DC dari alternator dikontrol oleh regulator serta mengatur eksitasi *alternator charging*. Regulator ini berfungsi mengatur arus pengisian aki supaya tidak berlebihan. Jika aki belum penuh, maka alternator akan mengisi arus dengan laju arus yang cukup besar dan

akan mengurangi laju arus pengisian jika aki sudah penuh. (Affandy Haris Mas 2018: 7-8)



Baterai

Gambar 2. 8 Baterai

Sumber: www.caramesin.com/komponen-genset-dan-fungsinya. Diakses februari 2023)

2.1.3 *Internal Combustion Engine (ICE)*

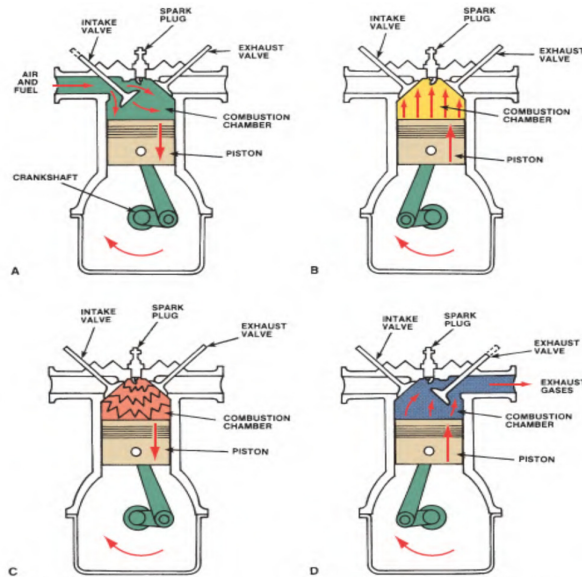
Motor pembakaran dalam (*internal combustion engine*) adalah mesin kalor yang berfungsi untuk mengkonversikan energi kimia yang terkandung dalam bahan bakar menjadi energi mekanis dan prosesnya terjadi di dalam suatu ruang bakar yang tertutup. Energi kimia dalam bahan bakar terlebih dahulu diubah menjadi energi termal melalui proses pembakaran. Energi termal yang diproduksi akan menaikkan tekanan yang kemudian menggerakkan mekanisme pada mesin seperti torak, batang torak, dan poros engkol. Berdasarkan metode penyalaan campuran bahan bakar udara, motor pembakaran dalam dapat diklasifikasikan menjadi *spark ignition engine* dan *compression ignition engine*. (Jarot Prakoso 2010: 7)

Dalam melakukan proses pembakaran tersebut, bagian-bagian motor yang telah disebutkan di atas akan melakukan gerakan berulang yang dinamakan siklus. Setiap siklus yang terjadi dalam mesin terdiri dari beberapa urutan

langkah kerja. Berdasarkan siklus langkah kerjanya, motor pembakaran dalam dapat diklasifikasikan menjadi motor 2 langkah dan motor 4 langkah.

2.1.4 Cara Kerja *Internal Combustion Engine*

Perubahan tenaga panas menjadi tenaga gerak atau tenaga mekanik dapat dijelaskan sebagai berikut: ketika katup hisap terbuka, campuran bahan bakar dan udara masuk melalui saluran *intake manifold* ke dalam ruang bakar. Campuran bahan bakar dan udara tersebut dimampatkan atau dikompresikan oleh torak dan saat posisi torak sebelum mencapai titik mati atas (TMA), busi memercikan bunga api dan menimbulkan ledakan. Ledakan dari pembakaran kemudian mendorong torak turun ke bawah. Fenomena ini disebut dengan langkah usaha atau ekspansi. Saat torak terdorong turun oleh ledakan hasil pembakaran tersebut, diteruskan ke poros engkol oleh batang torak dan poros engkol mengubah menjadi gerakan putar. Ketika katup buang membuka selanjutnya gas panas hasil pembakaran didorong oleh gerakan torak dari titik mati bawah (TMB) ke titik mati atas (TMA) ke udara luar melalui knalpot. Pada motor 4 tak, untuk menghasilkan 1 kali usaha dibutuhkan 4 kali langkah naik turun torak dari TMA ke TMB, 2 kali gerak putar poros engkol dan 1 kali putaran poros cam. 4 langkah torak yaitu, langkah hisap, langkah kompresi, langkah usaha, dan langkah buang (Hera Yulianto Achmad 2018: 4). Adapun proses yang terjadi pada langkah - langkah tersebut adalah sebagai berikut.



Gambar 2. 9 Siklus kerja mesin 4 langkah
(Sumber: Alfi Trenggono A.S.: 2016)

Adapun Langkah-langkah kerja pada mesin 4 tak sebagai berikut:

1. Langkah ke 1 (Langkah Hisap)

Piston bergerak dari Titik mati atas (TMA) ke Titik mati bawah (TMB), posisi katup masuk (*intake valve*) terbuka sedangkan katup keluar (*Exhaust Valve*) tertutup, mengakibatkan campuran udara dan bahan bakar akan masuk ke dalam ruang bakar.

2. Langkah ke 2 (Langkah Kompresi)

Piston bergerak dari TMB menuju ke TMA, katup masuk dan katup keluar tertutup, sehingga mengakibatkan campuran udara dan bahan bakar di dalam ruang bakar terkompresi (pemampatan). Beberapa saat sebelum piston sampai ke posisi TMA akan terjadi waktu penyalaan (*timing ignition*). Pada mesin bensin berupa nyala api dihasilkan oleh busi sedangkan pada mesin

diesel dihasilkan oleh tekanan dan temperatur yang tinggi di dalam ruang bakar.

3. Langkah ke 3 (Langkah Kerja)

Campuran bahan bakar dan udara yang terbakar di dalam ruang bakar akan meningkatkan temperatur dan tekanan di dalam ruang bakar sehingga piston akan terdorong dari TMA ke TMB. Pada langkah ini dihasilkan tenaga yang selanjutnya akan ditransmisikan pada proses selanjutnya.

4. Langkah ke 4 (Langkah Buang)

Piston akan bergerak dari TMB ke TMA, Posisi katup masuk tertutup dan katup keluar akan terbuka. Gas sisa hasil pembakaran akan terdorong keluar menuju ke katup keluar yang sedang terbuka untuk selanjutnya diteruskan menuju saluran pembuangan.

Pada proses pembakaran mesin terdapat volume aliran bahan bakar untuk mengetahui jumlah kapasitas tanki bahan bakar yang dibakar per detik. Nilai Volume aliran bahan bakar atau juga disebut volume *rate* dapat diketahui nilainya menggunakan rumus:

Menghitung Volume Aliran Bahan Bakar (*Volume Rate*):

$$\text{Volume Rate} = \frac{V}{t} \dots\dots\dots (2-1)$$

Keterangan:

Volume *Rate* = Volume Aliran (liter/detik)

V = Volume Tanki bahan bakar Genset (liter)

t = Waktu konsumsi bensin (detik)

Untuk menghitung daya masuk / *input* pada mesin dapat menggunakan rumus:

Menghitung Daya *Input* Pada Genset (P_{in} genset):

$$P_{in} \text{ genset} = \frac{V}{t} \times HHV \dots\dots\dots(2-2)$$

Keterangan:

P_{in} genset = Daya *Input* Genset (kW)

V = Volume Tanki bahan bakar Genset (liter)

t = Waktu konsumsi bensin (detik)

Sedangkan untuk menghitung daya yang dihasilkan / *output* pada mesin dapat menggunakan rumus:

Menghitung Daya *Output* Genset (P_{Out} genset):

$$P_{Out} \text{ genset} = \frac{V \times I}{1000} \dots\dots\dots(2-3)$$

Keterangan:

P_{Out} genset = Daya *Output* Genset (kW)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

Untuk kerja motor pembakaran dalam dengan sistem penyalan cetus (*spark ignition engine*) meliputi daya efektif mesin yang dihasilkan oleh poros

engkol untuk menggerakkan beban. Daya efektif mesin ini dibangkitkan oleh daya indikasi, yaitu suatu daya yang dihasilkan oleh torak, dimana sebagian daya ini digunakan untuk mengatasi gesekan mekanis. Nilai daya efektif dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut

Menghitung Daya Efektif Mesin (N_e):

$$N_e = \frac{V \times I}{\eta_{\text{gen}} \times 1000} \dots \dots \dots (2-4)$$

Keterangan:

N_e = Daya Efektif Mesin (kW)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Amperemeter)

$\eta_{\text{gen}} = 0,85$

Selain itu, konsumsi bahan bakar spesifik (SFC) yang merupakan jumlah bahan bakar yang diperlukan untuk menghasilkan daya efektif sebesar 1 kW selama 1 jam. Konsumsi bahan bakar dapat diukur dengan menggunakan tabung ukur yang telah diketahui volumenya. Bahan bakar akan dialirkan melalui tabung ukur ini kemudian diamati waktu yang diperlukan untuk menghabiskan bahan bakar sebesar volume tersebut pada saat mesin bekerja. Konsumsi bahan bakar tersebut dikonversikan kedalam satuan l/kWh. Nilai SFC dapat dihitung dengan rumus:

Menghitung *Specific Consumption Fuel* (SFC):

$$SFC = \frac{\text{Volume rate} \times \rho \text{ bahan bakar} \times 3600}{Ne} \dots\dots\dots(2-5)$$

Keterangan:

SFC = Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/kWh)

Ne = Daya Efektif (kW)

ρ_{bb} = Massa Jenis Bahan Bakar (kg/l)

Volume Rate = Volume Aliran (liter/detik)

Konsumsi bahan bakar spesifik ini dapat dijadikan ukuran ekonomis dan tidaknya pemakaian bahan bakar.

Efisiensi sistem genset merupakan perbandingan antara daya *output* dengan daya *input* pada genset yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar. Efisiensi sistem genset merupakan suatu ukuran untuk mengetahui ekonomis atau tidaknya dalam pemakaian bahan bakar, karena nilai dari efisiensi sistem genset berbanding terbalik dengan nilai konsumsi bahan bakar spesifik. Jadi jika konsumsi bahan bakar spesifik efektif semakin turun, maka efisiensi sistem besar. Nilai Efisiensi sistem genset dapat dihitung menggunakan rumus:

Menghitung Efisiensi Sistem Genset ($\eta_{\text{sistem genset}}$):

$$\eta_{\text{sistem genset}} = \frac{P_{\text{out genset}}}{P_{\text{in genset}}} \times 100 \dots\dots\dots(2-6)$$

Keterangan:

$\eta_{\text{sistem genset}}$ = Efisiensi Sistem Genset (%)

$P_{\text{out genset}} = \text{Daya Output Genset (kW)}$

$P_{\text{in genset}} = \text{Daya Input Genset (kW)}$

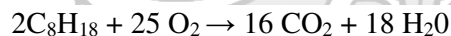
2.1.5 Konsep Reaksi Pembakaran

Konsep Reaksi Pembakaran adalah reaksi kimia bahan bakar dan oksigen yang diperoleh dari udara yang akan menghasilkan panas dan gas sisa pembakaran yang berlangsung dalam waktu yang sangat cepat. Reaksi pembakaran tersebut akan menghasilkan produk hasil pembakaran yang komposisinya tergantung dari kualitas pembakaran yang terjadi. Proses yang terjadi dalam pembakaran adalah oksidasi dengan reaksi sebagai berikut:

Hidro Carbon + Oksigen \rightarrow Carbon dioksida + panas

Hidrogen + Oksigen \rightarrow uap air + panas

Bahan bakar atau petrol bensin merupakan senyawa Hidro Carbon dengan bentuk senyawa C_xH_y , sehingga pencarian reaksi pembakarannya:



Terdapat dua kualitas reaksi pembakaran pada bensin yaitu:

a. Reaksi pembakaran sempurna: $2C_8H_{18} + 25 O_2 + N_2 \rightarrow 16 CO_2 + 18 H_2O + N_2$

b. Reaksi pembakaran tidak sempurna: $C_8H_{18} + 13,342 (O_2 + 3,76 N_2) \rightarrow 7,264 CO_2 + 8,99 H_2O + 0,726 CO + 1,213 O_2 + 0,01 HC + 0,01 NO + 50,16 N_2$ (Irawan Bambang : 14-15)

Jadi Ekuivalen Hidro Carbonnya adalah $2C_3H_{18}$

Pembakaran akan dikatakan sempurna apabila campuran bahan bakar dan oksigen (dari udara) mempunyai perbandingan yang tepat (*stoichiometric*), hingga tidak diperoleh sisa. Bila oksigen terlalu banyak, dikatakan campuran kurus dan hasil pembakarannya menghasilkan api oksidasi. Sebaliknya, bila bahan bakarnya terlalu banyak (tidak cukup oksigen), dikatakan campuran kaya (*rich*) sehingga pembakaran ini menghasilkan api reduksi. Pada motor bensin, campuran udara dan bahan bakar tersebut dinyalakan dalam silinder oleh percik listrik dari busi pada akhir langkah kompresi dengan suhu pembakaran berkisar antara 2100 K sampai 2500 K. waktu pembakaran yang teratur lamanya kira-kira 3 mili detik (0,003 s).

Oleh karena reaksi pembakaran yang sangat cepat akan mengakibatkan terjadinya gangguan dalam sistem pembakaran, antara lain terjadi pembakaran sendiri (*self ignition*) oleh karena adanya sisa bahan bakar yang tidak terbakar. Hal ini disebabkan oleh hal-hal sebagai berikut: angka oktan yang terlalu rendah, penyetulan sudut pengapian yang tidak tepat, busi (*spark plug*) terlalu panas, pendinginan terlalu miskin, terbakarnya sisa pembakaran sebelumnya, bentuk ruang bakar yang tidak sesuai. Gangguan-gangguan pada pembakaran ini akan sangat merugikan efektivitas mesin maka untuk mendapatkan pembakaran yang baik diperlukan syarat-syarat sebagai berikut: jumlah udara yang sesuai, temperatur yang sesuai dengan penyalaan bahan bakar, waktu pembakaran yang cukup, kerapatan yang cukup untuk merambatkan api dalam silinder. Reaksi pembakaran, baik bahan bakar bensin maupun bahan bakar gas merupakan reaksi oksidasi antara senyawa hidrokarbon dengan oksigen

sehingga dihasilkan produk berupa karbon dioksida, uap air, oksida nitrogen atau produk lainnya tergantung pada kualitas pembakaran.

2.1.6 Bahan Bakar

Bahan bakar pada umumnya merupakan suatu senyawa yang mengandung unsur Hidro Carbon. Hampir semua jenis bahan bakar yang beredar di pasaran berasal dari minyak bumi beserta turunannya yang kemudian diolah menjadi berbagai macam dan jenis bahan bakar. Bahan itu sendiri sangat diperlukan dalam proses pembakaran yang terjadi di ruang bakar. Bahan bakar yang digunakan motor bakar, diusahakan harus memenuhi kriteria sifat fisik dan sifat kimia, antara lain: nilai bakar bahan bakar itu sendiri, densitas energi yang tinggi, tidak beracun, stabilitas panas, rendah polusi, mudah dipakai dan disimpan. Sedangkan sifat alamiah dari bahan bakar itu sendiri: *Volatility* (Penguapan) adalah kemampuan menguap dari bahan bakar pada temperatur tertentu dalam proses destilasi, titik nyala adalah temperatur tertentu dimana bahan bakar dapat terbakar dengan sendirinya tanpa bantuan percikan api, gravitasi spesifik merupakan perbandingan berat jenis bahan bakar terhadap acuan tertentu (terhadap berat jenis udara ataupun air), dan nilai bakar, merupakan jumlah energi yang terkandung dalam bahan bakar (Gabriel, Timilar Paul 2015: 79).

Bensin, atau Petrol (biasa disebut *gasoline* di Amerika Serikat dan Kanada) adalah cairan bening, agak kekuning-kuningan, dan berasal dari pengolahan minyak bumi yang sebagian besar digunakan sebagai bahan bakar di mesin pembakaran dalam. Bensin dengan rumus molekul C_8H_{18} ini

termasuk senyawa Alkana karena memiliki rumus molekul C_nH_{2n+2} , ia juga dapat melarutkan zat. Sebagian besar bensin tersusun dari Hidro Carbon alifatik yang diperkaya dengan iso-oktana atau benzena untuk menaikkan nilai oktan. Kadang-kadang, bensin juga dicampur dengan etanol sebagai bahan bakar alternatif.

Bahan bakar *diesel engine* atau yang secara umum dikenal bahan bakar solar adalah merupakan bahan bakar konvensional hasil penyulingan dari minyak bumi dengan kode B-0 dengan kisaran titik didih $250^{\circ}C - 350^{\circ}C$. Komposisinya berasal dari senyawa hidrokarbon dan senyawa non Hidro Carbon. Senyawa Hidro Carbon yang terkandung pada solar seperti parafin, berbasis naftenat, berbasis olefin, dan aromatik. Sedangkan senyawa non Hidro Carbon yang terkandung pada solar seperti belerang, nitrogen, oksigen, *vandium*, nikel dan besi. Semakin tinggi angka setana, semakin mudah solar terbakar. Dalam proses pembakaran mesin diesel berbahan bakar solar dapat menghasilkan emisi beracun.

Bahan bakar berwujud gas yang dikenal dengan nama gas alam atau gas rawa merupakan bahan bakar konvensional dengan komposisi utama metana yang merupakan senyawa hidrokarbon lebih berat etana (C_2H_6), propana (C_3H_8) dan butana (C_4H_{10}), selain juga gas-gas yang mengandung sulfur (belerang) juga mengandung helium. Secara garis besar pemanfaatan gas alam dapat dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu: Gas alam sebagai bahan bakar, Gas alam sebagai bahan baku, dan Gas alam sebagai komoditas energi untuk ekspor.

2.2 Gas HHO

Gas HHO sering disebut juga *hydroxy*. Dalam pembakaran dapat menghasilkan energi yang banyak dan hanya membutuhkan arus listrik yang kecil. Perlu diketahui bahwa bahan bakar gas dimaksud bukanlah gas Hidrogen (H_2) murni yang merupakan gas diatomik melainkan sering disebut dengan “HHO atau gas *Hydroxy*. Istilah *Hydroxy* mengacu pada produksi Oxyhydrogen yang dihasilkan dari proses elektrosis (elektrolisis: $2 H_2O \rightarrow 2 H_2 + O_2$). Hidroksi adalah campuran gas Hidrogen (H_2) dan gas Oksigen (O_2) yang biasanya dalam rasio 2:1 molar, proporsi yang sama seperti air

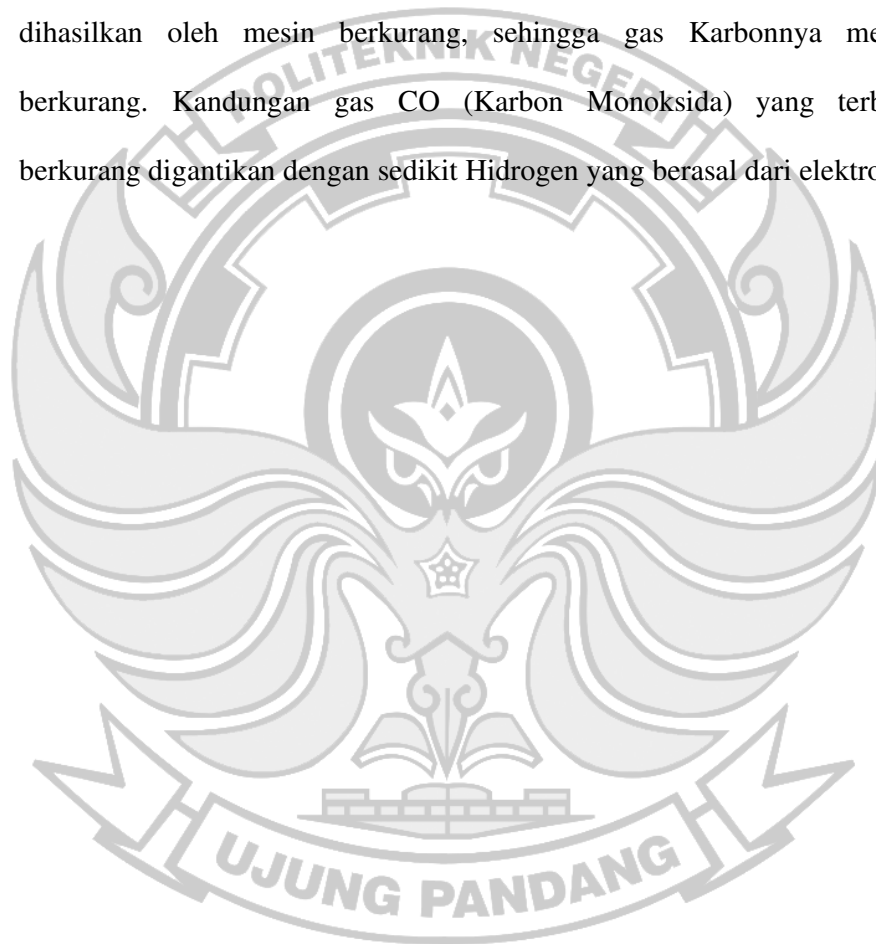
3.2.1 Manfaat dan Keuntungan

Menurut Penelitian (Gabriel, Timilar Paul 2015: 4) terdapat beberapa manfaat dan juga keuntungan penambahan gas HHO pada Genset yaitu:

- a. Menghemat Penggunaan Bahan Bakar pada Mesin Bakar Ketika penggunaan alat ini pada mesin bakar maka akan menambah efisiensi bahan bakar yang digunakan. Karena *brown* gas yang dihasilkan dari alat ini, saat bercampur dengan bahan bakar bensin dalam ruang bakar mesin, maka gas tersebut akan menaikkan tingkat bilangan oktan pada bahan bakar. Akibatnya bahan bakar yang digunakan menjadi optimal dan efisien digunakan. Karena makin tinggi nilai oktan suatu bahan bakar maka pembakaran yang terjadi makin sempurna.
- b. Meningkatkan Tenaga Mesin Penggunaan alat ini pada mesin dapat *power* / tenaga mesin. Hal ini terjadi karena yang dihasilkan senyawa pengirit bahan

bakar yang ditambahkan gas HHO menyebabkan pembakaran mesin lebih sempurna. Akibat sempurna pembakaran, kinerja mesin juga lebih meningkat dari biasanya.

- c. Mengurangi Polusi dari Mesin, pembakaran yang sempurna dengan menambahkan gas HHO. Hasilnya membuat sisa-sisa pembakaran yang dihasilkan oleh mesin berkurang, sehingga gas Karbonnya menjadi berkurang. Kandungan gas CO (Karbon Monoksida) yang terbuang berkurang digantikan dengan sedikit Hidrogen yang berasal dari elektrolisis.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini bertempat di Laboratorium Energi, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar. Adapun waktu pelaksanaan dari penelitian ini yaitu dimulai pada bulan Februari 2023 hingga bulan Agustus 2023.

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

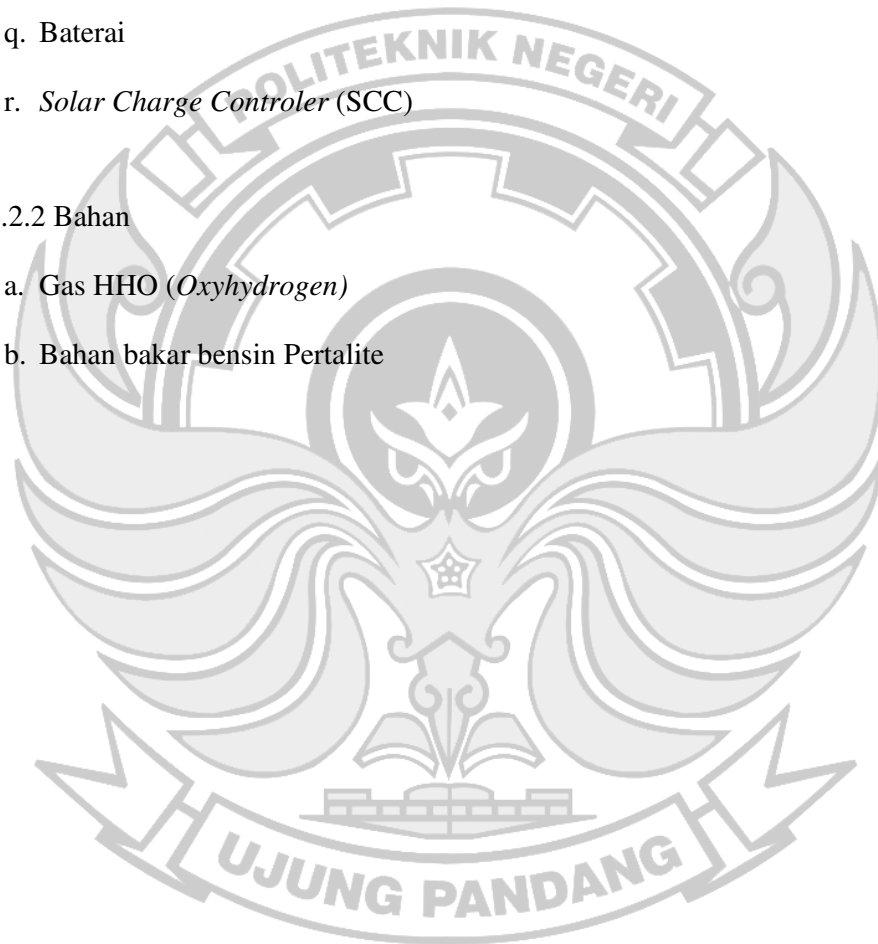
3.2.1 Alat

- a. Generator HHO (Spesifikasi dapat dilihat pada sub-sub bab 3.5.1)
- b. Selang gas HHO
- c. Katup satu arah
- d. Generator *Set* 2 kW (Spesifikasi dapat dilihat pada sub-sub bab 3.5.1)
- e. *Stopwatch*
- f. Voltmeter
- g. Amperemeter
- h. *Exhaust Gas Analyzer*
- i. Seperangkat kabel
- j. Pulse Width Modulation (PWM)
- k. Fuse

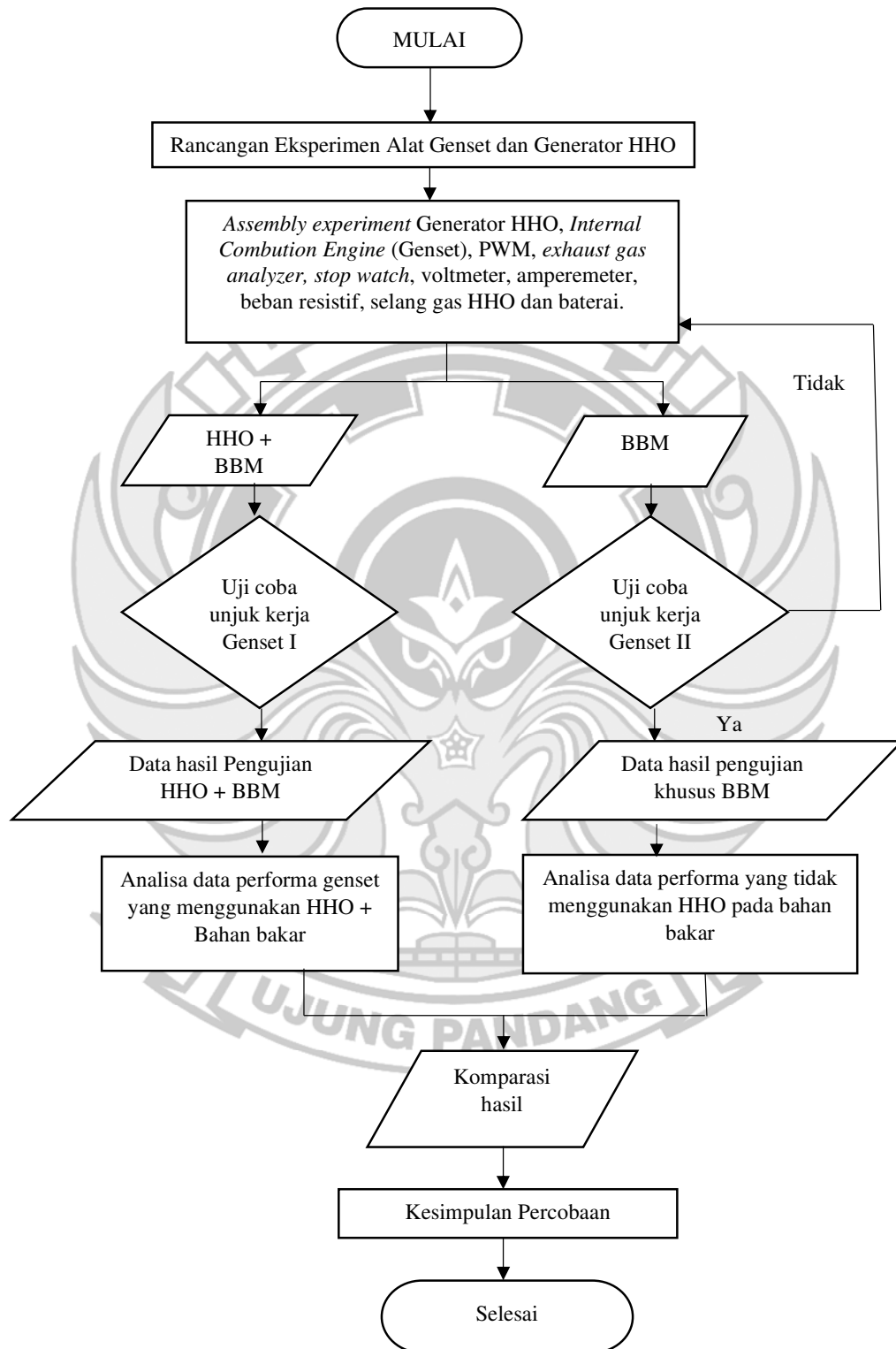
- l. kWh meter digital
- m. Baterai level indikator
- n. Panel surya (PV)
- o. MCB
- p. Lampu DC
- q. Baterai
- r. *Solar Charge Controller* (SCC)

3.2.2 Bahan

- a. Gas HHO (*Oxyhydrogen*)
- b. Bahan bakar bensin Pertalite

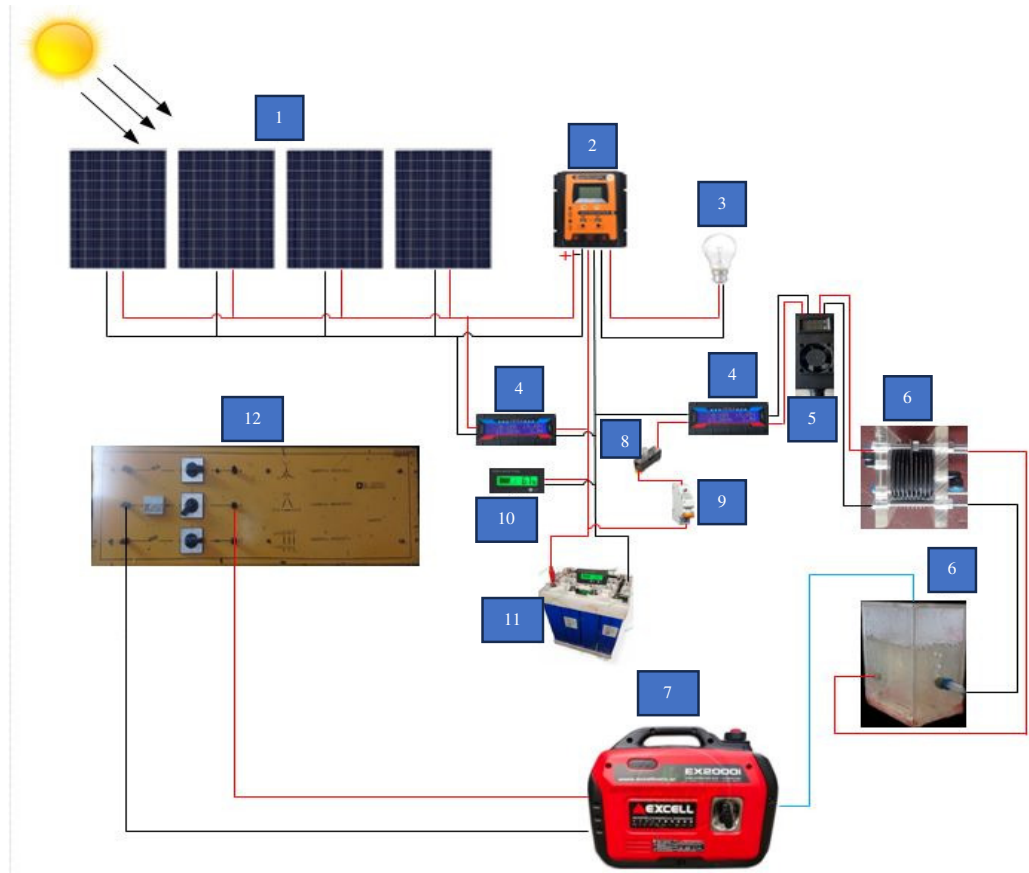


3.3 Flowchart



Gambar 3. 1 *Flowchart*

3.4 Skema Penelitian



Gambar 3. 2 Skema penelitian

Keterangan:

- | | |
|----------------------------------|------------------------------------|
| 1. Solar PV | 8. Fuse 10 A |
| 2. Solar Charge Controller (SCC) | 9. Miniature Circuit Breaker (MCB) |
| 3. Lampu DC | 10. Level Indicator |
| 4. kWh meter | 11. Baterai |
| 5. Pulse Width Modulation (PWM) | 12. Beban Resistif |
| 6. Generator HHO Dry cell Type | |
| 7. Genset 2 kW | |

Pada skema penelitian ini sumber energi yang digunakan berasal dari solar pv sebanyak 4-unit yang dihubungkan dengan alat ukur kWh meter, untuk menyimpan energi yang dihasilkan dari solar pv digunakan baterai yang nantinya akan menyuplai energi listrik ke generator HHO agar dapat beroperasi menghasilkan gas HHO. Gas HHO yang menjadi *output* dari generator HHO lalu disalurkan ke Genset berbahan bakar bensin untuk mengukur penghematan bahan bakar pada Genset berdasarkan waktu konsumsi bahan bakar genset pada tiga tingkatan level indikator 100 %, 75% dan 50 % yang dilihat dari level indikator bahan bakar genset.

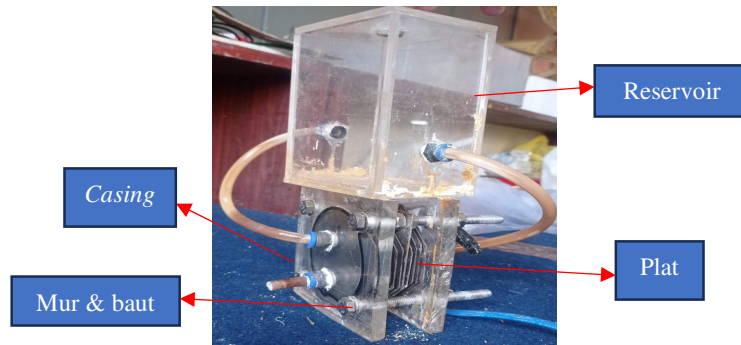
3.5 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian yang dilakukan yaitu mempersiapkan Generator *Set* uji yang sudah di *setting* dengan Generator HHO dan dihubungkan dengan beban, seperti pada Gambar 3.2. Generator yang digunakan memiliki kapasitas 2,2 kW dengan tipe mesin *Internal Combustion Engine* dengan bahan bakar bensin. Dengan tipe mesin bakar 4 tak yang dihubungkan dengan Generator HHO tipe *Dry cell* berbahan Bakar Gas HHO / *Oxyhydrogen* yang dihasilkan dari proses elektrolisis. Pada percobaan ini, parameter yang diukur adalah waktu konsumsi bahan bakar, konsumsi gas HHO, Arus, Tegangan, Tingkatan beban listrik dan emisi gas buang genset. Untuk mengukur parameter tersebut digunakan beberapa alat ukur yang digunakan seperti pada sub-sub bab 3.2.1.

3.5.1 Tahap perencanaan spesifikasi komponen utama eksperimen

Tahap perencanaan spesifikasi komponen utama eksperimen merupakan proses penentuan komponen utama merupakan langkah awal sekaligus memberikan gambaran umum dari sistem sebelum digunakan agar dapat beroperasi dengan optimal. Adapun spesifikasi komponen utama pada eksperimen ini adalah sebagai berikut:

1. Generator HHO *dry cell type* yang digunakan memiliki *properties* yakni elektroda yang terbuat dari material *stainless steel grade* 316L yang tahan terhadap korosi dan memiliki konduktivitas listrik yang baik dan berbentuk elektroda plat. Pada plat terdiri 2 lubang sebagai tempat mengalirnya larutan elektrolit dengan katalis NaOH agar proses elektrolisis dapat terjadi. Hasil gas HHO yang dihasilkan kemudian dialirkan ke ruang bakar melalui *intake manifold* bersamaan dengan udara pembakaran. Generator HHO mendapatkan suplai energi dari baterai sedangkan baterai mendapatkan sumber energi dari panel surya yang digunakan. Adapun generator HHO *dry cell type* yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 3. 3 Generator HHO tipe dry cell yang digunakan
Spesifikasi Generator HHO *dry cell*:

- Kapasitas *Reservoir* : 1 liter
- Arus *Input* : Range (4-9 Ampere)
- Tegangan *Output* : Maksimal 13 Volt
- Bahan *Casing* : Akrilik Mika Bening
- Jenis Plat Elektroda : Plat *Stainless 316L*
- Ketebalan *Stainless Steel* : 1 milimeter
- Jumlah Plat Elektoda : 9

2. Genset berbahan bakar bensin (Pertalite) dihubungkan dengan generator HHO *dry cell* melalui suatu selang yang telah dilengkapi katup satu arah untuk mengalirkan gas HHO dari generator HHO ke *intake manifold* pada genset.



Gambar 3. 4 Generator *set* yang digunakan

Spesifikasi Genset EX3000i:

Output Power : 2200 watt (max. 2,2 kW) / 2,5 KVa

Engine Type : *Single Cylinder Four Stroke Air Cooled OHV*

AC Output : 220 V, 10 A

Frekuensi : 50/60 Hz

Phase : *Single Phase*

Starting Method : *Recoil*

Fuel Tank : 4 liter

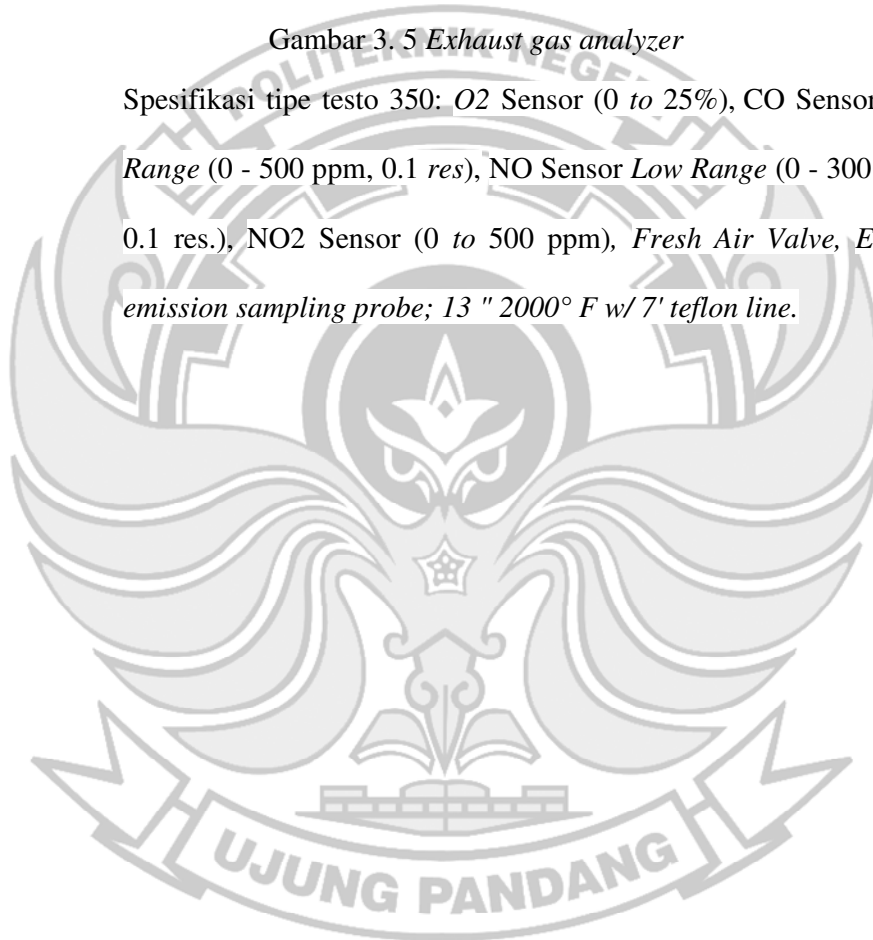
Fuel : *Gasoline*

- Instrumentasi digunakan untuk mengukur parameter-parameter pada pengujian. Untuk jenis beban yang digunakan adalah beban resistif, sedangkan untuk mengukur tegangan *output* genset digunakan voltmeter dan amperemeter digunakan untuk mengukur arus *output* genset. Untuk mengukur waktu konsumsi bahan bakar genset digunakan *stopwatch*, dari sisi generator HHO instrumen yang digunakan kWh untuk mengukur energi yang masuk ke generator HHO dan PWM berfungsi sebagai arus regulator dan menjaga tegangan dalam kondisi konstan. Sedangkan Gas Analyzer untuk mengukur emisi gas buang pada genset.

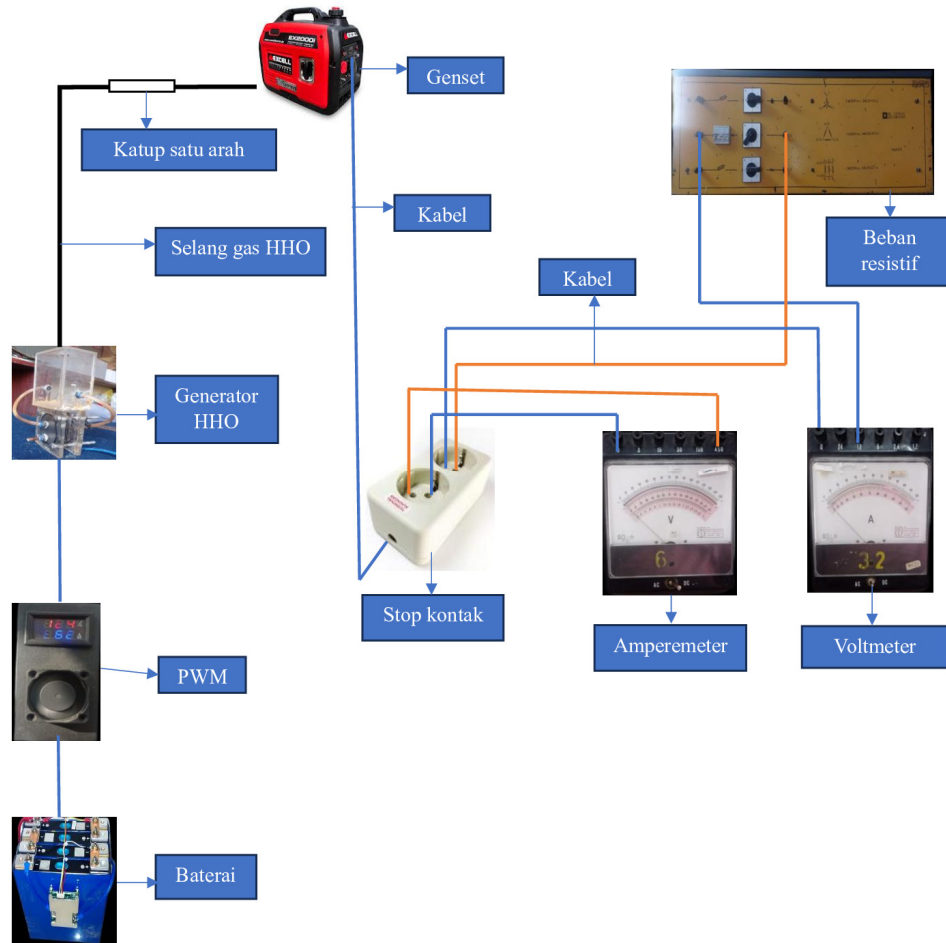


Gambar 3. 5 *Exhaust gas analyzer*

Spesifikasi tipe testo 350: *O₂ Sensor (0 to 25%), CO Sensor Low Range (0 - 500 ppm, 0.1 res), NO Sensor Low Range (0 - 300 ppm, 0.1 res.), NO₂ Sensor (0 to 500 ppm), Fresh Air Valve, Engine emission sampling probe; 13 " 2000° F w/ 7' teflon line.*



3.5.2 Tahap *set up* eksperimen



Gambar 3. 6 *Set up* eksperimen

Pada *Set up* eksperimen ada beberapa langkah-langkah yang perlu dilakukan:

- 1) Rangkaikan PWM dengan baterai dan generator HHO, untuk mengatur arus yang dialirki ke generator HHO pada saat beroperasi.
- 2) Sambungkan selang *output* generator HHO ke saluran *intake manifold* mesin yang telah dilengkapi dengan katup satu arah.
- 3) Rangkaikan kabel *output* genset dengan beban listrik, dalam hal ini digunakan beban resistif yang mudah diatur kapasitas bebannya.

- 4) Rangkaikan Beban dengan alat ukur Amperemeter dan Voltmeter untuk mengukur Tegangan dan Arus *output* genset.

3.6 Tahap Pengambilan Data Percobaan

Setelah melakukan prosedur percobaan selanjutnya dilakukan tahap pengujian dan pengambilan data. Pengujian dan pengambilan data ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh gas HHO terhadap *Performance* Generator *Set*. Pengambilan data dilakukan di laboratorium energi, Politeknik Negeri Ujung Pandang.

3.6.1 Langkah-langkah percobaan efisiensi penggunaan bahan bakar

a. Tahap Pengujian Tanpa Menggunakan Gas HHO

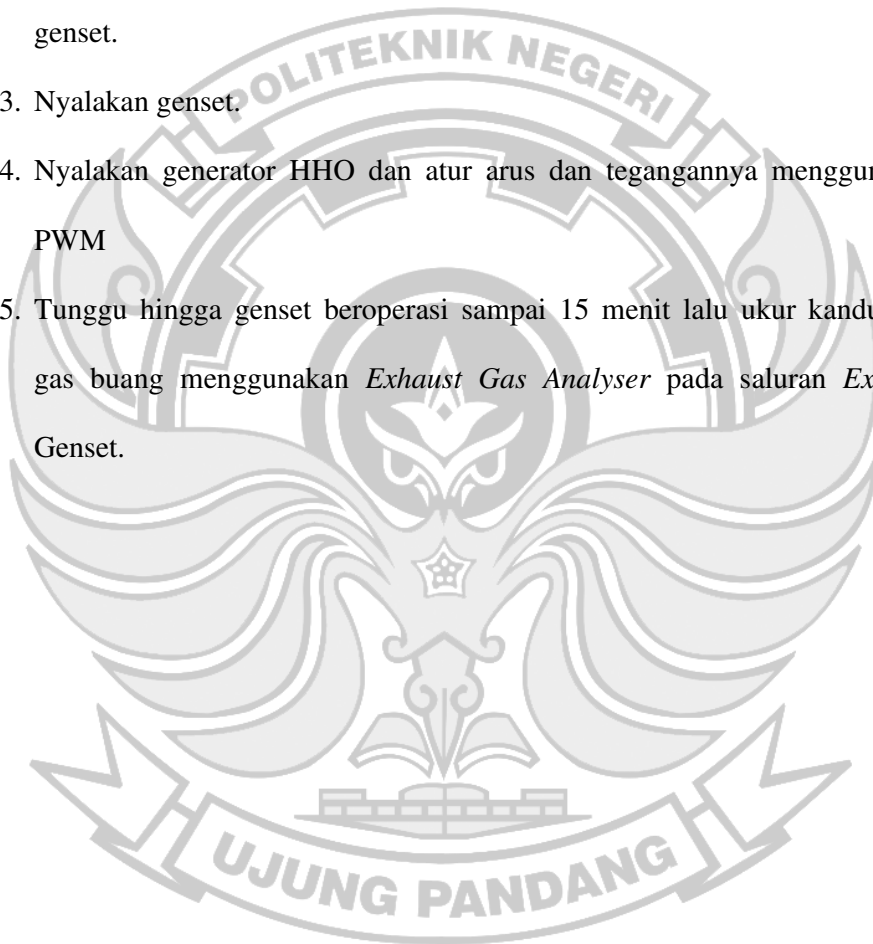
1. Masukkan bensin (Pertalite) pada tanki bahan bakar genset sampai indikator level bahan bakar 100 %. Dengan posisi tanki penuh.
2. Sambungkan genset dengan beban yang telah dihubungkan dengan alat ukur Amperemeter dan Voltmeter untuk mengukur Arus dan Tegangan genset.
3. Nyalakan genset dan *setting* beban
4. Catat waktu penggunaan bahan bakar, arus dan tegangan pada genset sampai level indikator bahan bakar pada genset mencapai 50 %.

b. Tahap Pengujian Dengan Menambahkan Gas HHO

1. Masukkan bensin (Pertalite) pada tanki bahan bakar genset sampai indikator level bahan bakar 100 %. Dengan Posisi Tanki penuh.

2. Hubungkan selang gas pada *output* generator HHO yang dilengkapi katup satu arah ke saluran masukan udara atau *intake manifold* pada mesin genset.
 3. Sambungkan kabel *output* genset dengan beban (resistif) yang telah dihubungkan dengan alat ukur Amperemeter dan Voltmeter untuk mengukur Arus dan Tegangan genset.
 4. Nyalakan Genset dan *setting* beban
 5. Nyalakan generator HHO dan atur arus dan tegangannya menggunakan PWM
 6. Catat waktu penggunaan, arus dan tegangan bahan bakar pada genset sampai level indikator bahan bakar pada genset mencapai 50 %.
- 3.6.2 Langkah-langkah pengukuran Emisi Gas buang pada genset
- a. Tahap Pengujian Emisi Gas Buang Tanpa Menggunakan Gas HHO
 1. Sambungkan genset dengan beban yang telah dihubungkan dengan alat ukur Amperemeter dan Voltmeter untuk mengukur Arus dan tegangan genset.
 2. Nyalakan genset.
 3. Tunggu hingga genset beroperasi sampai 15 menit lalu ukur kandungan gas buang menggunakan *Exhaust Gas Analyser* pada saluran *Exhaust* Genset.
 - b. Tahap Pengujian Emisi Gas Buang Dengan Menambahkan Gas HHO

1. Sambungkan genset dengan beban yang telah dihubungkan dengan alat ukur Amperemeter dan Voltmeter untuk mengukur Arus dan tegangan genset.
2. Hubungkan selang gas pada *output* generator HHO yang dilengkapi katup satu arah ke saluran masukan udara atau *intake manifold* pada mesin genset.
3. Nyalakan genset.
4. Nyalakan generator HHO dan atur arus dan tegangannya menggunakan PWM
5. Tunggu hingga genset beroperasi sampai 15 menit lalu ukur kandungan gas buang menggunakan *Exhaust Gas Analyser* pada saluran *Exhaust* Genset.



3.7 Teknik Analisis Data

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh HHO terhadap *performance* pada Generator Set khususnya pada Pengehematan bahan bakar

1. Menghitung Volume Aliran Bahan Bakar (*Volume Rate*):

$$\text{Volume Rate} = \frac{v}{t} \dots\dots\dots(3-1)$$

Keterangan:

Volume Rate = Volume Aliran (liter/detik)

V = Volume Tanki bahan bakar Genset (liter)

t = Waktu konsumsi bensin (detik)

2. Menghitung Daya *Input* Pada Genset (P_{in} genset):

$$P_{in} \text{ genset} = \frac{v}{t} \times HHV \dots\dots\dots(3-2)$$

Keterangan:

P_{in} genset = Daya *Input* Genset (kW)

V = Volume Tanki bahan bakar Genset (liter)

t = Waktu konsumsi bensin (detik)

HHV = *High Heating Value* (kJ/ liter)

3. Menghitung Daya *Output* Genset (P_{Out} genset):

$$P_{Out} \text{ genset} = \frac{V \times I}{1000} \dots\dots\dots(3-3)$$

Keterangan:

P_{Out} genset = Daya *Output* Genset (kW)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Ampere)

4. Menghitung Daya Efektif Mesin (N_e):

$$N_e = \frac{V \times I}{\eta_{gen} \times 1000} \dots \dots \dots (3-4)$$

Keterangan:

N_e = Daya Efektif Mesin (kW)

V = Tegangan (Volt)

I = Arus (Amperemeter)

$\eta_{gen} = 0,85$

5. Menghitung *Specific Consumption Fuel* (SFC):

$$SFC = \frac{\text{Volume rate} \times \rho_{\text{bahan bakar}} \times 3600}{N_e} \dots \dots \dots (3-5)$$

Keterangan:

SFC = Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (kg/kWh)

N_e = Daya Efektif (kW)

ρ_{bb} = Massa Jenis Bahan Bakar (kg/l)

Volume *Rate* = Volume Aliran (liter/detik)

6. Menghitung Efisiensi Sistem Genset ($\eta_{\text{sistem genset}}$):

$$\eta_{\text{sistem genset}} = \frac{P_{\text{out genset}}}{P_{\text{in genset}}} \times 100 \dots\dots\dots(3-6)$$

Keterangan:

$\eta_{\text{sistem genset}}$ = Efisiensi Sistem Genset (%)

$P_{\text{out genset}}$ = Daya *Output* Genset (kW)

$P_{\text{in genset}}$ = Daya *Input* Genset (kW)



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil pengujian bahan bakar bensin dengan HHO

Pengujian konsumsi bakar bakar dilakukan pada dua kondisi yaitu dengan tambahan gas HHO dan tanpa tambahan gas HHO dengan berbagai variasi kondisi beban; 50 %, 75 % dan 100 %. Untuk membandingkan *performance* genset berbahan bakar bensin dengan berbahan bakar bensin yang ditambahkan gas HHO. Dapat dilihat pada tabel hasil pengujian pada nomor tabel 4.1 sampai dengan tabel 4,9.

Tabel 4. 1 Hasil pengujian konsumsi bahan bakar bensin tanpa HHO Pada kondisi beban 50%

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Beban	Waktu (menit)	Kondisi kapasitas tangki (Liter)
1	204	6,9	L2	0	4
2	204	6,9	L2	29,14	3
3	204	6,9	L2	41,59	2
Total				71,13	

*Beban L2 adalah jenis beban resistif

Tabel 4. 2 Hasil pengujian konsumsi bahan bakar bensin dengan HHO (katalis 50 gr, 4 Amp) pada kondisi beban 50%

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Beban	Waktu (menit)	Kondisi kapasitas tangki (Liter)
1	207	6,9	L2	0	4
2	207	6,9	L2	38,05	3
3	207	6,9	L2	50,01	2
Total				88,06	

*Beban L2 adalah jenis beban resistif

Tabel 4. 3 Hasil pengujian konsumsi bahan bakar bensin dengan HHO (katalis 50 gr,5 Amp) pada kondisi beban 50%

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Beban	Waktu (menit)	Kondisi kapasitas tangki (Liter)
1	207	6,9	L2	0	4
2	207	6,9	L2	45	3
3	207	6,9	L2	49,19	2
Total				94,19	

**Beban L2 adalah jenis beban resistif*

Tabel 4. 4 Hasil pengujian konsumsi bahan bakar bensin dengan HHO (katalis 50 gr,6 Amp) pada kondisi beban 50%

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Beban	Waktu (menit)	Kondisi kapasitas tangki (Liter)
1	207	6,9	L2	0	4
2	207	6,9	L2	35,2	3
3	207	6,9	L2	46,29	2
Total				81,49	

**Beban L2 adalah jenis beban resistif*

Tabel 4. 5 Hasil pengujian konsumsi bahan bakar bensin dengan HHO (katalis 50 gr,7 Amp) pada kondisi beban 50%

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Beban	Waktu (menit)	Kondisi kapasitas tangki (Liter)
1	207	6,9	L2	0	4
2	207	6,9	L2	35,52	3
3	207	6,9	L2	47,44	2
Total				83,36	

**Beban L2 adalah jenis beban resistif*

Tabel 4. 6 Hasil pengujian konsumsi bahan bakar bensin tanpa HHO pada kondisi beban 75%

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Beban	Waktu (menit)	Kondisi kapasitas tangki (Liter)
1	207	8,3	L2	0	4
2	207	8,3	L2	26,07	3
3	207	8,3	L2	36,03	2
Total				62,10	

**Beban L2 adalah jenis beban resistif*

Tabel 4. 7 Hasil pengujian konsumsi bahan bakar bensin dengan HHO (katalis 50 gr,4 Amp) pada kondisi beban 75%

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Beban	Waktu (menit)	Kondisi kapasitas tangki (Liter)
1	204	8,3	L2	0	4
2	204	8,3	L2	24,53	3
3	204	8,3	L2	37,32	2
Total				62,24	

*Beban L2 adalah jenis beban resistif

Tabel 4. 8 Hasil pengujian konsumsi bahan bakar bensin tanpa HHO pada kondisi beban 100%

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Beban	Waktu (menit)	Kondisi kapasitas tangki (Liter)
1	207	10,1	L2	0	4
2	207	10,1	L2	14,41	3
3	207	10,1	L2	34,52	2
Total				49,33	

*Beban L2 adalah jenis beban resistif

Tabel 4. 9 Hasil pengujian konsumsi bahan bakar bensin dengan HHO (katalis 50 gr,7 Amp) pada kondisi beban 100%

No	Tegangan (V)	Arus (A)	Beban	Waktu (menit)	Kondisi kapasitas tangki (Liter)
1	207	10,1	L2	0	4
2	207	10,1	L2	17,53	3
3	207	10,1	L2	36,06	2
Total				53,59	

*Beban L2 adalah jenis beban resistif

4.2 Hasil Pengujian emisi gas buang pada generator set

Pengujian Gas Buang pada Generator set menggunakan *Exhaust Gas Analyzer* pada dua kondisi yaitu berbahan bakar bensin dengan HHO dan tanpa tambahan HHO dilakukan untuk mengetahui kandungan molekul emisi gas buang yaitu, Carbon dioksida (CO₂), Oksigen (O₂), Nitrogen dioksida (NO_x) dan Carbon monoksida (CO). Pengujian gas buang dilakukan ketika Genset dalam kondisi

beban 50 %. Tabel hasil pengujian emisi gas buang dapat dilihat pada tabel 4.10 dan 4.11.

Tabel 4. 10 Hasil Pengukuran Emisi Gas Buang Generator Set Tanpa HHO.

Nomor	(O ₂)	(CO ₂)	(NO _x)	(CO)
1	2,64	10,31	80,7	151
2	2,54	10,36	79,9	151
3	2,61	10,33	79,2	151
4	3,98	9,55	75,2	151
5	4,23	9,41	75,1	151
6	4,29	9,38	73,2	151
Rata-rata	3,38	9,89	77,2	151

Tabel 4. 11 Hasil Pengukuran Kandungan Gas Buang Generator Set dengan Tambahan HHO.

Nomor	(O ₂)	(CO ₂)	(NO _x)	(CO)
1	7,69	7,69	62,8	119,5
2	6,91	7,91	62,9	119,5
3	6,97	7,97	62,9	119,5
4	6,94	7,94	62,9	119,5
5	6,96	7,96	62,3	119,5
6	6,92	7,92	62	119,5
Rata-rata	6,90	7,90	62,6	119,5

4.3 Analisis Data

4.3.1 Analisis performance genset tanpa HHO

1. Menghitung Volume Aliran Bahan Bakar (Volume Rate)

Diketahui:

Total Waktu: 71,13 menit = 4267,8 detik

Jumlah volume bensin = 2 liter

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{Volume Rate} &= \frac{v}{t} \\ &= \frac{2 \text{ liter}}{4267,8 \text{ sekon}} \\ &= 0,00047 \text{ l/s} \end{aligned}$$

2. Menghitung Daya *Input* Genset (P_{in})

Diketahui:

Volume bensin yang digunakan = 2 liter

Total waktu pemakaian = 4267,8 detik

Nilai HHV = 34.381 kJ/l

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} P_{in} &= \frac{v}{t} \times HHV \\ &= \frac{2 \text{ l}}{4267,8 \text{ s}} \times 34.381 \text{ kJ/ltr} \\ &= 16,112 \text{ kW} \end{aligned}$$

3. Menghitung Daya *Output* Genset (P_{out})

Diketahui:

Tegangan: 207 V

Arus: 5,4 A

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} P_{out} &= \frac{V \times I}{1000} \\ &= \frac{207 \text{ V} \times 5,4 \text{ A}}{1000} \\ &= 1,118 \text{ kW} \end{aligned}$$

4. Menghitung Daya Efektif Mesin (N_e)

Diketahui:

Tegangan: 207 V

Arus: 5,4 A

η_{gen} : 0,85

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Ne &= \frac{V \times I}{\eta_{gen} \times 1000} \\ &= \frac{207 \text{ V} \times 5,4 \text{ A}}{0,85 \times 1000} \\ &= 1,315 \text{ kW} \end{aligned}$$

5. Menghitung Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Diketahui:

r_{bb} = 0,77 kg/liter

Ne = 1,315 kW

Volume Rate = 0,00047 l/s

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{SFC} &= \frac{\text{Volume rate} \times \rho \text{ bahan bakar} \times 3600}{Ne} \\ &= \frac{0,00047 \text{ ltr/s} \times 0,77 \text{ kg/l} \times 3600}{1,315 \text{ kW}} \\ &= 0,98781 \text{ liter/kWh} \end{aligned}$$

6. Menghitung Efisiensi Sistem Genset ($\eta_{\text{sistem genset}}$)

Diketahui:

P_{out} : 1,118 kW

P_{in} : 16,112 kW

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\eta_{\text{sistem genset}} &= \frac{P_{\text{out genset}}}{P_{\text{in genset}}} \times 100 \\ &= \frac{1,118 \text{ kW}}{16,112 \text{ kW}} \times 100 \\ &= 6,938 \%\end{aligned}$$

4.3.2 Analisis *performance* genset dengan tambahan HHO

1. Menghitung Volume Aliran Bahan bakar (Volume Rate)

Diketahui:

Total Waktu: 83,36 menit = 5001,6 detik

Jumlah volume bensin = 2 liter

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}\text{Volume Rate} &= \frac{v}{t} \\ &= \frac{2 \text{ liter}}{4428 \text{ detik}} \\ &= 0,00040 \text{ l/s}\end{aligned}$$

2. Menghitung Daya *Input* Genset (P_{in})

Diketahui

Volume bensin yang digunakan = 2 liter

Total waktu pemakaian = 5001,6 detik

Nilai HHV = 34.381 kJ/l

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}P_{\text{in}} &= \frac{v}{t} \times HHV \\ &= \frac{2 \text{ l}}{5001,6 \text{ s}} \times 34.381 \text{ kJ/liter} \\ &= 13,248 \text{ kW}\end{aligned}$$

3. Menghitung Daya *Output* Genset (P_{out})

Diketahui:

Tegangan: 207 V

Arus: 5,2 A

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} P_{out} &= \frac{V \times I}{1000} \\ &= \frac{207 \text{ V} \times 5,2 \text{ A}}{1000} \\ &= 1,076 \text{ kW} \end{aligned}$$

4. Menghitung Daya Efektif Mesin (Ne)

Diketahui:

Tegangan: 207 V

Arus: 5,2 A

efisiensi: 0,85

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} Ne &= \frac{V \times I}{\text{efisiensi} \times 1000} \\ &= \frac{207 \text{ V} \times 5,4 \text{ A}}{0,85 \times 1000} \\ &= 1,266 \text{ kW} \end{aligned}$$

5. Menghitung Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Diketahui:

$r_{bb} = 0,77 \text{ kg/liter} + 0,000491 \text{ kg/liter}$ (massa jenis gas HHO)

$$= 0,770491 \text{ kg/liter}$$

$Ne = 1,266 \text{ kW}$

Volume rate = 0,00040 l/s

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \text{SFC} &= \frac{\text{Volume rate} \times \rho \text{ bahan bakar} \times 3600}{N_e} \\ &= \frac{0.00040 \text{ ltr/s} \times 0.770491 \text{ kg/l} \times 3600}{1,266 \text{ kW} \times 4428 \text{ s}} \\ &= 0,87586 \text{ liter/kWh} \end{aligned}$$

6. Menghitung Efisiensi Sistem Genset ($\eta_{\text{sistem genset}}$)

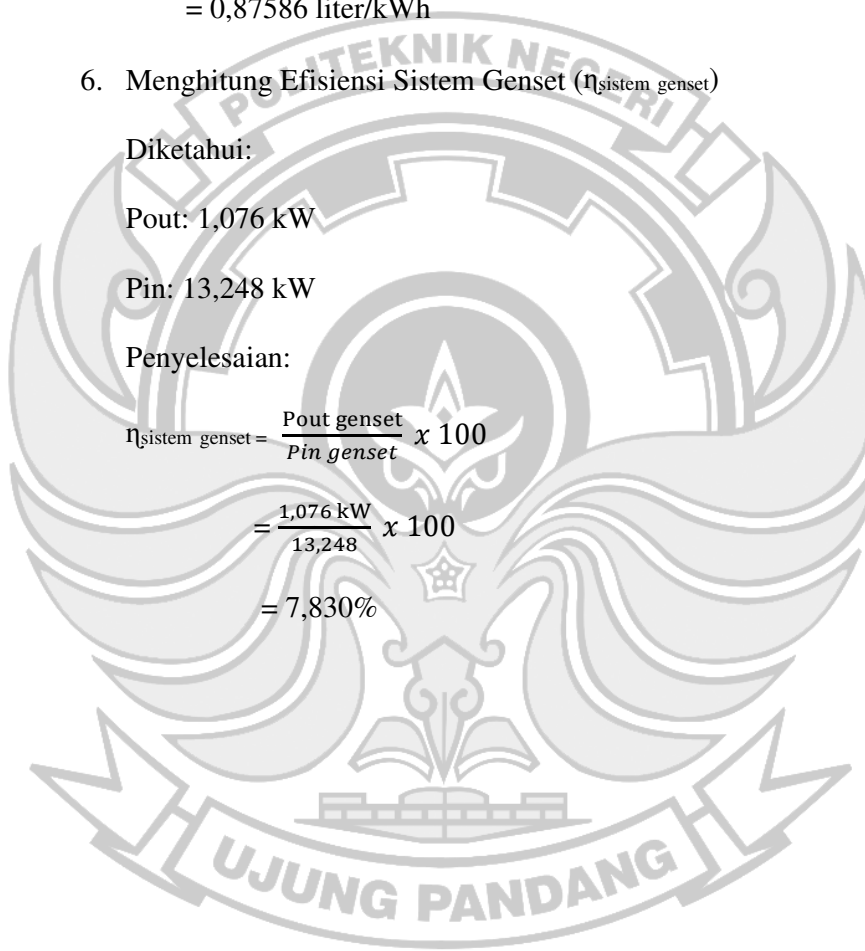
Diketahui:

Pout: 1,076 kW

Pin: 13,248 kW

Penyelesaian:

$$\begin{aligned} \eta_{\text{sistem genset}} &= \frac{\text{Pout genset}}{\text{Pin genset}} \times 100 \\ &= \frac{1,076 \text{ kW}}{13,248} \times 100 \\ &= 7,830\% \end{aligned}$$



4.3.3 Tabel hasil analisis data

Tabel 4. 12 Hasil Analisis Data Genset pada Beban 50 %

Nomor	Waktu (s)	Pout (kW)	Pin (kW)	Ne (kW)	Volume Rate (l/s)	SFC (l/kWh)	$\eta_{\text{sistem genset}}$ (%)	Arus Gen. HHO (A)	Ket
1	4267,8	1,107	16,112	1,315	0,00047	0,98781	6,938	0	-
2	5283,6	1,097	13,014	1,291	0,00038	0,81347	8,430	4	HHO
3	5651,4	1,097	13,167	1,291	0,00043	0,76053	7,421	5	HHO
4	4889,4	1,138	14,063	1,330	0,00041	0,84709	8,095	6	HHO
5	5001,6	1,076	17,748	1,266	0,00040	0,87586	7,830	7	HHO
Rata-rata data no. 2-5 (HHO)			13,248	Rata-rata data no. 2-5		0,82424	8,343		

Tabel 4. 13 Hasil Analisis Data Genset pada Beban 75 %

Nomor	Waktu (s)	Pout (kW)	Pin (kW)	Ne (kW)	Volume Rate (l/s)	SFC (l/kWh)	$\eta_{\text{sistem genset}}$ (%)	Arus Gen. HHO (A)	Ket
1	3726	1,718	18,455	2,021	0,00054	0,73612	9,310	0	-
2	3734,4	1,693	18,413	1,992	0,00054	0,74574	9,196	4	HHO

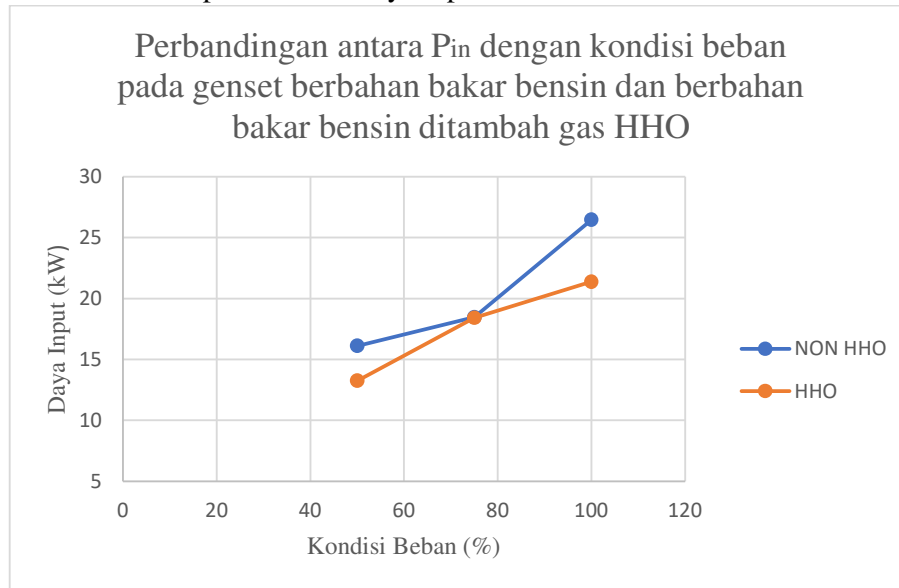
Tabel 4. 14 Hasil Analisis Data Genset pada Beban 100 %

Nomor	Waktu (s)	Pout (kW)	Pin (kW)	Ne (kW)	Volume Rate (l/s)	SFC (l/kWh)	$\eta_{\text{sistem genset}}$	Arus Gen. HHO (A)	Ket
1	2958,8	2,060	26,459	2,424	0,00068	0,77273	8,866	0	-
2	3215,4	2,090	21,385	2,460	0,00062	0,70144	9,776	7	HHO



4.4 Hasil Analisis dan Pembahasan

4.4.1 Grafik dan pembahasan daya input

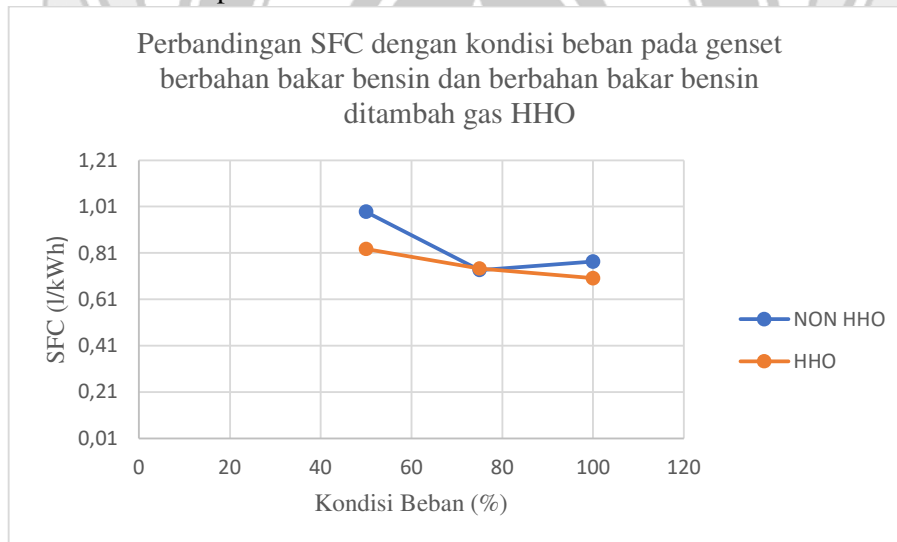


Grafik 4. 1 Hubungan antara kondisi beban genset dengan nilai daya input genset

Berdasarkan nilai daya input Genset (kW) pada grafik di atas, maka dapat diketahui bahwa nilai daya input pada saat dioperasikan dengan bahan bakar bensin (Pertalite) lebih besar dibandingkan pada saat dioperasikan dengan bahan bakar bensin ditambah gas HHO. Pada saat dioperasikan dengan bahan bakar bensin nilai daya input pada kondisi beban 50 % sebesar 16,112 kW, pada kondisi beban 75 % sebesar 18,455 kW dan pada saat kondisi beban 100 % sebesar 26,459 kW sedangkan pada saat dioperasikan dengan bahan bakar bensin (Pertalite) ditambah gas HHO nilai daya input pada kondisi beban 50 % sebesar 13,248 kW, pada kondisi beban 75 % sebesar 18,413 kW dan pada kondisi beban 100 % sebesar 21,385 kW.

Nilai daya input dipengaruhi oleh waktu konsumsi bahan bakar pada genset saat dioperasikan. Dari grafik dapat terlihat bahwa pada kondisi penggunaan bahan bakar bensin dan kondisi bahan bakar bensin ditambah gas HHO sama-sama terjadi *trend* kenaikan nilai daya input, hanya saja pada bahan bakar tanpa gas HHO nilainya lebih besar sedangkan bahan bakar bensin ditambah HHO nilainya lebih kecil. Hal ini disebabkan waktu konsumsi bahan bakar pada bahan bakar tanpa gas HHO lebih singkat sehingga nilai daya inputnya lebih besar sebaliknya waktu konsumsi bahan bakar dengan tambahan gas HHO lebih lama sehingga nilai daya inputnya lebih kecil.

4.4.2 Grafik dan pembahasan SFC



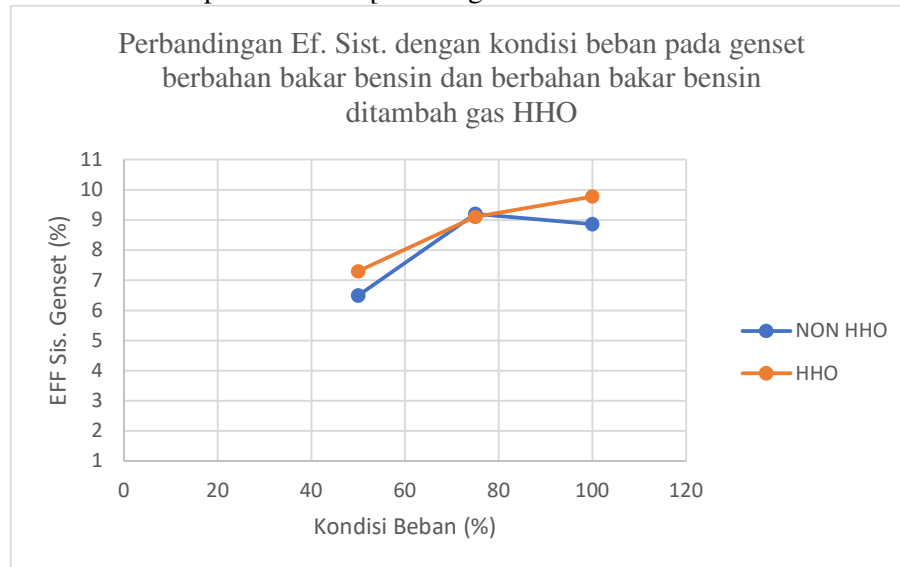
Grafik 4. 2 Hubungan antara kondisi beban genset dengan nilai SFC

Berdasarkan nilai *Specific Fuel Consumption* (l/kWh) pada grafik di atas, maka dapat diketahui bahwa konsumsi bahan bakar pada saat dioperasikan dengan bensin (Pertalite) membutuhkan konsumsi bahan bakar yang lebih besar dibandingkan dengan saat dioperasikan dengan bensin (Pertalite) ditambah gas

HHO. Pada saat Genset dioperasikan dengan bahan bakar bensin nilai konsumsi bahan bakar spesifik pada kondisi beban 50 % sebesar 0,98781 l/kWh, pada kondisi beban 75 % sebesar 0,73612 l/kWh dan pada kondisi beban 100 % sebesar 0,77273 l/kWh sedangkan pada saat dioperasikan dengan bensin (Pertalite) ditambah gas HHO nilai konsumsi bahan bakar spesifik pada kondisi beban 50 % sebesar 0,82424 l/kWh, pada kondisi 75 % sebesar 0,74574 l/kWh dan pada kondisi beban 100 % sebesar 0,70144 l/kWh.

Pada Pengujian Genset saat beroperasi dengan variasi kondisi beban dengan menambahkan pasokan oksigen dengan menggunakan gas HHO pada *intake manifold* genset terjadi penurunan konsumsi bahan bakar jika dibandingkan saat genset menggunakan bahan bakar bensin (pertalite). Dari Hasil tersebut terjadi kenaikan yang fluktuatif pada saat penggunaan bahan bakar bensin, ini dipengaruhi karena konsumsi bahan bakar spesifik sangat dipengaruhi dengan proses pembakaran bahan bakar dan suplai oksigen (udara). Semakin banyak kandungan oksigen (udara) pada proses pembakaran akan berdampak pada hasil proses pembakaran, dengan bertambahnya suplai oksigen pada proses pembakaran dengan penambahan gas HHO pada genset akan menghasilkan proses pembakaran yang mendekati sempurna sehingga konsumsi bahan bakar lebih hemat sebaliknya apabila suplai oksigen berkurang pada saat proses pembakaran akan menghasilkan proses pembakaran yang kurang sempurna sehingga konsumsi bahan bakar lebih boros.

4.4.3 Grafik dan pembahasan η sistem genset

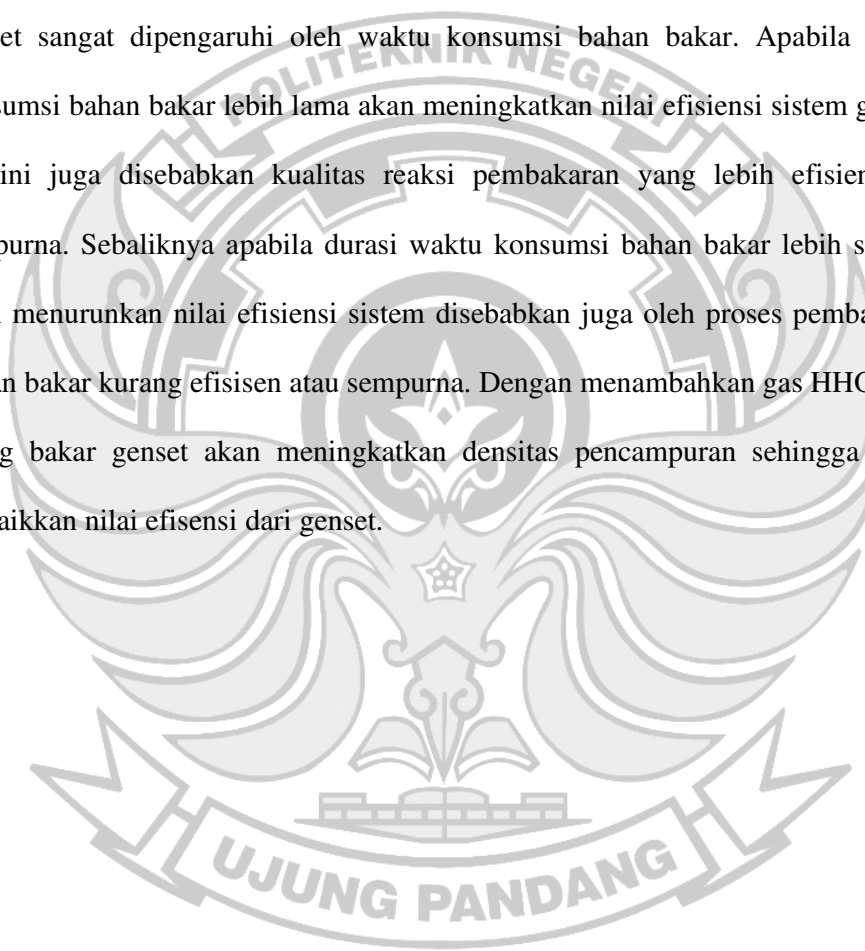


Grafik 4. 3 Hubungan antara kondisi beban genset dengan η sistem Genset

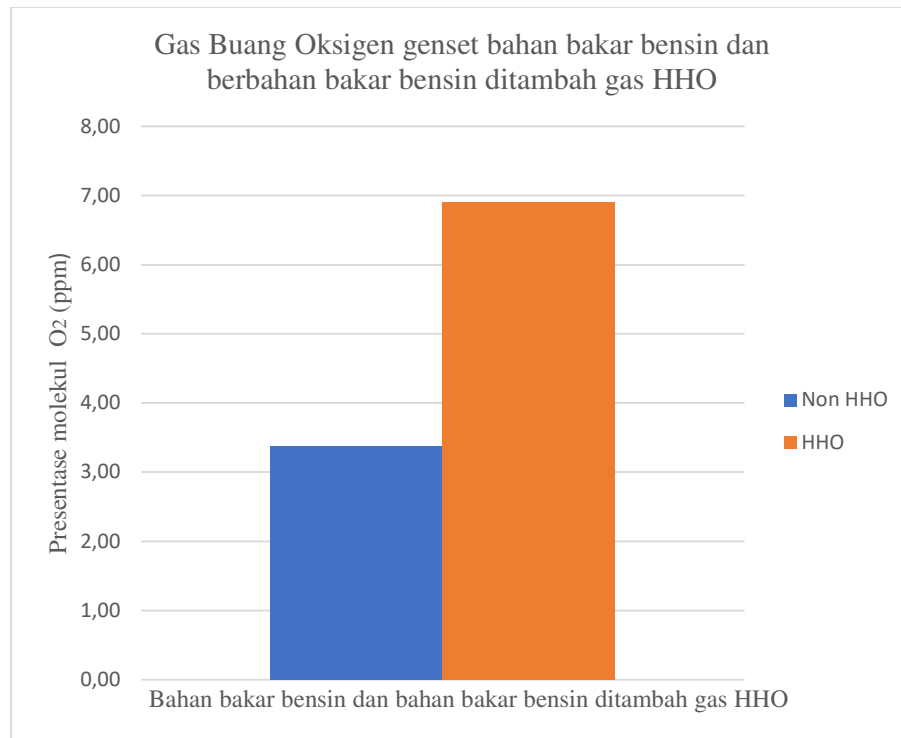
Berdasarkan nilai Efisiensi sistem genset (%) pada grafik di atas, maka dapat diketahui bahwa efisiensi sistem genset pada saat dioperasikan dengan bahan bakar bensin (Pertalite) lebih rendah dibandingkan dengan nilai efisiensi sistem genset pada saat dioperasikan dengan bahan bakar bensin (Pertalite) ditambah gas HHO yang nilainya lebih tinggi. Pada saat dioperasikan dengan bahan bakar bensin nilai efisiensi sistem genset pada kondisi beban 50 % sebesar 6,938 %, pada kondisi beban 75 % sebesar 9,310 % dan pada kondisi beban 100 % sebesar 8,866 % sedangkan pada saat dioperasikan dengan bahan bakar bensin ditambah gas HHO nilai efisiensi sistem genset pada kondisi beban 50 % sebesar 7,944 %, pada kondisi beban 75 % sebesar 9,196 % dan pada kondisi beban 100 % sebesar 9,776 %.

Efisiensi sistem genset berbanding terbalik dengan daya input, dimana semakin tinggi nilai daya input maka semakin kecil nilai efisiensi sistemnya

sedangkan apabila nilai daya input rendah maka semakin tinggi nilai efisiensi sistem genset. Dari hasil grafik terjadi *trend* kenaikan pada saat penggunaan bahan bakar ditambah gas HHO sedangkan pada saat penggunaan bahan bakar bensin terjadi penurunan. Hal ini terjadi disebabkan nilai daya input tinggi pada genset berbanding terbalik dengan nilai efisiensi sistem genset. nilai daya input genset sangat dipengaruhi oleh waktu konsumsi bahan bakar. Apabila waktu konsumsi bahan bakar lebih lama akan meningkatkan nilai efisiensi sistem genset, hal ini juga disebabkan kualitas reaksi pembakaran yang lebih efisien atau sempurna. Sebaliknya apabila durasi waktu konsumsi bahan bakar lebih singkat akan menurunkan nilai efisiensi sistem disebabkan juga oleh proses pembakaran bahan bakar kurang efisien atau sempurna. Dengan menambahkan gas HHO pada ruang bakar genset akan meningkatkan densitas pencampuran sehingga dapat menaikkan nilai efisiensi dari genset.



4.4.4 Grafik dan pembahasan kandungan Oksigen berbahan bakar Non HHO dan tambahan HHO.



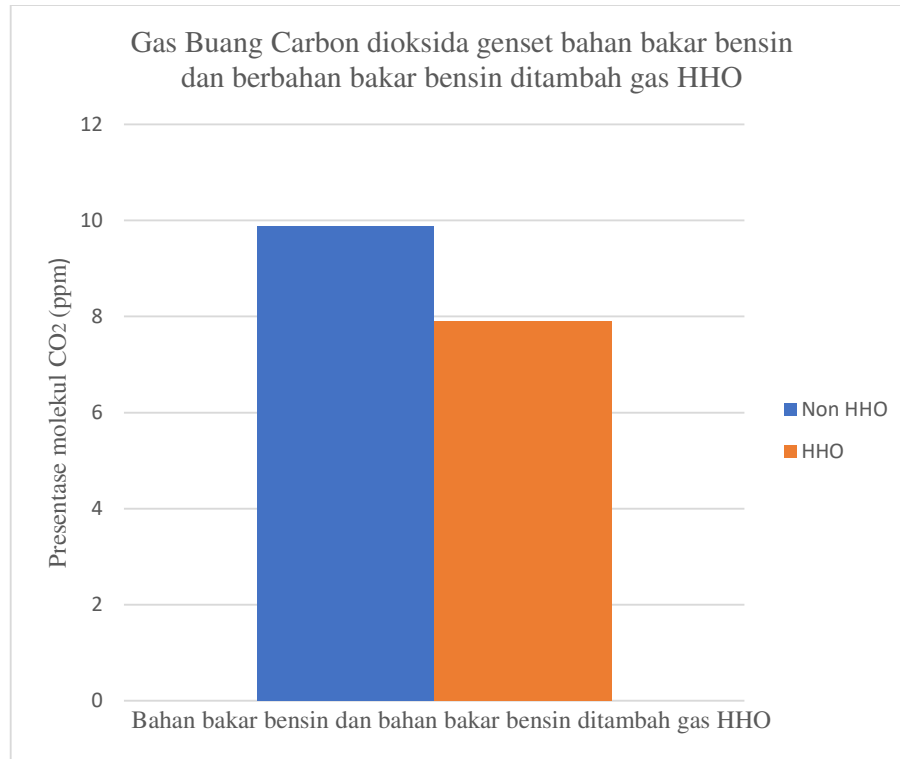
Grafik 4. 4 Perbandingan kandungan Oksigen dengan berbahan bakar Non HHO dengan bahan bakar tambahan HHO.

Berdasarkan hasil pengukuran emisi gas buang yang dapat dilihat pada tabel 4.10 dan 4.11 presentase molekul Oksigen pada saat genset dioperasikan dengan menggunakan bahan bakar bensin (Pertalite) tanpa tambahan gas HHO dapat diketahui bahwa presentase gas buang Oksigen lebih kecil dibandingkan dengan pada saat genset dioperasikan dengan bahan bakar bensin dengan tambahan gas HHO. Presentase Oksigen pada bahan bakar tanpa tambahan Gas HHO rata-rata sebesar 3,80 ppm sedangkan pada bahan bakar bensin dengan tambahan gas HHO rata-rata sebesar 6,90 ppm. Adapun jika dibandingkan dengan penelitian Alfi Trenggono A.S. pada pengujian genset dengan penggunaan bahan bakar premium ditambah gas HHO dengan nilai rata-rata peningkatan oksigen sebesar 7,210 ppm.

Dapat diketahui bahwa presentase molekul gas buang Oksigen pada pengujian genset berbahan bakar pertalite ditambah gas HHO dengan nilai emisi rata-rata sebesar 6,90 ppm masih lebih kecil dibandingkan dengan pengujian genset berbahan bakar premium ditambah gas HHO dengan nilai emisi rata-rata sebesar 7,21 ppm.

Oksigen merupakan salah satu unsur yang dibuang pada proses pembakaran mesin berbahan bakar bensin (Hidro Carbon) tetapi unsur oksigen tidak merusak lingkungan dan membahayakan manusia. Penambahan gas HHO pada ruang bakar mesin akan meningkatkan suplai udara (Oksigen) ketika bereaksi dengan bahan bakar bensin (Hidro Carbon), apabila Oksigen lebih banyak dari bahan bakar akan menghasilkan campuran kurus dan hasil pembakarannya menghasilkan api oksidasi sehingga gas buang Oksigen sisa pembakaran lebih besar. Sedangkan bahan bakar bensin tanpa tambahan HHO ketika bereaksi dengan udara (Oksigen) menghasilkan kualitas reaksi pembakaran yang kandungan bahan bakarnya terlalu banyak tetapi tidak cukup Oksigen dikatakan campuran kaya (*rich*) sehingga pembakaran ini menghasilkan api reduksi mengakibatkan gas oksigen sisa pembakaran yang di buang lebih kecil.

4.4.5 Grafik dan pembahasan kandungan Carbon dioksida berbahan bakar Non HHO dan tambahan HHO.



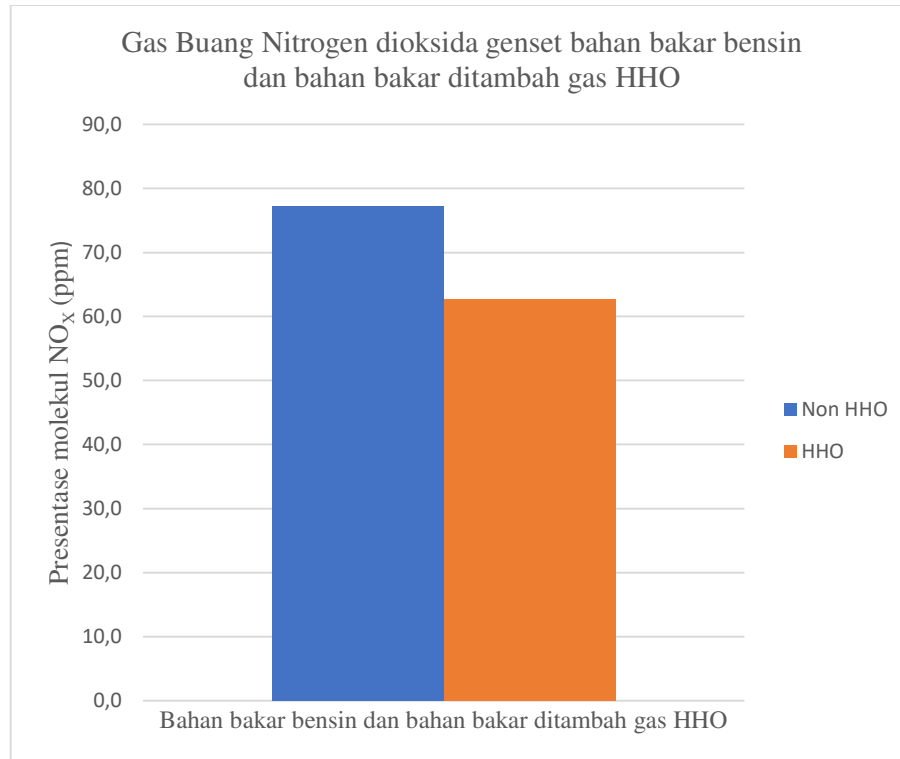
Grafik 4. 5 Perbandingan kandungan Carbon dioksida dengan berbahan bakar Non HHO dengan bahan bakar tambahan HHO.

Berdasarkan hasil pengukuran emisi gas buang pada tabel 4.10 dan 4.11 presentase molekul CO₂ (Carbon dioksida) pada saat genset dioperasikan dengan menggunakan bahan bakar bensin (Pertalite) tanpa tambahan HHO dapat diketahui bahwa presentase gas buang CO₂ lebih besar dibandingkan dengan pada saat genset dioperasikan dengan bahan bakar bensin dengan tambahan gas HHO. Presentase CO₂ pada bahan bakar tanpa tambahan Gas HHO sebesar 9,89 ppm sedangkan pada bahan bakar bensin dengan tambahan gas HHO sebesar 7,90 ppm. Presentase molekul pada pengoperasian genset berbahan bakar pertalite ditambah gas HHO sebesar 7,90 ppm. Adapun jika dibandingkan dengan penelitian oleh

Muh. Yusuf Abdullah di tahun 2014 pada pengujian genset berbahan bakar premium ditambah gas HHO dengan tingkat penurunan gas buang CO₂ rata-rata sebesar 21,3 ppm. Nilai rata-rata emisi CO₂ pada pengujian genset berbahan bakar pertalite ditambah gas HHO sebesar 7,90 ppm lebih rendah.

Gas CO₂ (Carbon dioksida) merupakan salah jenis gas buang pada mesin berbahan bakar bensin (Hidro Carbon), hal ini dapat terjadi karena reaksi pembakaran antara bahan bakar bensin (Hidro Carbon) dengan udara (Oksigen) di dalam ruang bakar mesin sehingga sisa pembakaran dalam bentuk gas CO₂ dibuang melalui *exhaust* genset. Apabila bahan bakar bensin (Hidro Carbon) ditambahkan dengan gas HHO akan membentuk senyawa (Hidrogen + Hidrogen + Oksigen) mengakibatkan suplai udara (Oksigen) pada ruang bakar mesin bercampur dengan senyawa Hidro Carbon sehingga sisa pembakaran dalam bentuk senyawa gas CO₂ yang terbuang presentase molekulnya lebih sedikit. Sedangkan pada saat kondisi pengoperasian berbahan bakar bensin tanpa tambahan gas HHO mengakibatkan reaksi pembakaran antara bahan bakar dengan Oksigen kurang seimbang sehingga sisa pembakaran dalam bentuk senyawa gas buang CO₂ presentase molekulnya lebih banyak. Gas CO₂ merupakan salah satu jenis emisi gas buang yang dapat merusak lingkungan dan membahayakan manusia apabila presentase molekulnya sangat besar.

4.4.6 Grafik dan pembahasan kandungan Nitrogen dioksida berbahan bakar Non HHO dan tambahan HHO



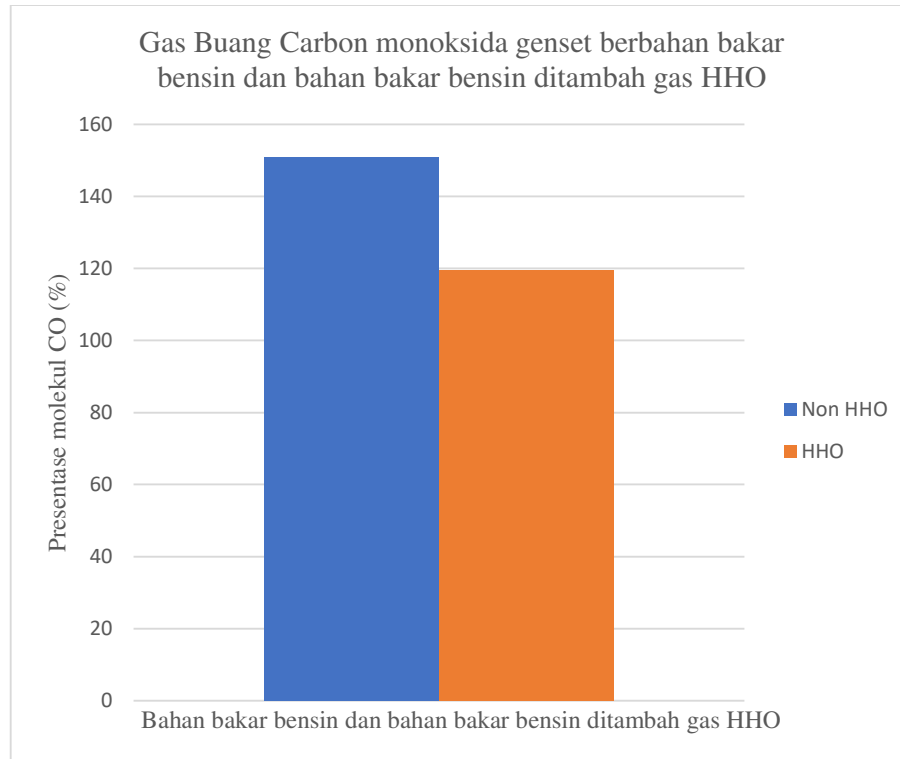
Grafik 4. 6 Perbandingan kandungan Nitrogen dioksida dengan berbahan bakar Non HHO dengan bahan bakar tambahan HHO

Berdasarkan hasil pengukuran emisi gas buang pada tabel 4.10 dan 4.11 presentase molekul NO_x (Nitrogen dioksida) pada saat genset dioperasikan dengan menggunakan bahan bakar bensin (Pertalite) tanpa tambahan HHO dapat diketahui bahwa presentase gas buang NO_x lebih besar dibandingkan dengan pada saat genset dioperasikan dengan bahan bakar bensin (Hidro Carbon) dengan tambahan gas HHO. Presentase NO_x pada bahan bakar tanpa tambahan Gas HHO sebesar 77,2 ppm sedangkan pada bahan bakar bensin dengan tambahan gas HHO turun menjadi 62,6 ppm atau turun 13,7 %. Apabila mengacu pada (*Occupational Safety and Health Association*) OSHA yang ditentukan oleh pemerintah Amerika Serikat tentang standar pencemaran udara dalam satuan ppm, gas NO_x yang

diizinkan maksimum 150 ppm apabila gas buang NO_x yang dihasilkan sebesar 150 ppm akan dianggap berbahaya bagi manusia dan lingkungan. Sehingga presentase molekul gas buang NO_x sebesar 77,2 ppm dan 62,6 ppm pada dua kondisi pengoperasian di atas masih dikategorikan di bawah standar OSHA.

Gas NO_x adalah salah satu gas buang mesin berbahan bakar bensin yang dapat menyebabkan pencemaran pada lingkungan. Pada saat penambahan gas HHO menghasilkan senyawa Hidrogen + Hidrogen + Oksigen ketika bereaksi dengan Senyawa Hidro Carbon akan menghasilkan *ratio* udara dan bahan bakar lebih seimbang sehingga sisa pembakaran berupa udara (Oksigen) yang dikeluarkan presentase molekulnya lebih kecil. NO_x dapat terbentuk apabila gas buang Oksigen bercampur dengan unsur Nitrogen yang merupakan unsur utama penyusun udara di bumi (78%). Sedangkan pada kondisi reaksi pembakaran bensin tanpa tambahan gas HHO akan menghasilkan *ratio* Oksigen yang tidak seimbang dengan bahan bakar sehingga presentase molekul gas buang oksigen lebih besar.

4.4.7 Grafik dan pembahasan kandungan Carbon monoksida berbahan bakar Non HHO dan tambahan HHO



Grafik 4. 7 Perbandingan kandungan Carbon monoksida dengan berbahan bakar Non HHO dengan bahan bakar tambahan HHO.

Berdasarkan hasil pengukuran emisi gas buang pada tabel 4.10 dan 4.11 presentase molekul CO (Carbon monoksida) pada saat gaset dioperasikan dengan menggunakan bahan bakar bensin (Pertalite) tanpa tambahan HHO dapat diketahui bahwa presentase gas buang CO lebih besar dibandingkan dengan pada saat gaset dioperasikan dengan bahan bakar bensin (Hidro Carbon) tanpa tambahan gas HHO. Presentase molekul rata-rata CO pada bahan bakar tanpa tambahan Gas HHO sebesar 151 ppm sedangkan pada bahan bakar bensin dengan tambahan gas HHO presentase molekul rata-rata sebesar 119,5 ppm. Berdasarkan nilai presentase molekul gas buang CO pada dua kondisi tersebut didapatkan

penurunan sebesar 32 ppm. Adapun Jika dibandingkan dengan pengujian genset berbahan bakar premium ditambah gas HHO dan berbahan bakar premium tanpa tambahan gas HHO tingkat penurunan pada gas buang CO yaitu sebesar 28,76 ppm pada penelitian yang dilakukan oleh Muh Yusuf Abdullah pada tahun 2014. Sehingga dapat diketahui bahwa penurunan presentase molekul gas buang CO lebih besar pada saat dioperasikan dengan pertalite dengan tambahan gas HHO daripada saat dioperasikan dengan premium dengan tambahan gas HHO.

Gas CO merupakan salah satu molekul gas buang yang dihasilkan pada pembakaran mesin yang berbahan bakar bensin. Hal ini dapat terjadi disebabkan karena reaksi pembakaran yang kurang sempurna di dalam ruang bakar mesin. Kurang sempurnanya reaksi pembakaran dapat terjadi karena beberapa faktor diantaranya karena kurang pasokan udara (oksigen) di dalam ruang bakar yang bercampur dengan bahan bakar bensin (Hidro Carbon) atau bisa juga karena kurangnya waktu untuk menyelesaikan pembakaran sehingga kandungan Carbon dan udara (Oksigen) tidak tercampur sempurna lalu dibuang melalui *exhaust* genset. Apabila ditambahkan gas HHO maka akan menambah suplai udara (Oksigen) menghasilkan kualitas pembakaran yang lebih sempurna ke dalam silinder sehingga gas CO yang dibuang lebih kecil. Gas CO juga merupakan salah satu gas buang yang dapat mencemari lingkungan dan membahayakan bagi manusia.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Pada eksperimen pengaruh penggunaan gas HHO terhadap performance genset, berdasarkan hasil analisis data eksperimen dapat disimpulkan bahwa:

- 1) Pengaruh penambahan gas HHO pada genset mengakibatkan konsumsi bahan bakar genset lebih hemat dibandingkan bahan bakar bensin tanpa gas HHO. Dari hasil analisis data hal ini dapat terlihat pada nilai SFC (*Specific Fuel Consumption*) bahwa konsumsi bahan bakar pada saat dioperasikan dengan bensin (Pertalite) membutuhkan konsumsi bahan bakar yang lebih besar dibandingkan dengan pada saat dioperasikan dengan bensin (Pertalite) ditambah gas HHO. Pada saat Genset dioperasikan dengan bahan bakar bensin nilai konsumsi bahan bakar spesifik pada kondisi beban 50 % sebesar 0,98781 l/kWh, pada saat kondisi beban 75 % sebesar 0,73612 l/kWh dan pada kondisi beban 100 % sebesar 0,77273 l/kWh. Sedangkan pada saat dioperasikan dengan bensin (Pertalite) ditambah gas HHO nilai konsumsi bahan spesifik pada kondisi beban 50 % sebesar 0,82424 l/kWh, pada kondisi beban 75 % sebesar 0,74574 l/kWh dan pada kondisi beban 100 % sebesar 0,70144 l/kWh. Sehingga konsumsi bahan bakar pada saat genset dioperasikan dengan bahan bakar ditambah gas HHO lebih hemat dibandingkan pada saat dioperasikan dengan bahan bakar tanpa gas HHO, pada kondisi beban 50 % penghematan konsumsi bahan bakar sebesar 0,16357 l/kWh, pada

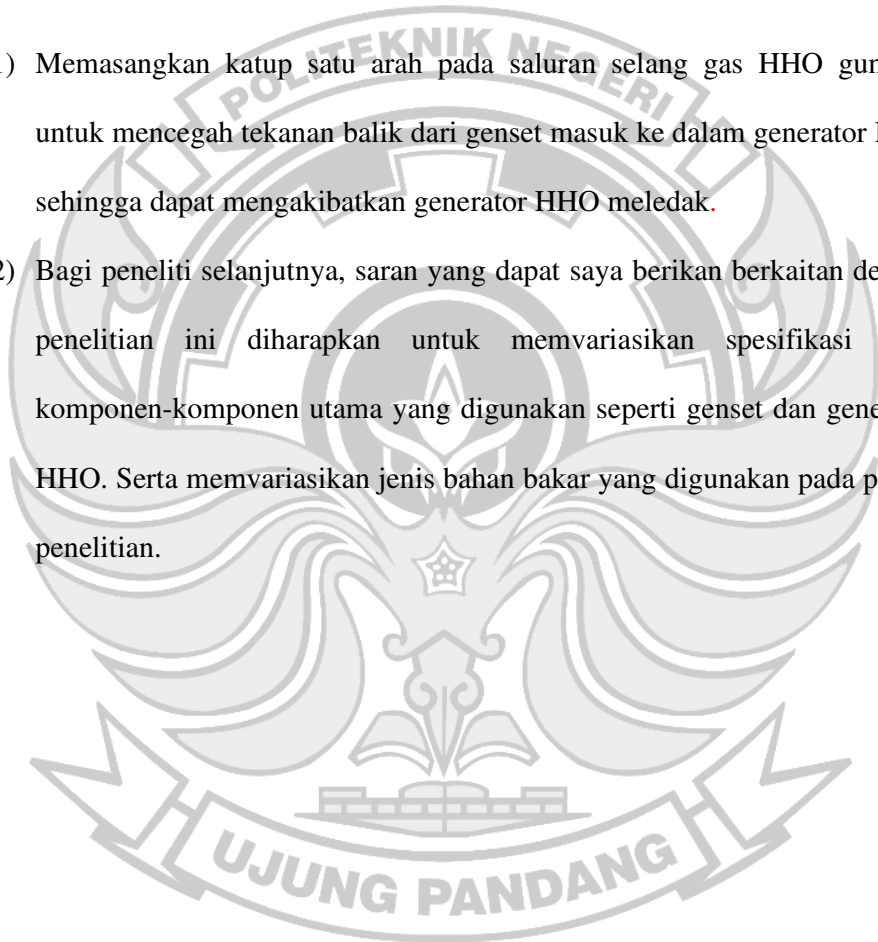
kondisi beban 100 % penghematan konsumsi bahan bakar sebesar 0,70144 l/kWh.

- 2) Pada *Performance* genset pengaruh penambahan gas HHO pada bahan bakar genset, mengakibatkan *performance* genset lebih efisien dibandingkan dengan bahan bakar tanpa gas HHO. Dari hasil Efisiensi sistem genset menunjukkan bahwa Pada saat dioperasikan dengan bahan bakar bensin nilai efisiensi sistem genset pada kondisi beban 50 % sebesar 6,938 %, pada kondisi beban 75 % efisiensi sistem genset sebesar 9,310 % dan pada saat kondisi beban 100 % nilai efisiensi sistem genset sebesar 8,866 %. Sedangkan pada saat dioperasikan dengan bensin ditambah gas HHO nilai efisiensi sistem genset pada saat kondisi beban 50 % sebesar 7,944 %, pada kondisi beban 75 % nilai efisiensi sistem genset sebesar 9,196 % dan pada saat kondisi beban 100 % nilai efisiensi sistem genset sebesar 9,776 %.
- 3) Pada hasil pengujian emisi gas buang menggunakan alat ukur *exhaust gas analyzer* dengan dua kondisi yaitu pada saat genset dioperasikan dengan bahan bakar tambahan gas HHO dan pada saat dioperasikan dengan bahan bakar tanpa gas HHO. Dari hasil pengujian pada saat dioperasikan dengan bahan bakar tambahan gas HHO presentase molekul O₂ 6,90 ppm, CO sebesar 119,5 ppm, CO₂ sebesar 7,90 ppm dan NO_x sebesar 62,6 ppm sedangkan pada saat dioperasikan dengan bahan bakar tanpa tambahan gas HHO presentase molekul O₂ sebesar 3,38 %, CO sebesar 151 ppm, CO₂ sebesar 9,89 ppm dan NO_x sebesar 77,2 ppm. Sehingga emisi gas buang

genset pada saat dioperasikan dengan bahan bakar dengan tambahan gas HHO pengaruhnya terhadap pencemaran udara lebih kecil karena pada senyawa gas buang CO, CO₂ dan NO_x dapat merusak lingkungan dan membahayakan manusia apabila presentase molekulnya besar.

5.2 Saran

- 1) Memasang katup satu arah pada saluran selang gas HHO gunanya untuk mencegah tekanan balik dari genset masuk ke dalam generator HHO sehingga dapat mengakibatkan generator HHO meledak.
- 2) Bagi peneliti selanjutnya, saran yang dapat saya berikan berkaitan dengan penelitian ini diharapkan untuk memvariasikan spesifikasi pada komponen-komponen utama yang digunakan seperti genset dan generator HHO. Serta memvariasikan jenis bahan bakar yang digunakan pada proses penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Affandy, Haris Mas. 2018. Implementasi *Automatic Transfer Switch* dengan sistem monitoring bahan bakar minyak dan temperatur genset menggunakan *Human Machine Interference* berbasis *Programmable Logic Control*. Skripsi. Malang: Departemen Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang.
- Akbar Ali, Wardana ING, Yuliati Lilis. 2014. Pengaruh Penambahan HHO terhadap kinerja dan ionisasi pembakaran motor bensin. Dalam *Jurnal Rekayasa Mesin*, (5). 1-7.
- Alfi Trenggono A.S. 2016. Karakteristik Unjuk Kerja Generator Gas HHO dengan Elektroda Titanium dan Mengaplikasikan pada sepeda motor 150cc sistem injeksi. Tesis. Surabaya: Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh November.
- Gabriel, Timilar Paul. et.al. 2015. Optimalisasi penggunaan bahan bakar pada generator set dengan menggunakan eletrolisis. Dalam *Jurnal Rekayasa Mesin*. 77-88.
- Gusti Dahono Adhi Paksi Benowo. 2018. Peningkatan unjuk kerja generator set 4 tak kapasitas 1100 Watt dengan penambahan gas HHO (*Hydrogen hydrogen oxygen*) sebagai campuran bahan bakar. Skripsi. Jakarta: Fakultas Teknik Elektro Universitas Negeri Jakarta.
- Hasan Syukri Muhammad, Widayat. 2022. Produksi hidrogen dengan memanfaatkan sumber daya energi surya dan angin di indonesia. Dalam *JEBT: Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, (3). 38-48.
- Hera Yulianto Achmad. 2018. Studi Eksperimen LSA (*Lobe Separation Angle*) dan Beban Terhadap Performa mesin 150cc. Laporan Tugas Akhir Perancangan. Surabaya: Fakultas Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945.
- Irawan Bambang. 2017. Perhitungan Energi Pembakaran Bahan Bakar di Dalam Silinder Mesin Bensin. *Jurnal Politeknik Negeri Malang*, (3). 13-16.
- Jarot Prakoso. 2010. Analisa Kerja Motor Otto dengan Pemanfaatan Gas Buang Sebagai Pemanas *Compact Destillator*. Skripsi. Jakarta: Fakultas Teknik Mesin Universitas Indonesia.
- Meywan, Fadly. 2014. Pembuatan generator gas HHO dan pengaruhnya terhadap emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor 4 tak 135cc. Skripsi. Jakarta: Fakultas Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.

- Muhammad, Martin. 2020. Analisa Perbandingan bahan bakar solar dengan biodiesel B-20 Minyak kelapa sawit terhadap *performance* mesin komatsu SAA12V140E-3. Dalam *Jurnal Baut dan Manufaktur*, (2). 48-56.
- Muhammad, Yusuf Abdullah. 2014. Analisis penggunaan HHO dan tanpa HHO pada Mesin Bensin. Tesis. Surabaya: Fakultas Teknologi Industri Institut Sepuluh November.
- Prasetyo, Primanita Diningrum Jenny dan Hengki Raden Rahmanto. 2019. Analisis Penggunaan Variasi Katalis NaOH, NaCl dan KOH Terhadap Laju Aliran Gas HHO. Dalam *Jurnal Ilmiah Universitas Islam* 45, (2). 64-71.
- Putha Kumar Prasad G, Babu Satish. 2015. *Performance of I.C Engines using HHO Gas*. Dalam *International Journal of Scientific Engineering and Technology Research*, (4). 2994-2998.
- Ryan Setya Kurniawan. 2018. Analisa Penggunaan Genset di Untag Surabaya Sebagai Energi Alternatif Untuk Manajemen Energi. Skripsi. Surabaya: Fakultas Teknik Universitas 17 Agustus 1945.
- Saleh, M Amin. 2019. Pemanfaatan *Hydrogen* dari HHO generator sebagai penghemat bahan bakar pada *Prime Mover* Generator. Dalam *Prosiding Seminar Nasional II Hasil Litbangyasa Industri*. 49-55.
- Samuel, Sembiring. Et.al. 2019. Pemanfaatan gas alam sebagai LPG. Dalam *Jurnal Teknik ITS*, (8). 207-211.
- Suharti Fitrawati. 2019. Sistem Pembangkit 3 Petrol *Engine*. Laporan. Makassar: Program Studi Teknik Pembangkit Energi Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- www.caramesin.com/komponen-genset-dan-fungsinya. Diakses februari 2023
- www.indonesianartikeltechnology/Comparison-of-Characteristic-of-Several-Fuel. Diakses juli 2023.

LAMPIRAN



Lampiran 1 Proses pengambilan data



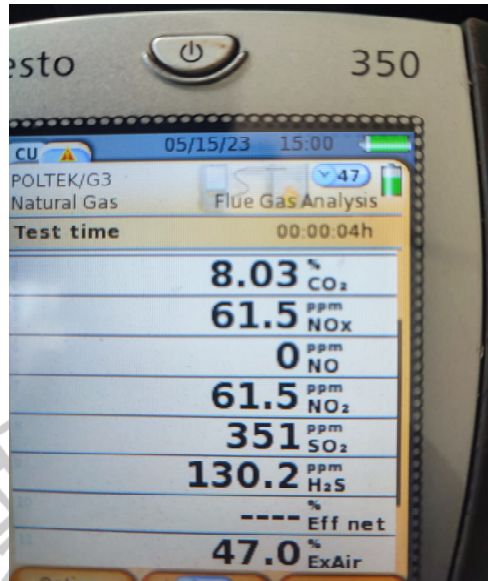
Lampiran 2 Proses pengambilan data



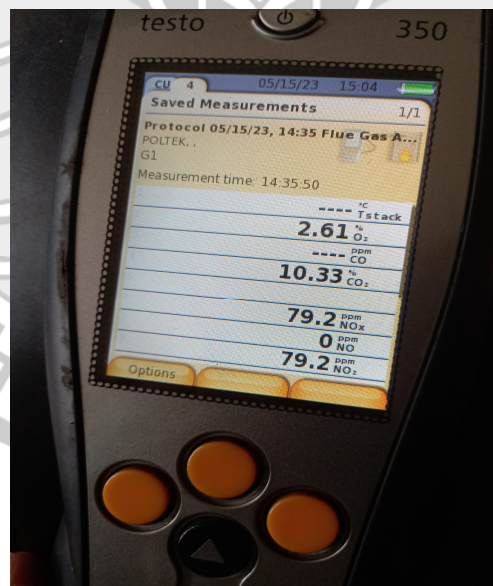
Lampiran 3 Rangkaian untuk mengukur arus dan tegangan genset; voltmeter, amperemeter dan beban resistif.



Lampiran 4 Saluran suplai gas HHO ke *intake manifold* genset



Lampiran 5 Hasil pengujian emisi gas buang berbahan bakar bensin dengan tambahan gas HHO



Lampiran 6 Hasil pengujian emisi gas buang berbahan bakar bens