

**PENINGKATAN UNJUK KERJA GENERATOR SET 4 TAK
KAPASITAS 1100 WATT DENGAN PENAMBAHAN GAS HHO
(*HYDROGEN HYDROGEN OXYGEN*) SEBAGAI CAMPURAN
BAHAN BAKAR**



SKRIPSI

**Disajikan sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
Program Studi S1 Pendidikan Vokasional Teknik Elektro**

OLEH :

DAHONO GUSTI ADHI PAKSI BENOVO

5115127092

PROGRAM STUDI S1 PENDIDIKAN VOKASIONAL TEKNIK ELEKTRO

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA

2018

LEMBAR PENGESAHAN

**PENINGKATAN UNJUK KERJA GENERATOR SET 4 TAK
KAPASITAS 1100 WATT DENGAN PENAMBAHAN GAS HHO
(*HYDROGEN HYDROGEN OXYGEN*) SEBAGAI CAMPURAN
BAHAN BAKAR**

DAHONO GUSTI ADHI PAKSI BENOWO / 5115127092

PANITIA UJIAN SKRIPSI

NAMA DOSEN	TANDA TANGAN	TANGGAL
Prof. Dr. Suyitno, M.Pd (Ketua Penguji)		06.02.2018
Massus Subekti, MT (Sekretaris)		06.02.2018
Moch. Djaohar, M.Sc (Dosen Ahli)		07-02-2018
Dr. Daryanto, MT (Pembimbing I)		08-02-2018
Dr. Muhammad Rifan, MT (Pembimbing 2)		08-02-2018.

Tanggal Lulus Ujian : 31 Januari 2018

HALAMAN PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis skripsi saya ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana, baik di Universitas Negeri Jakarta maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri dengan arahan dosen pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dicantumkan dengan jelas sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidak benaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Januari 2018

Yang Membuat Pernyataan



Dahono Gusti Adhi PB

5115127092

KATA PENGANTAR

Puji serta syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT karena hanya berkat Rahmat dan Ridho-Nyalah penulisan skripsi dengan judul “Peningkatan Unjuk Kerja Generator Set 4 Tak 1100 Watt dengan Penambahan Gas HHO (*Hydrogen Hydrogen Oxygen*) Sebagai Campuran Bahan Bakar” dapat terselesaikan dengan baik dan tepat pada waktunya.

Tujuan dari penulisan skripsi ini yakni guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar akademik pada program sarjana pendidikan teknik elektro fakultas teknik Universitas Negeri Jakarta.

Dalam penulisan skripsi ini penulis dibantu baik secara moral dan materil sehingga penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Massus Subekti, S.Pd, M.T selaku ketua Program Studi Pendidikan Teknik Elektro.
2. Dr. Daryanto, MT selaku pembimbing I dan Dr. Muhamad Rif'an, MT selaku pembimbing II atas segala waktu, arahan serta masukan ilmu yang begitu bermanfaat.
3. Ibu dan Bapak Dosen Pendidikan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta, atas segala ilmu yang telah diberikan selama perkuliahan hingga skripsi ini hadir.
4. Kedua orang tua serta keluarga besar atas segala dukungan baik moril dan material serta do'a yang tiada pernah henti.
5. Seluruh teman – teman teknik Elektro NR 2012 atas segala dukungannya.

Peneliti menyadari penulisan skripsi ini masih jauh dari sempurna, akan tetapi semoga skripsi ini dapat dijadikan sumber belajar ataupun dijadikan referensi dalam penulisan skripsi berikutnya.

Jakarta, Januari 2018



Dahono Gusti Adhi PB

ABSTRAK

Dahono Gusti Adhi Paksi Benowo, *Peningkatan Unjuk Kerja Generator Set 4 Tak Kapasitas 1100 Watt Dengan Penambahan Gas HHO (hydrogen Hydrogen oxygen) sebagai campuran Bahan Bakar*. Skripsi. Jakarta, Program Studi Pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2017. Dosen Pembimbing : Dr. Daryanto, MT dan Dr. Muhamad Rif'an, MT.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui peningkatan unjuk kerja mesin Generator Set dengan penambahan Gas HHO sebagai campuran (*mix*) bahan bakar, Penelitian ini dilakukan di laboratorium jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta. Penelitian ini dilakukan selama 24 bulan yaitu dari semester 104 – 108.

Metode penelitian yang di gunakan adalah metode penelitian eksperimen dengan perbandingan sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO (variabel bebas), dengan beban Genset 0,5 A, 1,5 A, 2,5 A dan bensin 100ml, 200ml, 300ml, 400ml, 500ml (variabel kontrol), untuk mengetahui waktu hidup genset, KWH, dan *sfc* (Variabel terikat)

Hasil dari penelitian ini pada contoh beban listrik 2,5 *ampere* dengan bensin 500ml adalah sebelum menggunakan Gas HHO Genset hidup selama 48.61 menit dengan 0,44 KWH dan Konsumsi bahan bakar spesifik (*sfc*) sebesar 0,867 Kg/kwh Kemudian setelah menggunakan Gas HHO dapat hidup selama 61.33 menit dengan 0,5555 KWH dan *sfc* 0,68 Kg/kwh. Kemudian setelah melalui perbandingan penggunaan genset menggunakan Gas HHO terdapat peningkatan waktu setelah menggunakan Gas HHO sebesar 12.72 menit dengan 0,1166 KWH dan *sfc* sebesar 0,2 Kg/kwh. Setelah dilakukan pengujian dan pengukuran, dapat disimpulkan bahwa adanya peningkatan unjuk kerja generator Set sebesar 26% lebih lama waktu hidupnya setelah menggunakan gas HHO sebagai campuran bahan bakar.

Kata Kunci : Generator Set, Gas HHO, Elektrolisis, Engine, Bensin, listrik.

ABSTRACT

Dahono Gusti Adhi Paksi Benowo, increasing work Generator set 4 TAK 1100 watt Capacity with adding GAS HHO (hydrogen hydrogen oxygen) as a mixing fuel. Skripsi, Jakarta, Electrical Engineering Education Study Program, Faculty of Engineering, State University of jakarta, 2017. Supervisor: Dr. Daryanto, MT and Dr. Muhamad Rif'an, MT.

This study aims to determine the increase of the performance of Generator Set engine with the addition of HHO gas as a mixture (mix) of fuel, This research was conducted in the laboratory of Electrical Engineering Department, Faculty of Engineering, State University of Jakarta. This research was conducted for 24 months ie from the semester 104 - 108.

The research method used is experimental research method with comparison before and after using HHO gas (independent variable), with a Genset load of 0.5 A, 1.5 A, 2.5 A and gasoline 100ml, 200ml, 300ml, 400ml, 500ml (control variables), to determine the generator life time, KWH, and sfc (dependent variable)

The results of this study in the example of a 2.5 ampere electrical load with 500ml gasoline is before using HHO Genset Gas live for 48.61 minutes with 0.44 KWH and Specific fuel consumption (sfc) 0.867 Kg / kwh Then after using HHO gas can live for 61.33 minutes with 0.5555 KWH and 0.68 Kg / kwh sfc. Then after the comparison of the use of genset using HHO gas there is an increase of time after using HHO Gas of 12.72 minutes with 0.1166 KWH and sfc of 0.2 Kg / kwh. After testing and measurement, it can be concluded that there is an increase in the performance of Set generator by 26% longer life time after using HHO gas as fuel mixture.

Keyword : Generator Set, Gas HHO, Electrolysis, Engine, fuel, electric

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Pembatasan Masalah	4
1.4 Perumusan Masalah	5
1.5 Kegunaan Penelitian	5
BAB II KAJIAN TEORITIS DAN KERANGKA BERFIKIR	
2.1 Kajian Teoritis	6
2.1.1 Generator Set	6
2.1.1.1 Prinsip Unjuk Kerja Generator Set.....	7
2.1.1.2 Teori Motor Pembakaran Dalam 4 Langkah	8
2.1.1.3 Parameter Unjuk Kerja Mesin Genset	10
2.1.1.4 Perhitungan Pemakaian Beban pada Genset	13
2.1.2 Gas HHO (HYDROGEN HYDROGEN OXYGEN).....	14
2.1.2.1 Hidrogen Sebagai Bahan Bakar	15
2.1.2.2 Generator Gas HHO	18
2.1.2.3 Prinsip Kerja Generator Gas HHO Tipe Wet cell.....	20
2.1.2.4 Komponen Generator Gas HHO	21
2.1.3 Katalis KOH (<i>kalium oksida hidroksida</i>).....	24
2.1.4 Unjuk Kerja Generator Gas HHO.....	25

2.1.4.1	Parameter Unjuk Kerja Generator Gas HHO	25
2.1.5	Power Suply IGBT Inverter Pro	28
2.2	Konsep Prosedur Penelitian	30
2.3	Blok Diagram	32
BAB III Metodologi Penelitian		
3.1	Tujuan Penelitian	34
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	34
3.3	Metode dan Alur Penelitian	34
3.3.1	Diagram Alir	35
3.3.1.1	Blok Diagram Kerja Alat	37
3.3.2	Alat dan Bahan Penelitian	39
3.3.3	Desain Alat	41
3.3.3.1	Desain Generator Gas HHO	41
3.3.4	Modifikasi Generator Set	47
3.4	Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data	50
3.4.1	Pengukura &Pengujian Generator Gas HHO	50
3.4.2	Pengukura &Pengujian Generator Gas	52
3.4.3	Perbandingan Waktu Sebelum dan Sesudah Gas HHO	56
3.4.4	Perbandingan Jumlah KWH Sebelum dan Sesudah Gas HHO	58
3.4.5	Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik	62
3.5	Teknik Analisis Data	67
BAB 1V HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		
4.1	Deskripsi Hasil Penelitian	70
4.1.1	Pembuatan Alat	70
4.1.2	Pengukuran dan Pengujian Generator Gas HHO	71
4.1.3	Pengukuran dan Pengujian Unjuk Kerja Genset	72
4.2	Analisis Data Penelitian	76
4.2.1	Perbandingan Pemakaian Bensin	76
4.2.2	Perhitungan dan Perbandingan Pemakaian Bensin	79
4.2.3	Perhitungan dan Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar	82
4.3	Pembahasan	86
4.4	Aplikasi Hasil Penelitian	88

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	89
5.2 Saran	89
DAFTAR PUSTAKA	91
LAMPIRAN	92

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spesifikasi Power Supply IGBT Inverter	29
Tabel 3.1 Alat Penelitian	39
Tabel 3.2 Peralatan Penelitian.....	39
Tabel 3.3 Bahan Penelitian.....	40
Tabel 3.4 Spesifikasi Elektroda.....	43
Tabel 3.5 Cek input listrik DC untuk Generator Gas HHO.....	51
Tabel 3.6 Pengujian Generator Gas HHO.....	52
Tabel 3.7 Cek pengukuran Output Generator set Sumura ET2200L.....	53
Tabel 3.8 Hasil Pengujian Kerja Genset dengan Beban 0,5A.....	54
Tabel 3.9 Hasil Pengujian Kerja Genset dengan Beban 1,5A.....	54
Tabel 3.10 Hasil Pengujian Kerja Genset dengan Beban 2,5A.....	55
Tabel 3.11 Pengujian Beban Genset Terhadap RPM (<i>Rotation per minute</i>).....	56
Tabel 3.12 Jumlah Pemakaian KWH 0.5 A.....	59
Tabel 3.13 Jumlah Pemakaian KWH 1.5 A.....	59
Tabel 3.14 Jumlah Pemakaian KWH 2.5 A.....	60
Tabel 3.15 Pemakaian Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik 0,5A62	
Tabel 3.16 Pemakaian Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik 1,5A63	
Tabel 3.17 Pemakaian Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik 2,5A64	
Tabel 4.1 Pengukuran Tegangan dan Arus Untuk Generator Gas HHO.....	71
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Generator Gas HHO	72
Tabel 4.3 Cek pengukuran Output Generator set Sumura ET2200L.....	73
Tabel 4.4 Pengujian Genset dengan Beban 0,5 <i>Ampere</i>	73
Tabel 4.5 Pengujian Genset Dengan Beban 1,5.....	74
Tabel 4.6 Pengujian Genset Dengan Beban 2,5 <i>Ampere</i>	74
Tabel 4.7 Pengujian Beban Genset Terhadap RPM.....	75
Tabel 4.8 Jumlah Pemakaian KWH 0,5A.....	79
Tabel 4.9 Jumlah Pemakaian KWH 1,5 A.....	79
Tabel 4.10 Jumlah Pemakaian KWH 2,5 A.....	79
Tabel 4.11 Pemakaian Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar 0,5 A.....	83

Tabel 4.12 Pemakaian Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar 1,5 A.....	83
Tabel 4.13 Pemakaian Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar 2,5A	83

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Generator Set Bensin 4 Tak.....	6
Gambar 2.2 Kerja Motor Bensin 4 Tak.....	8
Gambar 2.3 Kerja Motor Bensin 4 Tak.....	9
Gambar 2.4 Pembakaran Gas di Ruang Bakar.....	10
Gambar 2.5 Proses Elektrolisa.....	14
Gambar 2.6 Injeksi Gas HHO ke Ruang Bakar Melalui Intake Manifold.....	17
Gambar 2.7 Proses Kerja Piston Saat Pembakaran Gas.....	17
Gambar 2.8 Generator HHO Tipe Dry Cell.....	19
Gambar 2.9 Generator HHO Tipe Wet Cell.....	19
Gambar 2.10 Stainless Stell.....	22
Gambar 2.11 Tabung Generator HHO.....	22
Gambar 2.12 Selang Injeksi.....	23
Gambar 2.13 Bubbler.....	23
Gambar 2.14 NaOH.....	23
Gambar 2.15 Check Valve.....	24
Gambar 2.16 KoH Soda Kue.....	25
Gambar 2.17 Power Supply IGBT Inverter Welder.....	28
Gambar 2.18 Skema Alat Power Supply IGBT Inverter Welder Pro 120.....	30
Gambar 2.19 Blok Diagram Penelitian Alat.....	33
Gambar 3.1 Diagram Alir Alat.....	35
Gambar 3.2 Blok Diagram Kerja Alat.....	37
Gambar 3.3 Proses Gerak Piston.....	38
Gambar 3.4 Rancang Generator Gas HHO DC.....	42
Gambar 3.5 Tabung Reaktor, Bubbler dan Flowmeter.....	42
Gambar 3.6 Ukuran Elektroda.....	43
Gambar 3.7 Anoda dan Katoda Elektroda Tampak Samping.....	44
Gambar 3.8 Jumlah Elektroda Plat Tampak Atas.....	45
Gambar 3.9 Rancang Plat dan Tabung Reaktor.....	45
Gambar 3.10 Desain Alat Tampak Depan.....	46

Gambar 3.11 Skema Proses Kerja Generator Gas HHO Tipe Wet Cell	47
Gambar 3.12 Skema Generator Set	47
Gambar 3.13 Desain Generator Gas HHO untuk Genset	48
Gambar 3.14 Langkah Kerja Motor Bensin 4 Tak	49
Gambar 3.15 Gaya Gerak Listrik	50
Gambar 3.16 Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Waktu 0,5 A	57
Gambar 3.17 Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Waktu 1,5 A	57
Gambar 3.18 Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Waktu 2,5 A	57
Gambar 3.19 Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap KWH 0,5 A	61
Gambar 3.20 Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Waktu 1,5 A	61
Gambar 3.21 Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Waktu 2,5 A	62
Gambar 3.22 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik 0,5 A	66
Gambar 3.23 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik 1,5 A	66
Gambar 3.24 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik 0,5 A	67
Gambar 4.1 Alat Penghasil Gas Hidrogen	70
Gambar 4.2 Generator Set	71
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Bensin Terhadap Waktu Beban 0,5 A	76
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Bensin Terhadap Waktu Beban 1,5 A	76
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Bensin Terhadap Waktu Beban 2,5 A	77
Gambar 4.6 Grafik Pemakaian Bensin Terhadap Waktu Beban 0,5 A	81
Gambar 4.7 Grafik Pemakaian Bensin Terhadap Waktu Beban 1,5 A	81
Gambar 4.8 Grafik Pemakaian Bensin Terhadap Waktu Beban 5 A	81
Gambar 4.9 Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik 0,5 A	85
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik 1,5 A	85
Gambar 4.11 Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik 2,5	86

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Dokumentasi (Foto) produk yang dihasilkan.....	90

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Pada era milenium abad ke-20 ini, banyak riset dan pengembangan mengenai energi alternatif, dilatarbelakangi ketersediaan energi fosil seperti minyak bumi, batu bara, gas bumi yang semakin berkurang dan butuh waktu lama untuk diproduksi kembali. Seperti kita ketahui bahwasanya penggunaan bahan bakar minyak seperti minyak tanah, bensin, solar, dan lain –lain , merupakan kebutuhan primer sektor industri, sektor transportasi, dan sektor rumah tangga. Menurut Abdul kadir (Kadir, 1982: 39) dalam tahun 1980 konsumsi dunia minyak adalah 63,5 juta barrel sehari atau 46,5% dari konsumsi dunia semua jenis energi. Hal ini membuktikan konsumsi minyak sangat mendominasi konsumsi energi dunia.

Dalam artian kebutuhan akan bahan bakar minyak sangat besar untuk menopang kebutuhan manusia, sebagai contoh seorang nelayan membutuhkan bahan bakar solar untuk menjalankan perahunya sehingga daerah jangkauan tangkapannya bisa lebih jauh dan hasil tangkapan lebih banyak bila dibandingkan dengan penggunaan perahu layar konvensional. Dapat disimpulkan kebutuhan bahan bakar berbanding kebalik dengan stok bahan bakar yang tersedia, dimana semakin banyak konsumsi atau penggunaan bahan bakar maka stok bahan bakar berkurang.

Maka berdasarkan penjabaran diatas diperlukan solusi untuk menghemat penggunaan bahan bakar minyak dengan pemanfaatan energi alternatif. Saat ini sudah banyak energi alternatif yang diterapkan seperti, pembangkit listrik tenaga

angin, tenaga air, tenaga panas bumi, *sollar cell*, *fuel cell*, *hydrogen energy* dengan tujuan yang sama yaitu mengurangi penggunaan bahan bakar minyak atau bahan bakar konvensional. Pengertian energi alternatif sendiri dapat dijabarkan sebagai energi yang dapat menggantikan energi konvensional (minyak bumi).

Dalam penelitian ini, peneliti membuat energi alternatif berdasarkan teori elektrolisis yang menghasilkan gas hidrogen dan oksigen atau biasa disebut dengan Gas HHO (*hydrogen hydrogen oxygen*). HHO merupakan energi *renewable* yang bahan baku utamanya adalah air, dimana ketersediaan air di bumi sangat melimpah dan dapat didaur ulang karena itu merupakan siklus air. Pada prinsipnya Gas Hidrogen bisa didapatkan dengan dua cara yaitu proses Gasifikasi Gas Alam dan proses Elektrolisis

Penjabaran mengenai Gas HHO sendiri merupakan hasil dari elektrolisa air murni (H_2O) dimana molekul air murni dipecah menjadi dua molekul hidrogen (H_2) dan satu molekul oksigen (O_2) dengan cara diberi tegangan listrik searah (DC) menggunakan perantara plat elektroda positif dan negatif sebagai sel elektrolisis.

Menurut Abdul Kadir (Kadir, 1982: 273) pada prinsipnya hal serupa dapat terjadi bila unsur zat air hidrogen (H) bersenyawa dengan unsur zat asam (O) terbentuk apa yang kita kenal sebagai air (H_2O) dengan membebaskan energi: $(2H_2 + O_2 \leftrightarrow 2 H_2O + Energi)$.

Dalam pemanfaatan Gas HHO ini akan diaplikasikan terhadap mesin Generator Set sebagai campuran bahan bakar dengan tujuan dapat menghemat penggunaan bahan bakar bensin.

Generator Set adalah gabungan mesin motor dengan Generator listrik yang di *couple* sehingga menghasilkan putaran yang bersamaan. Deskripsi cara kerjanya sendiri adalah Gas HHO di injeksikan ke ruang *manifold* yang kemudian gas diteruskan ke ruang bakar untuk di *mix* dengan Uap Bensin kemudian di ledakan pada suhu tertentu sehingga menghasilkan energi entalpi untuk menggerakkan piston.

Penelitian ini dibuat dengan tujuan meningkatkan kinerja mesin Generator Set dengan penambahan Gas HHO sebagai campuran bahan bakar alternatif. Dengan cara membandingkan penggunaan Genset dengan bahan bakar bensin full tanpa Gas HHO dan penggunaan bahan bakar bensin di tambah bahan bakar Gas HHO dengan beban listrik 0,5 A, 1,5 A, dan 2,5 A.

Oleh karena itu penulis ini bertujuan untuk membuat penelitian yang berjudul **“PENINGKATAN UNJUK KERJA GENERATOR SET KAPASITAS 1100 WATT DENGAN PENAMBAHAN GAS HHO (*HYDROGEN HYDROGEN OXYGEN*) SEBAGAI CAMPURAN BAHAN BAKAR ”**.

Dan yang akan di teliti dari alat ini adalah waktu pemakaian mesin Generator Set sebelum menggunakan Gas HHO dan setelah Menggunakan Gas HHO, serta penggunaan biaya pemakaian bensin.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas ada beberapa masalah yang dapat diidentifikasi, yaitu :

- 1) penggunaan bahan Bakar minyak pada sektor rumah tangga, industri dan transportasi masih mendominasi

- 2) Gas HHO(hydrogen hydrogen oxygen) dapat digunakan sebagai solusi energi alternatif bahan bakar minyak
- 3) Dibutuhkan pembuatan alat Penghasil Gas HHO (hydrogen hydrogen oxygen) dan modifikasi pada Generator Set
- 4) Adanya peningkatan kinerja pada mesin Generator set sebelum dan sesudah Menggunakan Gas HHO perlu di lakukan penelitian untuk mengetahui dari segi apa saja peningkatannya.
- 5) biaya pemakaian bensin pada mesin Generator set dapat dihemat setelah menggunakan Gas HHO sebagai campuran bahan bakar

1.3 Batasan Masalah

Berdasarkan latar belakang serta uraian identifikasi masalah maka untuk lebih menspesifikasikan penelitian, dilakukan pembatasan ruang lingkup penelitian yaitu :

- 1) supply listrik (AC) dari PLN adalah 220 volt dan 1,6 A atau 352 watt
- 2) Generator Gas HHO bekerja menggunakan 8 tabung elektrolisa dengan supply energi arus searah (DC) dengan masing masing sumber tegangan 2,5 Volt
- 3) Air yang digunakan air mineral/air PAM, dicampur dengan katalis KOH 60 gr (kalium oksida hidroksida)
- 4) Plat yang digunakan PLAT Stainless steel dengan ukuran 30 cm x 3 cm dan tebal 1 mm
- 5) Jumlah plat 18 (9 positif dan 9 negatif) di rangkai Paralel

- 6) Generator set 4 tak 1100 watt digunakan sebagai media uji tes peningkatan kinerja Generator Set sebelum menggunakan Gas HHO dan sesudah menggunakan Gas HHO
- 7) Generator Set diberi beban 0,5 A(kecil) 1.5(sedang), dan 2,5(berat) Ampere untuk pengujian.
- 8) Jumlah bensin yg di gunakan 100, 200, 300, 400, 500 ml untuk pengujian

1.4 Perumusan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah dan batasan masalah, maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah, bagaimana peningkatan unjuk kerja Generator Set kapasitas 1100 watt dengan penambahan Gas HHO (*hydrogen hydrogen oxygen*) tipe *wet cell* sebagai campuran bahan bakar

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat baik dari segi pendidikan, keilmuan maupun dari segi praktis yaitu :

- 1) Dari segi pendidikan, penelitian ini bisa dijadikan sebagai khasanah pengetahuan pada mata kuliah energi alternatif
- 2) Dari segi keilmuan, hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan memberikan kontribusi untuk mengembangkan ilmu khususnya dalam masalah energi alternatif
- 3) Dari segi praktis, hasil penelitian ini dapat di gunakan sebagai referensi alat penghemat bahan Bakar minyak pada generator Set

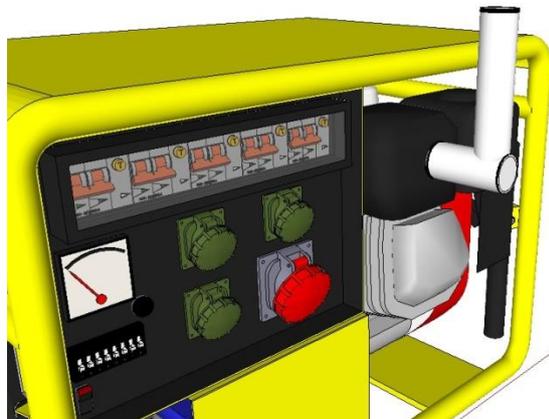
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Teoritis

2.1.1 Generator Set

Disebut sebagai Generator set dengan pengertian adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu *engine* dan generator atau alternator. *engine* biasanya mesin diesel atau mesin bensin sebagai perangkat pemutar sedangkan generator atau alternator sebagai perangkat pembangkit listrik.



Gambar 2.1. Generator Set Bensin 4 Tak

Engine dapat berupa perangkat mesin berbahan bakar solar atau bensin, sedangkan generator atau alternator merupakan kumparan atau gulungan tembaga yang terdiri dari stator(kumparan statis) dan rotor (kumparan berputar).

Generator set menggunakan motor pembakaran dalam jenis spark egnition engines (*SIE*). Menurut Astu dan djatu (pudjanarsa,nursuhud, 2013: 77) motor otto Merupakan mesin pengkonversi energi tak langsung, yaitu dari energi bahan bakar menjadi energi panas dan kemudian baru menjadi energi mekanik. Jadi,

energi kimia bahan bakar tidak dikonversikan langsung menjadi energi mekanik. Bahan bakar standar motor bensin adalah iso-oktan (C_8H_{18}). Efisiensi pengonversian energinya berkisar 30%. Hal ini karena rugi – rugi: 50% rugi panas, gesek atau mekanik, dan pembakaran tak sempurna .

Sistem siklus kerja motor bensin dibedakan atas motor bensin dua langkah (*two stroke*) dan empat langkah (*four stroke*).

2.1.1.1 Prinsip Unjuk Kerja Generator Set

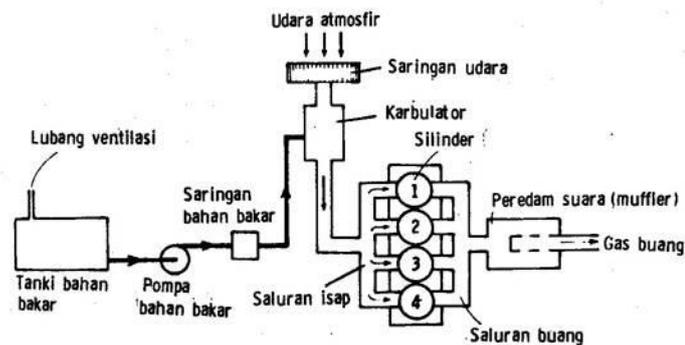
Pada prinsip nya generator set bekerja menggunakan konversi energi tak langsung, mulanya dengan energi bahan bakar menjadi energi kalor/panas dan kemudian baru menjadi energi mekanik. Jadi energi kimia bahan bakar tidak dikonversikan langsung menjadi energi mekanik perlu dilakukan pembakaran terlebih dahulu supaya menghasilkan energi mekanik, kemudian energi mekanik yaitu motor penggerak mula (*prime mover engine*) memutar rotor Generator yang sudah di kopel, setelah kedua poros terhubung dan berputar maka akan terjadi induksi medan magnet dan akan membangkitkan gaya gerak listrik (GGL) seperti halnya hukum faraday.

$$N_s = \frac{120.f}{p}$$

Kecepatan putaran (Ns)

Frekuensi (f)

Jumlah kutub per lilitan (p)



Gambar 2.2. Prinsip Kerja Motor Bakar 4 Langkah

Gambar diatas adalah prinsip kerja motor bakar 4 tak yang di gunakan generator set bensin. yang terdiri dari tangki bahan bakar, saringan udara, karburator, saluran isap, piston 4 langkah, dan diakhiri dengan saluran gas buang.

2.1.1.2 Teori Motor Pembakaran Dalam 4 Langkah

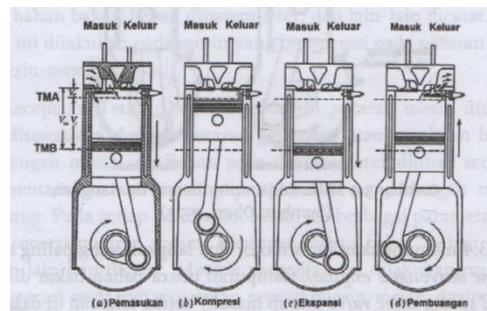
Bahan bakar pada umumnya merupakan suatu senyawa yang mengandung unsure hidro karbon. Hampir semua jenis bahan bakar yang beredar dipasaran berasal dari minyak bumi beserta turunannya yang kemudian diolah menjadi berbagai macam dan jenis bahan bakar. Bahan itu sendiri sangat diperlukan dalam proses pembakaran yang terjadi di ruangbakar. Bahan bakar yang digunakan motor bakar,.

Mengacu kepada hukum termodinamika pertama energi itu lestari. Energi tidak dapat diciptakan dan tidak dapat dimusnahkan tetapi dapat dikonversi dari bentuk satu ke bentuk lain. Hal ini adalah idea hukum termodinamika pertama (Pudjanarsa,Nursuhud, 2012: 15)

Pada proses pembakaran khususnya pada motor bensin menggunakan prinsip kerja motor pembakaran dalam seperti contohnya motor bensin 2 tak dan 4 tak, motor diesel dan turbin gas siklus terbuka dan menurut Pudjanarsa, Nursuhud

(Pudjanarsa, Nursuhud, 2012: 65). Motor diesel dan turbin gas siklus terbuka menggunakan motor pembakaran dalam adalah mesin yang menggunakan fluida kerja/gas panas hasil pembakaran dimana antara medium yang memanfaatkan gas panas hasil pembakaran dengan fluida kerjanya tidak dipisahkan oleh dinding pemisah

Pada Motor Bensin 4 tak menggunakan 4 langkah kerja yaitu yang pertama pemasukan, kedua Kompresi, ketiga ekspansi, keempat pembuangan, langkah kerja motor bensin 4 tak bisa dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.3. Kerja Motor Bensin 4 Tak

Menurut pudjanarsa dan nursuhud (pudjanarsa, nursuhud, 2012: 79) motor bensin 4 langkah adalah motor yang pada setiap 4 langkah torak/piston (dua putaran engkol) sempurna menghasilkan satu tenaga kerja.

4 langkah kerja itu dimulai dari **pemasukan** yaitu proses penghisapan gas ke ruang bakar dimana katup masuk terbuka dan menutup setelah langkah ini berakhir, kemudian **kompresi** yaitu proses pendorongan gas ke atas dimana kedua katup tertutup dan ruangan vacuum untuk di lakukan proses pembakaran, lalu **ekspansi** yaitu proses pada saat piston berada pada titik mati atas dan berakhir sekitar 45^0 sebelum titik mati bawah. Gas bertekanan tinggi menekan piston turun dan memaksa engkol berputar, dan terakhir **pembuangan** dimulai ketika piston

mencapai titik mati bawah, katup buang membuka dan piston menyapu keluar sisa gas pembakaran hingga piston mencapai titik mati atas.

Jadi pada Motor Bensin 4 tak menggunakan 4 langkah kerja yaitu yang pertama pemasukan, kedua Kompresi, ketiga ekspansi, keempat pembuangan



Gambar 2.4. Pembakaran Gas Di ruang Bakar

Dari gambar diatas adalah proses kerja gas di ruang bakar, yang pertama adalah gas penguapan bahan bakar bensin, dan yg kedu adalah gas bahan bakar bensin di campur dengan Gas Hidrogen.

2.1.1.3 Parameter Unjuk Kerja Mesin Genset

Adapun parameter unjuk kerja mesin Genset yang perlu diketahui adalah sebagai berikut (Wirawan, Kawano, 2014: 2) :

1) Daya Efektif (N_e)

Daya mesin merupakan daya yang diberikan untuk melawan beban yang diberikan. Beban yang dimaksud adalah generator listrik. Generator listrik akan memberikan beban pada mesin diesel ketika ada listrik yang dibutuhkan. Daya yang dihasilkan pada mesin diesel yang dikopel dengan generator listrik dapat dihitung berdasarkan beban pada generator listrik dengan perumusan sebagai berikut :

$$N_e = \frac{V \times I}{\eta_{gen} \times 1000} = Kwatt$$

Dimana : V = tegangan listrik (volt)
 I = Arus listrik (Ampere)
 η_{gen} = efisiensi mekanisme generator (0,85)

2) Torsi (T)

Torsi merupakan ukuran kemampuan mesin untuk menghasilkan kerja. Torsi adalah hasil perkalian gaya tangensial dengan lengannya.

$$T = \frac{Ne}{2\pi} N.m$$

Dimana : Ne = daya efektif (watt)
 n = rpm

3) Tekanan Efektif Rata – Rata

Tekanan efektif rata-rata adalah besarnya tekanan konstan pada piston saat bergerak dari titik mati atas (TMA) ke titik mati bawah (TMB).

$$Bmep = \frac{Ne \times z}{A \times L \times n \times i} \text{ pa}$$

Dimana : Ne = daya efektif (watt)
 A = luas penampang torak (m^2)
 L = panjang langkah torak (m)
 i = jumlah silinder
 n = putaran engine (rpm)
 z = 1 (mesin 2 langkah) atau 2 (mesin 4 langkah)

4) Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (sfc)

Merupakan ukuran pemakaian bahan bakar oleh suatu engine, yang diukur dalam satuan massa bahan bakar per satuan keluaran daya atau juga dapat

didefinisikan sebagai laju aliran bahan bakar yang dipakai oleh motor untuk menghasilkan tenaga.

$$Sfc = \frac{m_{bb} \times 3600}{Ne \times s} \text{Kg/Kwatt.jam}$$

Dimana : Ne = Daya efektif (KWatt)

Mbb = massa bahan bakar (kg)

s = waktu konsumsi bahan bakar (detik)

5) Efisiensi Thermal (η_{th})

Efisiensi thermal adalah ukuran besarnya pemanfaatan energi panas yang tersimpan dalam bahan bakar untuk diubah menjadi daya efektif oleh mesin pembakaran dalam. Secara teoritis dituliskan dalam persamaan :

$$\eta_{th} = \frac{1}{sfc \times NKB} \times 100\%$$

Dimana : Sfc = konsumsi bahan bakar spesifik (kg/KWatt.jam)

NKB = nilai kalor bawah bahan bakar (kj/kg)

6) Perhitungan Konsumsi BBM Genset

Untuk mengetahui konsumsi BBM untuk mesin Genset (generator set) menambahkan gaya yang digunakan lebih dari 50% dari kapasitas daya maksimal genset pada umumnya sebagai berikut :

$$K \times P \times t$$

Dimana : K : Faktor ketetapan konsumsi solar perkilowatt perjam

P : Daya genset KVA (kilovolt ampere)

T : waktu (jam)

2.1.1.4 Perhitungan Pemakaian Beban pada Genset

Dibawah ini adalah beberapa perhitungan Beban pada Genset menurut (bachri, 2015: 655)

- 1) Perhitungan Pemakaian kWh :

$$\text{Daya(watt)} = \text{Beban(ampere)} \times 220 \text{ volt(output genset)}$$

$$\text{WH(watt hour)} = \text{Daya(watt)} \times \text{durasi waktu pemakaian genset(jam)}$$

$$\text{KWH(kilo watt hour)} = \frac{\text{WH(watt hour)}}{1000} = \dots\dots\dots \text{ kWh}$$

- 2) Perhitungan Harga Listrik Rata-Rata Rupiah per kWh :

$$\text{Harga rupiah per kWh} = \frac{\text{harga tarif(BBM bensin)}}{\text{pemakaian kWh}} = \text{Rp} \dots\dots\dots, - \text{ per kWh}$$

Atau sama dengan :

$$\frac{\text{Rp.harga tarif(BBM bensin)}}{1000} = \text{Rp} \dots\dots\dots, - \text{ per watt}$$

- 3) Perhitungan Pemakaian per Hari :

$$((\text{daya pemakaian} / 1000) \times \text{lama pemakaian(jam)}) \times \text{Rp. Tarif}^{\text{Rp/kWh}}, -$$

$$(\text{ pemakaian kWh}) \times \text{Rp. Tarif}^{\text{Rp/kWh}}, -$$

Rp.pemakaian per hari

- 4) Perhitungan Pemakaian per Bulan :

$$((\text{daya pemakaian} / 1000) \times \text{lama pemakaian(jam)}) \times \text{Rp. Tarif}^{\text{Rp/kWh}}, -$$

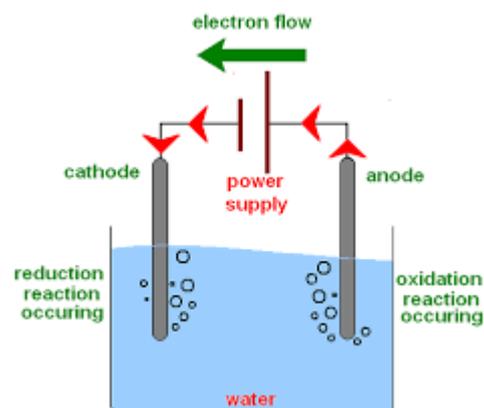
$$(\text{ pemakaian kWh}) \times \text{Rp. Tarif}^{\text{Rp/kWh}}, -$$

Rp.pemakaian per hari x 30

Rp.pemakaian per bulan.

2.1.2 Gas HHO (HYDROGEN HYDROGEN OXYGEN)

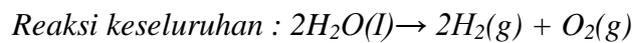
Gas HHO merupakan produk dari elektrolisa air murni (H_2O) dimana molekul air murni dipecah menjadi 2 molekul hidrogen (H_2) dan I molekul oksigen (O_2). Gas hidrogen adalah partikel yang sangat kecil, menghantam partikel lain, dan memotongnya menjadi partikel lebih kecil menjadi lebih kecil lagi. Menurut Hidayatullah dan Mustari (Hidayatullah dan Mustari, 2008: 54) gas hidrogen memperkaya campuran bahan bakar yang menjadikan kandungan oktannya (*octan rating*) meningkat dengan oksigen, dan mampu membakar lebih banyak dan lebih sempurna. Pada tahun 1974 Yull Brown seorang warga negara Australia yang berdomisili di kota sydney telah berhasil mematenkan gas yang menghasilkan campuran hidrogen dan oksigen itu secara sempurna, dan mampu menggerakkan mesin dengan bahan bakar air yang diberi nama *brown gas* (Hidayatullah dan Mustari, 2008: 9).



Gambar 2.5. Proses Elektrolisa

Proses elektrolisis air dapat terjadi beberapa reaksi antara lain asam, basa maupun dengan setengah reaksi asam ataupun basa (alkaline electrolysis). Jika elektrolit yang digunakan adalah larutan basa seperti KOH, NaOH (basa dari

golongan periode IA, alkali tanah) maka akan terjadi reaksi basa. Pada reaksi basa, reaksi reduksi terjadi di katoda dimana molekul air mengikat elektron (e^-) sehingga terpecah menjadi gas $H_2(g)$ dan anion OH^- . Anion OH^- tersebut kemudian tertarik kesisi anoda dan terpecah menjadi gas oksigen dan molekul $H_2O(l)$, sebagaimana dapat dilihat pada persamaan reaksi kimia berikut menurut riyanto (riyanto, 2013: 22).



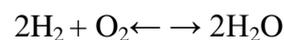
Gas hidrogen mempunyai beberapa karakteristik yaitu : tidak berwarna, mudah terbakar (*flammeble*), sangat ringan, dan sangat mudah bereaksi dengan zat kimia lainnya. Namun Gas HHO pada kondisi normal tidak akan terbakar dengan sendirinya tanpa ada sulutan api. Pembakaran Gas hidrogen dengan oksigen tersebut dapat menghasilkan 241,83kJ/molH₂ (candra,2013:4).

2.1.2.1 Hidrogen Sebagai Bahan Bakar

Hidrogen merupakan unsur kimia yang memiliki simbol H dan nomor atom 1 pada tabel periodik. Pada suhu dan tekanna standar, hidrogen tidak berbau, tidak berwarna, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Dengan masa atom 1,00794 amu, hidrogen adalah unsur teringan di dunia. Sifat hidrogen yang reaktif, sehingga keberadaannya di bumi terdapat dalam bentuksenyawa air sebanyak 11,1 %, hidrokarbon seperti gas alam sebanyak 25%, minyak bumi 14%, dan karbohidrat 6%.

Gas hidrogen bersifat *flammable*. Pada konsentrasi serendah 4% H₂ di udara bebas akan menyebabkan terbakarnya gas hidrogen. Menurut (achmad,baradja,2012:130) Entalpi pembakaran hidrogen adalah -286 kJ/mol. Nyala pembakaran hidrogen murni dengan oksigen murni berwarna ultraviolet yang hampir tidak terlihat dengan kasat mata. Ketika dicampur dengan oksigen dalam berbagai perbandingan, hidrogen meledak seketika apabila disulut api dan akan meledak sendiri pada temperatur 560⁰C.

Dalam peristiwa elektrolisis air, akan dihasilkan H₂ dan O₂. Apabila kedua unsur tersebut dicampur kemudian disulut dengan api, maka akan menghasilkan energi dan kedua unsur tadi akan menghasilkan senyawa H₂O. Secara kimia persamaan reaksi yang terjadi dapat digambarkan seperti ini :



↓

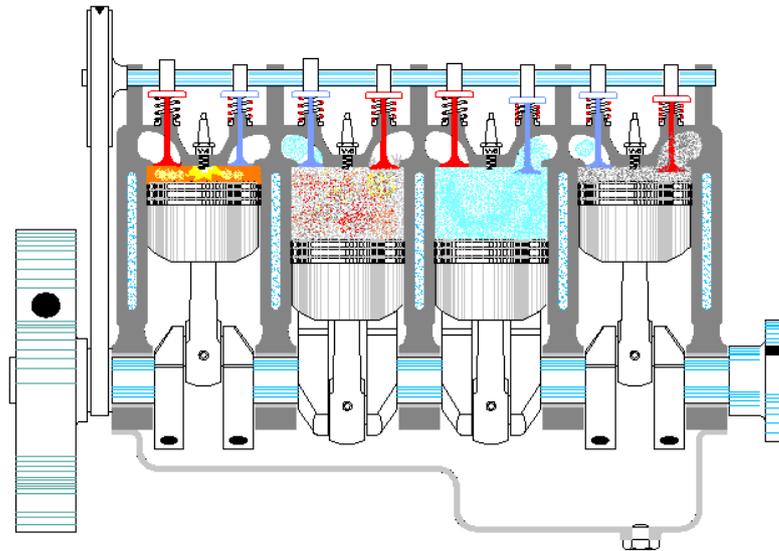
Energi

Dari persamaan tersebut terlihat sebuah reaksi pembakaran sempurna. Dimana molekul – molekul tersebut terbakar menjadi H₂O dan tanpa menghasilkan zat polutan seperti CO₂. Keuntungan penggunaan hidrogen sebagai bahan bakar yaitu :

- 1) Satu cuplikan hidrogen bila disulut api akan menghasilkan energi sebanyak tiga kali energi yang dihasilkan oleh bensin dengan berat yang sama.
- 2) Dalam mesin kendaraan bermotor hidrogen akan terbakar lebih efisien jika dibandingkan bahan bakar lain.

- 3) Pembakaran hidrogen kurang menghasilkan polusi. Polutan yang terjadi hanya berupa oksida nitrogen yang terjadi jika suhu pembakaran sangat tinggi.
- 4) Mesin yang menggunakan hidrogen mudah diubah agar dapat menggunakan hidrogen sebagai bahan bakar.

Gambar 2.6. Injeksi Gas HHO ke Ruang Bakar Melalui Intake Manifold



Gambar 2.7. Proses Kerja Piston Saat Pembakaran Gas

2.1.2.2 Generator Gas HHO

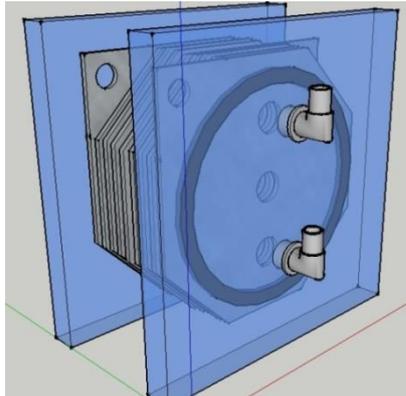
Generator Gas HHO adalah tempat terjadinya proses elektrolisis yang terdiri dari elektroda sebagai komponen utama, dan air sebagai bahan elektrolisisnya. Generator Gas HHO adalah seperangkat alat yang digunakan untuk merubah air menjadi gas hidrogen, proses yang berlangsung dalam alat tersebut adalah peristiwa elektrolisis. Elektrolisis adalah proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia, dalam peristiwa elektrolisis terdapat katoda dan anoda yang

dihubungkan dengan arus listrik searah. Pada katoda, dua molekul air akan bereaksi dengan menangkap dua elektron, kemudian tereduksi menjadi gas hidrogen (H_2) dan ion hidroksida (OH^-). Sementara itu, pada anoda akan terjadi penguraian air menjadi gas oksigen (O_2) dan melepaskan 4 ion H^+ , serta mengalirkan elektron ke katoda. Gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan kemudian dapat dikumpulkan dan digunakan sebagai bahan bakar.

Katoda dan anoda pada generator elektrolisis penghasil gas hidrogen disebut dengan cell. Cell tersebut dihubungkan dengan arus listrik searah. Cell yang terhubung dengan arus listrik searah secara langsung (direct connection). Generator Gas HHO sampai saat ini terdapat 2 tipe yaitu :

1) Generator Gas HHO Tipe Dry Cell

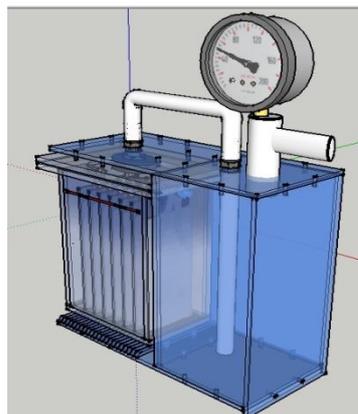
Dry cell adalah pembangkit Gas Hidrogen yang elektrodanya tidak terendam elektrolit. Sistemnya dengan membuat air (*water reservoir*) sebagai bahan baku terpisah dengan tempat terjadinya elektrolisis air. *Water reservoir* dibuat sebagai penampungan air biasa dan tidak ada sistem rumit didalamnya seperti pengontrolan dan sebagainya. Sedangkan tempat terjadinya elektrolisis terdiri dari dua buah plat konduktor yang diberi jarak dengan seal. Kemudian air dimasukkan ke dalam tempat terjadinya elektrolisis tersebut dengan melubangi plat yang ada di dalam dan plat tersebut diberikan beda potensial.



Gambar 2.8. Generator HHO Tipe Dry Cell

2) Generator Gas HHO Tipe Wet Cell

Wet cell adalah generator elektrolisis HHO, dimana plat elektrodanya terendam elektrolit di dalam sebuah bejana air. Sistemnya yaitu dengan menempatkan air pada suatu wadah dan menempatkan dua buah plat konduktor sebagai anoda dan katoda dalam air. Kemudian plat tersebut diberikan sumber arus searah atau direct current (DC) (kutub positif sebagai anoda dan kutub negatif sebagai katoda).



Gambar 2.9. Generator HHO Tipe Wet Cell

2.1.2.3 Prinsip Kerja Generator Gas HHO Tipe Wet cell

Generator Gas HHO tipe wet cell bekerja berdasarkan prinsip elektrolisis air. Elektrolisis merupakan proses kimia yang merubah energi listrik menjadi energi

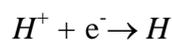
kimia atau proses dekomposisi dalam suatu elektrolit oleh arus listrik. Elektrolisis air adalah proses untuk menghasilkan gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) dengan pemanfaatan energi listrik pada sistem, yaitu menggunakan sumber arus listrik searah (DC). Arus searah dialirkan pada elektroda yang terdiri dari elektroda positif dan elektroda negatif. Elektroda positif adalah plat konduktor yang diberi tegangan positif dan elektroda negatif adalah plat konduktor yang diberi tegangan negatif. Proses elektrolisis ditemukan oleh Faraday tahun 1820. Persamaan kimia elektrolisis air adalah sebagai berikut :



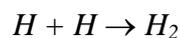
Terjadi tekanan listrik pada elektroda negatif (katoda) untuk mendorong elektron ke dalam air dan pada anoda (elektroda positif) terjadi penyerapan elektron. Molekul air dekat katoda terurai menjadi ion hidrogen positif (H^+) dan ion hidroksida (OH^-).



H^+ merupakan proton terbuka, bebas untuk menangkap elektron (e^-) dari katoda, kemudian menjadi atom hidrogen biasa dan netral.

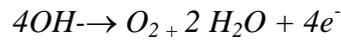


Atom hidrogen ini berkumpul dengan atom hidrogen lain dan membentuk molekul gas dalam bentuk gelembung dan kemudian naik ke permukaan.



Elektroda negatif (katoda) telah menyebabkan ion hidroksida (OH^-) untuk bergerak ke anoda. Ketika mencapai anoda, anoda akan melepas kelebihan elektron yang diambil oleh hidroksida dari atom hidrogen sebelumnya, kemudian

ion hidroksida bergabung dengan molekul hidroksida yang lain dan membentuk 1 molekul oksigen dan 2 molekul air :



Molekul oksigen ini sangat stabil dan kemudian gelembungnya naik ke permukaan. demikian seterusnya dan terjadi pengulangan proses. Reaksi – reaksi tersebut terjadi hanya tergantung pada jenis kation dalam larutan. Jika kation beraal dari logam dengan potensial electrode lebih rendah dari pada air, maka air yang akan tereduksi.

2.1.2.4 Komponen Generator Gas HHO

1) Stainless Steel

Stainless steel pada dasarnya adalah baja paduan logam besi (Fe) dengan unsur paduan utama Carbon (C), Nikel (Ni), dan chromium (Cr). *Stainless steel* merupakan logam paduan yang memiliki konduktifitas dan ketahanan terhadap korosi yang relatif lebih baik di banding logam logam paduan ataupun logam murni lainnya dan harganya juga relatif lebih terjangkau.



Gambar 2.10. Stainless Steel

2) Tabung Generator

Berfungsi sebagai tempat terjadinya elektrolisa antara air dengan elektroda dan menghasilkan Gas HHO.



Gambar 2.11. Tabung Generator HHO

3) Selang Injeksi

Berfungsi sebagai selang yang mengalirkan gas dari generator HHO ke generator SET.



Gambar 2.12. Selang Injeksi

4) Bubbler

Sebagai penjebak air/*water trap* sekaligus pengaman terakhir supaya tidak terjadi tekanan gas balik ke dalam generator HHO.



Gambar 2.13. Bubbler

5) Larutan Elektrolit

Berfungsi sebagai katalis/elektrolit merupakan suatu zat yang ketika dilarutkan dalam air akan menghasilkan larutan yang dapat menghasilkan arus listrik.



Gambar 2.14. NaOH

6) Check Valve

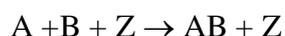
Check valve ini membuat gas hanya mengalir pada satu arah saja, *check valve* ini adalah bagian dari pengamanan sehingga gas tidak berbalik



Gambar 2.15. Check Valve

2.1.3 Katalis KOH (*kalium oksida hidroksida*)

Untuk mempercepat proses elektrolisis pada Generator Gas HHO, diperlukan katalis. Katalis merupakan senyawa yang dapat mempengaruhi kecepatan reaksi. kebanyakan katalis berfungsi untuk mempercepat reaksi. Namun, juga terdapat katalis yang memperlambat reaksi. Katalis jenis tersebut disebut inhibitor. meskipun katalis berperan dalam mempengaruhi kecepatan reaksi, tetapi katalis tidak ikut bereaksi. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada persamaan kimia berikut ini :



Zat A bereaksi dengan zat B, kemudian ditambahkan katalis Z, pada akhir reaksi diperoleh produk reaksi AB dan katalis Z, jadi katalis Z tidak ikut bereaksi. Pada penelitian ini digunakan katalis kalium hidroksida (KOH) untuk mempercepat laju reaksi menghasilkan gas Hidrogen dan oksigen. KOH adalah senyawa basa yang memiliki sifat elektrolit kuat. Apabila KOH dicampur ke dalam air, maka air tersebut akan memiliki konduktivitas yang dapat menghantarkan arus listrik.



Gambar 2.16. KOH

2.1.4 Unjuk Kerja Generator Gas HHO

Unjuk kerja sebuah generator Gas HHO meliputi parameter unjuk kerja laju produksi Gas, volume gas, suhu generator, dan efisiensi. Untuk mengetahui laju produksi gas, volume gas secara teoritis, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan hukum faraday dan gas ideal. Suhu generator Gas HHO diperoleh dengan melakukan pengukuran menggunakan termometer digital pada tabung generator. Dan efisiensi generator Gas HHO dihitung dengan membandingkan energi elektrolisis secara teoritis dan energi aktual.

2.1.4.1 Parameter Unjuk Kerja Generator Gas HHO

Adapun untuk karakteristik dari parameter unjuk kerja Gas HHO yang perlu diketahui adalah sebagai berikut :

- 1) Daya yang dibutuhkan Generator HHO (PHHO).

Daya yang dibutuhkan generator HHO untuk menghasilkan Gas HHO dengan melalui proses elektrolisis. Perumusan untuk mencari daya yang dibutuhkan adalah :

$$P = V \times I$$

Dimana :

P : Daya yang dibutuhkan generator HHO (watt)

V : Beda potensial / voltase (volt)

I : Arus listrik (ampere)

- 2) Laju Produksi Gas HHO

Produk utama proses elektrolisa air pada generator Gas HHO adalah Gas HHO sehingga untuk mengetahui seberapa baik kerja dari generator HHO, untuk itu

perlu diketahui berapa banyak Gas HHO yang dihasilkan oleh generator tersebut. Untuk menghitung *mass flowrate* Gas HHO dapat dicari dengan persamaan berikut

$$\dot{m} = Q \times \rho$$

Dimana :

\dot{m} : Laju produksi gas HHO (kg/s)

Q : Debit produksi gas HHO (m³/s)

ρ : Massa jenis HHO (kg/ m³)

Dengan perumusan debit produksi gas HHO :

$$Q = \frac{V}{t}$$

Dimana :

V : Volume gas terukur (m³)

T : Waktu produksi gas HHO (s)

3) Hambatan Jenis Elektroda

Adanya perbedaan potensial listrik menyebabkan Adanya aliran arus dan tegangan. Semakin besar beda potensial, maka arus listrik yang mengalir melalui elektroda juga semakin besar. Elektroda dipengaruhi oleh dimensi elektroda dan hambatan jenis elektroda itu sendiri. Secara rumusan :

$$I = V/R \quad R = \frac{\rho \cdot l}{A}$$

Dimana:

ρ = hambatan jenis logam (Ωm)

l = panjang elektroda (m)

A = luas penampang (m^2)

4) Volume Produksi Gas

Berdasarkan Hukum Faraday untuk elektrolisis, massa dari bahan yang berubah pada permukaan dari tiap elektroda tergantung pada jumlah elektron yang melalui sel. Volume dari gas elektrolitik dapat dituliskan sebagai berikut :

$$V = \frac{RITt}{FPz}$$

dimana :

V : adalah volume Gas yang dihasilkan dalam liter

R : adalah konstanta gas ideal ($=0,0820577 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$)

I : adalah arus dalam ampere

T : adalah temperature dalam kelvin

t : adalah waktu dalam sekon

F : adalah konstanta Faraday ($=96485.31 \text{ C mol}^{-1}$)

p : adalah tekanan standar dalam atmosfer

z : adalah jumlah elektron yang terlepaskan ($=2$ untuk H_2)

5) Panas

Panas yang timbul akibat adanya resistansi pada plat konduktor (plat aluminium) akan menyebabkan panas, panas timbul akibat adanya resistansi pada plat konduktor dikalikan dengan kuadrat arus. Sebagai berikut :

$$P = I^2 \times R$$

I : merupakan arus eddy yang terjadi akibat perubahan medan magnet

R : merupakan hambatan dalam konduktor

2.1.5 Power Supply IGBT Inverter Pro 120 welder

Power supply adalah sebuah alat atau perangkat keras yang mampu menyuplai tenaga atau tegangan listrik secara langsung dari sumber tegangan listrik ke tegangan listrik yang lainnya. Power supply memiliki input dari tegangan bolak balik (AC) dan mengubahnya menjadi tegangan Searah (DC) lalu menyalurkannya ke beban listrik. Power supply IGBT inverter pro 120 welder adalah seperangkat switching alat catu daya las/*welder* untuk las, penggunaan power supply ini digunakan untuk membangkitkan Gas HHO melalui proses elektrolisa dengan di beri arus DC tinggi (50 Ampere) namun dengan tegangan DC rendah(2,5 Volt).



Gambar 2.17. Power Supply IGBT inverter welder

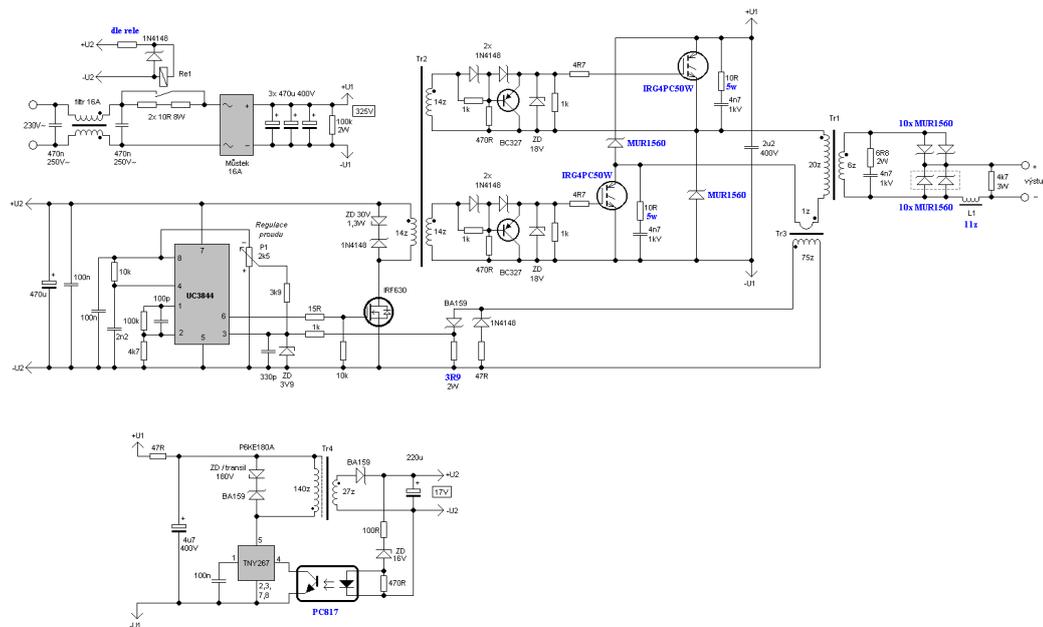
Karakteristik IGBT inverter adalah frekuensi inverter 43 KHz, yang mengurangi suara dan berat unit komponen keseluruhan, juga pengurangan gelombang magnetik dan resistansi menjadikannya hemat energi, IGBT atau Transistor dwikutub gerbang-terisolasi adalah piranti semikonduktor merupakan gabungan antara BJT dan MOSFET. Biasa berfungsi sebagai komponen saklar untuk sebuah aplikasi daya. IGBT merupakan komponen utama yang aplikasinya

ada pada AC drive, seperti Inverter, VSD, servo drive, vector drive, stepper drive, bahkan sebagian besar power supply switching menggunakan komponen ini.

Dibawah ini adalah parameter teknik dan skematik power supply IGBT inverter.

Tabel 2.1. Spesifikasi Power Supply IGBT Inverter

Parameter teknik	Model PRO 120
Volt	AC 240 V \pm 15% 50/60 HZ
Daya	900 watt
Arus	20~120 A
Volt – tanpa beban	68 V
Efisiensi total	85%
Kelas proteksi panel	21S
Faktor listrik	0,65 cos ϕ
Kelas isolasi	F
standard	EN60974-1
kebisingan	<70 db
ukuran	295*125*270 mm
berat	4 Kg



Gambar 2.18. Skema Alat Power Supply IGBT Inverter Welder Pro 120

2.2 Konsep Prosedur Penelitian

Elektrolisis adalah proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia, dalam peristiwa elektrolisis terdapat katoda dan anoda yang dihubungkan dengan arus listrik searah. Menurut riyanto (riyanto, 2012: 18,19) salah satu contoh penggunaan sel elektrolisis adalah pemecahan air menjadi gas hidrogen dan oksigen. Pada katoda, dua molekul air akan bereaksi dengan menangkap dua elektron, kemudian tereduksi menjadi gas hidrogen (H_2) dan ion hidroksida (OH^-). Sementara itu, pada anoda akan terjadi penguraian air menjadi gas oksigen (O_2) dan melepaskan 4 ion H^+ , serta mengalirkan elektron ke katoda. Gas hidrogen dan oksigen yang bercampur dinamakan Gas HHO.

Pada penelitian ini penulis menghasilkan Gas HHO melalui proses elektrolisis, dengan membangkitkan menggunakan listrik searah (DC) sebagai pemecah H_2O

menjadi sifat aslinya yaitu Gas dengan nilai 2 Hidrogen dan 1 oksigen atau disebut HHO (*hydrogen hydrogen oxygen*)

Gas HHO diinjeksikan ke ruang Bakar motor Genset sebagai campuran Bahan bakar genset, dengan harapan dapat meningkatkan kinerja mesin Genset dan mengurangi pemakaian bensin sehingga di dapat penghematan, Menurut (achmad,baradja,2012:130)Entalpi pembakaran hidrogen adalah -286 kj/mol. Sehingga memungkinkan untuk dijadikan bahan bakar. Gas Hidrogen dapat terbakar dalam oksigen sehingga membentuk air dan menghasikan energi (achmad,baradja,2012:131).

Generator set adalah seperangkat gabungan motor dan generator listrik, dimana dari poros motor dan poros generator listrik di kopel dan berputar konstan bersamaan, sehingga menghasilkan gaya gerak listrik (GGL) di sisi generator.

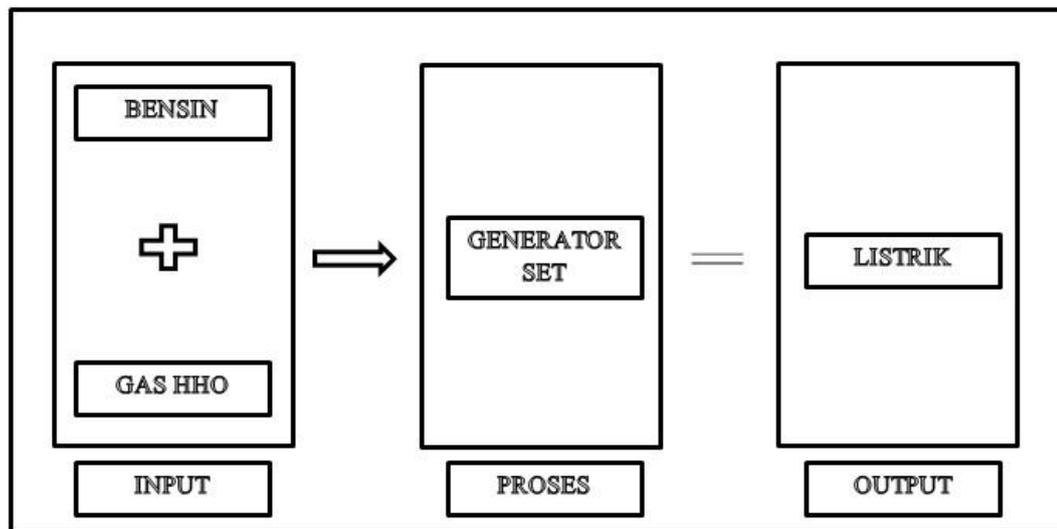
Pada penelitian ini penulis melakukan penelitian untuk meningkatkan unjuk kerja mesin generator set kapasitas 1100 watt dengan penambahan Gas HHO (*hydrogen hydrogen oxygen*) sebagai campuran bahan bakar. dengan parameter pengujian yaitu, perbandingan pemakaian bensin terhadap waktu nyala genset dengan beban 0,5 A 1,5 A 2,5 A sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO, perbandingan pemakaian bensin terhadap KWH genset dihasilkan dengan beban 0,5 A 1,5 A 2,5 A sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO, perbandinga Konsumsi bahan bakar spesifik.

2.3 Blok Diagram

Pada Gambar Dibawah ini dapat dilihat blok diagram yang menunjukkan bahwa terdapat tiga bagian penting dalam penelitian alat ini yaitu : *input*, proses, dan *output*. Bagian input adalah bahan bakar yang digunakan yaitu bensin dan Gas HHO digunakan bersamaan dengan cara *mix* campur yang akan di konversi dari energi kimia menjadi energi listrik. proses terdapat Pada Mesin Generator set sebagai alat pengubah energi kimia menjadi mekanik. dan bagian output adalah listrik hasil konversi energi mekanik genset menjadi energi listrik.

Bahan bakar yg digunakan adalah Bensin sebagai bahan bakar utama generator set dan gas HHO adalah bahan bakar campuran/*mix* yang berfungsi sebagai pendukung bahan bakar bensin untuk meningkatkan performa genset. Gas HHO di dapat melalui proses elektrolisa air dengan dibangkitkan menggunakan listrik searah(DC) dengan tegangan 2,5 Volt dan arus 50 Ampere atau setara 125 watt. Bensin yang digunakan adalah 100ml,200ml,300ml,400ml,500ml.

Bahan bakar Gas masuk melalui manifold dan bensin diuapkan melalui karburator terlebih dahulu. Kemudian Generator set akan mengolah bahan bakar bensin dan Gas HHO dengan cara *mix* bahan bakar di ruang bakar untuk mengubah energi kimia → energi mekanik → energi listrik. Output berupa listrik akan di ukur untuk mengetahui hasil *mix* bahan bakar bensin dan Bahan Bakar Gas HHO (*hydrogen hydrogen oxygen*)



Gambar 2.19. Blok Diagram Penelitian Alat

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini untuk meningkatkan unjuk kerja mesin Generator Set dengan penambahan Gas HHO sebagai campuran (*mix*) bahan bakar terhadap lama pemakaian listrik Genset dengan beban 0,5 A 1,5 A dan 2,5 A.

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, Rawamangun, Jakarta Timur. Penelitian ini dilaksanakan dalam rentang waktu Semester 107 Tahun Akademik 2017 / 2018.

3.3 Metode dan Alur Penelitian

Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui peningkatan unjuk kerja Genset setelah menggunakan Gas HHO. Menurut (Sugiyono, 2012: 72) penelitian eksperimen dapat diartikan sebagai metodologi penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi terkendalikan.

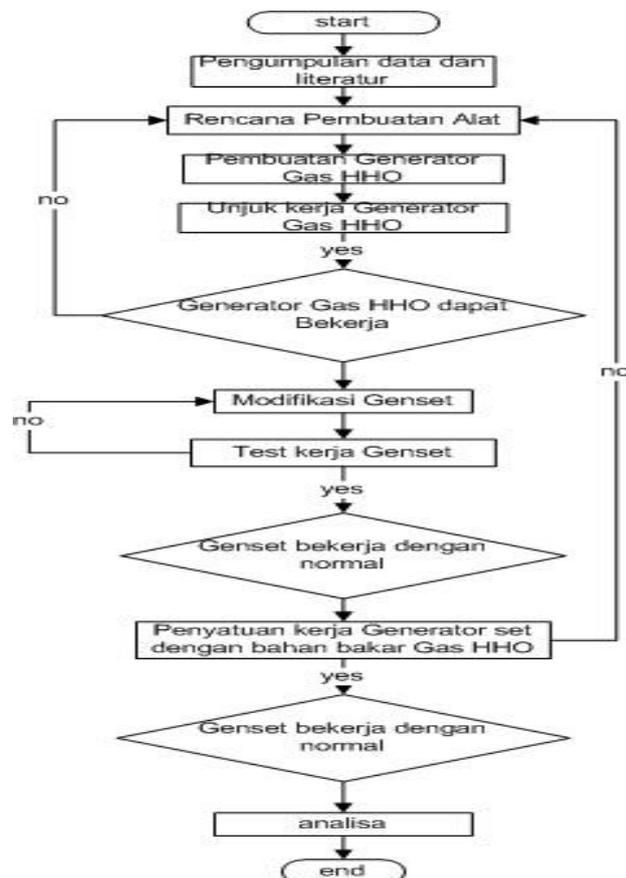
Dalam penelitian “Peningkatan Unjuk Kerja Generator Set 4 tak Kapasitas 1100 Watt dengan Penambahan Gas HHO (*Hydrogen Hydrogen Oxygen*) sebagai campuran bahan bakar”, peneliti mengobservasi pengaruh campuran Gas HHO

terhadap peningkatan unjuk kerja Generator set. Adapun yang menjadi variabel dalam penelitian ini yaitu :

- 1) Variabel Bebas : Penggunaan Gas HHO dan tanpa Gas HHO pada Generator set
- 2) Variabel Kontrol : udara *carburator*, Bensin pertalite 100ml, 200ml, 300ml, 400ml, 500ml, dan beban pemakaian 0.5 A, 1.5 A, dan 2.5 A.
- 3) Variabel Terikat : Unjuk kerja Genset meliputi : tegangan, arus, waktu, RPM, KWH dan konsumsi bahan bakar (*sfc*)

3.3.1 Diagram Alir

Diagram alir dalam penelitian ini yakni :



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

Untuk memdeskripsikan alur penelitian maka dibuatkan diagram alir penelitian, pada penjabaran diagram alir alat keseluruhan diatas (Gambar 3.1) langkah pertama yaitu mengumpulkan referensi berupa literatur – literatur terdahulu mengenai pemanfaatan Gas HHO, dimana peneliti akan melakukan penelitian mengenai peningkatan unjuk kerja generator set dengan penambahan Gas HHO sebagai campuran bahan bakar.

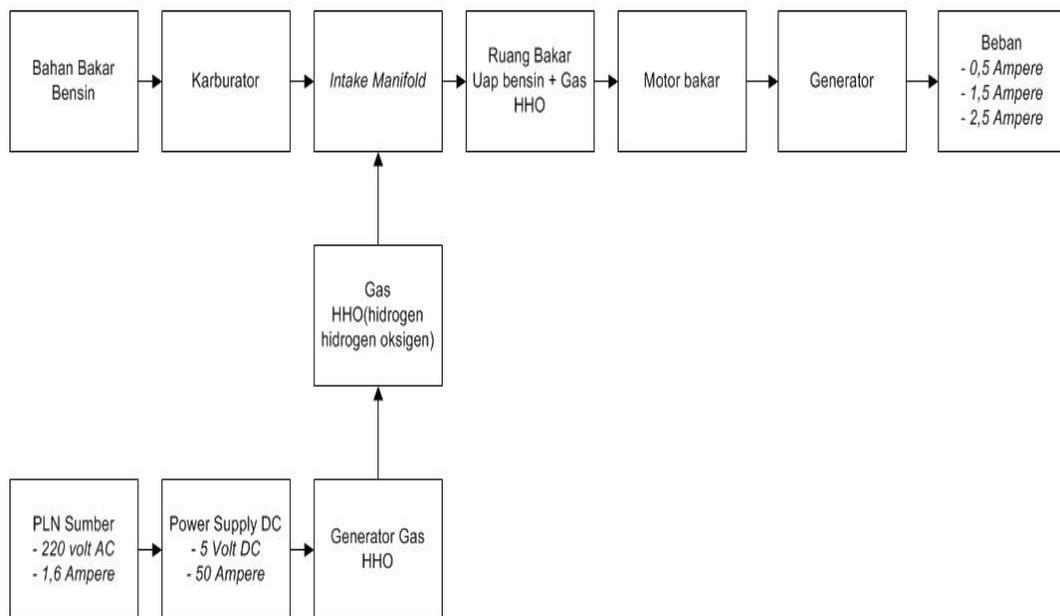
Setelah membaca referensi terkait pemanfaatan Gas HHO, penulis melanjutkan langkah ke perancangan alat mesin generator Gas HHO dan memodifikasi Generator Set untuk mengakomodasi konsumsi bahan bakar Gas HHO terhadap mesin generator set.

Dimulai dengan pembuatan alat generator Gas HHO terdapat 8 unit tabung elektrolisis dimana masing masing tabung terisi 9 cell/18 plat elektroda, dengan spesifikasi tegangan 5 volt dan arus 10 Ampere, kemudian dilakukan unjuk kerja Generator Gas HHO terhadap laju produksi gas liter/menit.

Kemudian untuk tahap modifikasi Generator Set perubahan dilakukan pada *intake manifold*, pemasangan RPM meter, penggantian tangki bahan bakar, modifikasi engkol *starting*. pertama tama dengan di buat lubang untuk jalur masuk Gas HHO pada *intake manifold*, dan pemasangan RPM meter untuk melihat kinerja putaran mesin Generator set setelah di tambahkan Gas HHO, penggantian tangki ke tangki transparan agar dapat melihat jelas jumlah bensin yang ditakar, dan memodifikasi engkol manual dengan bantuan bor tangan elektrik.

Setelah selesai dengan unjuk kerja alat maka dilakukan analisa peningkatan unjuk kerja Generator set dengan penambahan Gas HHO. Terdapatkah peningkatan kerja mesin dengan sebelum menggunakan bensin dan sesudah menggunakan bensin.

3.3.1.1 Blok Diagram Kerja Alat



Gambar 3.2. Blok Diagram Kerja Alat

Gambar diatas adalah blok diagram kerja alat mulai dari input pengisian bahan bakar sampai mendapatkan output listrik.

Dimulai dari bensin sebagai bahan bakar utama di uapkan pada karburator dan Gas HHO yng dihasilkan dari generator gas HHO masuk bersamaan dengan bahan bakar bensin melalui pipa intake manifold yang kemudian di teruskan ke ruang bakar.

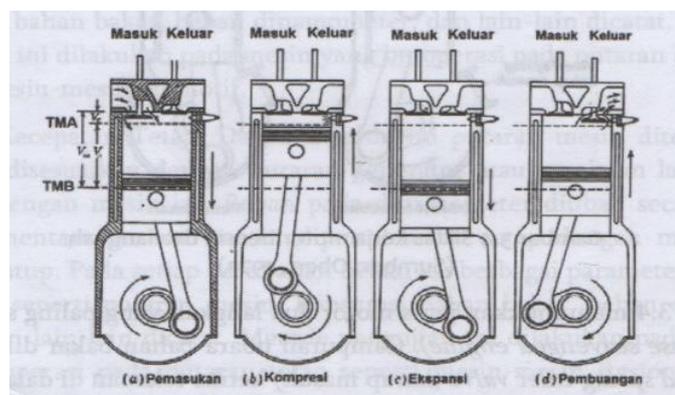
Kemudian pada ruang bakar uap bensin dan Gas HHO bercampur, pada proses pencampuran inilah Gas HHO terbakar bersamaan dengan uap bensin, yang

kemudian dari hasil pembakaran itu menghasilkan ledakan yang menggerakkan torak piston pada titik mati atas dan titik mati bawah.

Piston yang bergerak pada ruang bakar memeberikan gaya dan menghasilkan putaran pada motor bakar. kemudian motor bakar berputar secara bersamaan dengan generator listrik dengan cara di *couple*.

Pada generator listrik terdapat rotor sebagai penggerak dan di lengkapi dengan lilitan medan magnet dan stator yang tidak bergerak atau statis sebagai kutub medan magnet, gerak rotor berputar mengelilingi stator dan timbul lah GGL(gaya gerak listrik).

Setelah Generator listrik menyala kemudian di beri beban untuk pemakaian pada 0,5 A 1,5 A 2,5 A.



Gambar 3.3. Proses Gerak Piston

Pada proses pencampuran gas HHO dan bensin pada ruang bakar pertama melalui proses *pemasukan* Gas saat inilah gas masuk untuk mengisi ruang bakar, proses yang kedua yaitu *kompresi* Gas saat inilah gas yang sudah terkumpul di ruang bakar diledakan dengan cara di sulut percikan api dari busi dan gas bereaksi dengan ledakan yang memberikan tekanan untuk menggerakkan piston bakar

ditandai dengan piston berada pada titik mati atas sesungguhnya pada proses inilah pembakaran dimulai, yang ketiga yaitu proses *ekspansi* proses ini adalah upaya mensterilkan ruangan dari sisa material gas setelah terjadi peledakan di ruang bakar dan ditandai piston pada posisi titik mati bawah yang bersiap naik ke atas, yang keempat adalah *pembuangan* pada proses ini pembuangan sisa material dari hasil ledakan di ruang bakar yang akan di lepaskan ke exhaust.

3.3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat-alat dan peralatan yang diperlukan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1 , 3.2 dan 3.3 di bawah ini :

Tabel 3.1. Alat Penelitian

No	Alat	Kegunaan	Jumlah
1	Generator Gas HHO	Sebagai pembangkit bahan bakar gas HHO (Hidrogen Hidrogen Oksigen).	1 unit
2	Generator set 4 tak 1100 Watt	Sebagai pembangkit listrik berbahan bakar bensin dan gas.	1 unit

Tabel 3.2. Peralatan Penelitian

No	Peralatan	Kegunaan	Jumlah
1	AVO meter	Umtuk mengukur tegangan dan arus pada mesin generator set dan mesin gas HHO	1
2	Solder	Mencairkan timah	1

	Listrik		
4	Bor Tangan	Utuk perakitan alat	1
5	<i>Flowmeter</i>	Untuk mengukur laju produksi gas liter/menit	1
6	Tang amper	Untuk mengukur arus pada generator gas HHO dan beban listrik pada Generator set	1
7	Alat perkakas	Untuk proses perakitan alat	1 set
8	<i>stabilizer</i>	untuk menstabilkan output tegangan dari generator set	1
9	Thermometer digital	Sebagai pengukur suhu tabung elektrolisa	1

Tabel 3.3. Bahan Penelitian

No	Bahan	Kegunaan	Jumlah
1	Kabel	Sebagai penghantar listrik	Secukupnya
2	Selang gas	Sebagai penghantar gas	Secukupnya
4	Stainless	Sebagai elektroda	144 pcs
5	Tabung akrilik	Sebagai tabung elektrolisis	8 unit

6	Tabung filter air	Sebagai <i>bubbler</i> (penjebak air)	1 unit
7	Pentil tubes	Sebagai <i>in out</i> gas	16 pcs
8	Maket alat	sebagai tempat alat	1 set

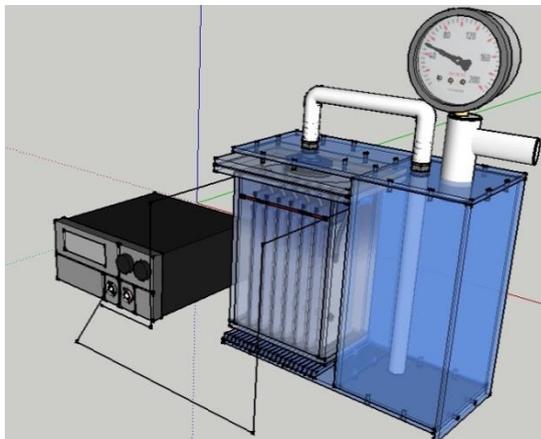
3.3.3 Desain Alat

Berikut ini adalah desain alat untuk penelitian peningkatan Unjuk kerja Generator Set 4 tak 1100 watt dengan penambahan Gas HHO sebagai bahan bakar campuran. Dimulai dengan mendesain generator penghasil Gas HHO atau disebut Gnerator Gas HHO dan setelah itu memodifikasi mesin Generator set pada pemasangan RPM meter untuk mengeahui kinerja putaran motor gense, dan modifikasi engkol starting menjadi *electric drill* starter dan terakhir yang utama yaitu modifikasi dengan cara melubangi *intake manifold* untuk memfasilitasi jalur masuk Gas HHO ke Genserator set, seperti diketahui Gas HHO akan dimasukan ke dalam ruang bakar Genset melalui injeksi ke *manifold*. Dan desain dapat dilihat pada sub bab berikut :

3.3.3.1 Desain Generator Gas HHO

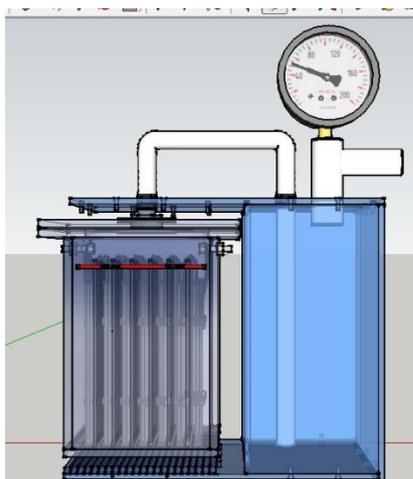
HHO tipe *wet cell*, dan bagian nya terdiri dari *power supply* sebagai catu daya Generator elektrolisis, tabung reaktor sebagai tempat berlangsungnya proses elektrolisa, plat *stainless stell* sebagai elektroda katoda dan anoda, *bubbler* sebagai penjebak Gas HHO yang memisahkan air dengan gas, *flowmeter* sebagai

alat ukur tekanan gas, dan peralatan pendukung lainnya seperti selang injeksi, kabel dan lain lain.



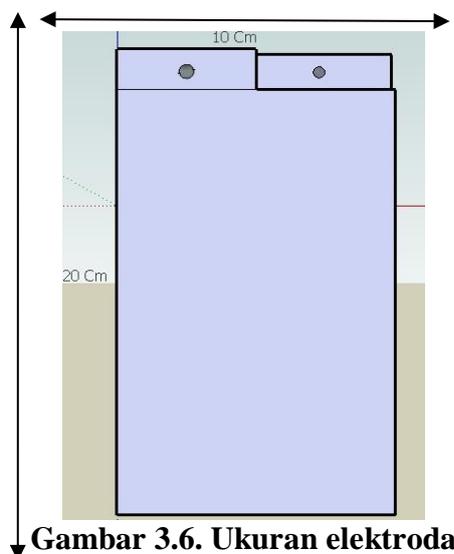
Gambar 3.4. Rancangan Generator Gas HHO dengan Power Supply DC

Dari gambar diatas adalah contoh alat Generator Gas HHO tipe Wet Cell, bagian *pertama* power supply, bagian ke dua tabung reaktor elektrolisis, bagian ke tiga *bubbler* dengan *flow meter*.



Gambar 3.5. Tabung Reaktor, Bubbler dan Flowmeter

Gambar diatas adalah tampak bagian dari Tabung reaktor elektrolisa, dengan plat anoda dan katoda di susun secara seri dan tidak bersentuhan. Desain luasan dan spesifikasi elektroda yang akan digunakan dapat dilihat dibawah.



Gambar 3.6. Ukuran elektroda

Tabel 3.4. Spesifikasi Elektroda

Luas elektroda	30 cm x 3 cm
Bahan Elektroda	Stainless steel
Ketebalan	1 mm

Ukuran plat adalah panjang nya 30 cm dan lebarnya 3 cm, dengan elektroda *stainless stell* dan ketebalan elektroda 1 mm.

Generator Gas HHO Tipe wet cell terdiri dari beberapa bagian yaitu wadah penampung bahan baku air, ruang reaktor dan *bubbler*. Dalam penelitian ini akan dirancang sebuah reaktor tipe *Wet cell* yaitu dimana *cell* yang terdiri dari anoda dan katoda yang dibuat sedimikan rupa untuk menampung air yang dibutuhkan dalam elektrolisis.

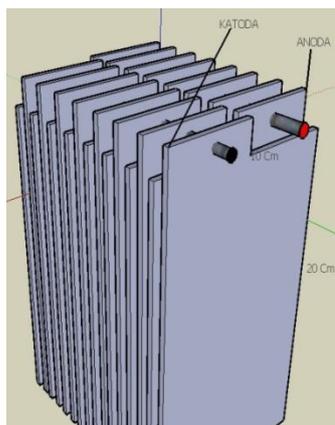
Berdasarkan perhitungan dalam sebuah penelitian (M.Ahsan ilhamy,2013) tegangan yang dibutuhkan untuk proses elektrolisis air menjadi gas hidrogen dan oksigen 1,967 volt untuk 1 *cell*. Menurut Bob Boyce, rentang tegangan listrik

yang diperbolehkan antar *cell* pada generator elektrolisis yaitu 2,0 sampai 3,0 agar tidak terjadi panas yang berlebih pada generator elektrolisis. Faraday mengatakan bahwa tegangan minimum untuk efisiensi elektrolisis adalah 1,24 volt. Pada desain generator elektrolisis yang akan dibuat, tegangan antar cell atau antar katoda dan anoda adalah 2 volt. Tegangan minimum yang diperlukan antar *cell* sangat dipengaruhi oleh elektrolit yang akan digunakan.

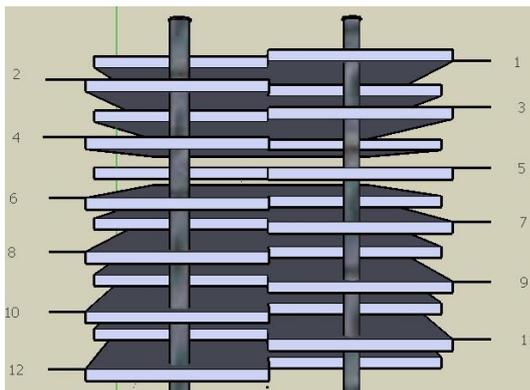
Pada generator elektrolisis yang akan dibuat, digunakan sumber tegangan sebesar 5 volt DC , maka dapat ditentukan berapa *cell* yang dibutuhkan dalam generator tersebut yaitu :

$$\text{Jumlah cell} = \frac{\text{tegangan sumber}}{1 \text{ volt}} = \frac{5 \text{ volt}}{0,6} = 9 \text{ buah cell}$$

Tetapi disini penulis menggunakan sumber tegangan 5 Volt dengan di bagikan ke 18 plat (9 positif dan 9 negatif).



Gambar 3.7. Anoda dan Katoda Elektroda Tampak Samping

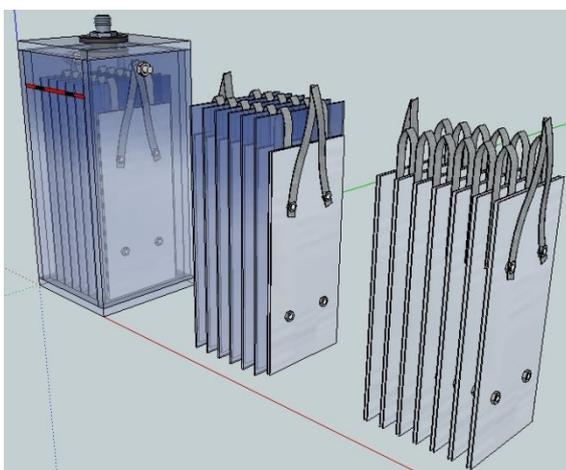


Gambar 3.8. Jumlah Elektroda Plat Tampak Atas

Gambar diatas merupakan skema generator elektrolisis dengan jumlah plat elektroda 18 yang terdiri dari 9 plat anoda dan 9 plat katoda. Memiliki 19 water cell (celah diantara dua plat). Arus yang mengalir antar *stack* (tumpukan) dapat diketahui dengan cara membagi arus nominal yang digunakan dengan jumlah *stack* 11 (tumpukan). Satu tabung elektroliser mendapatkan arus sampai ± 25 A.

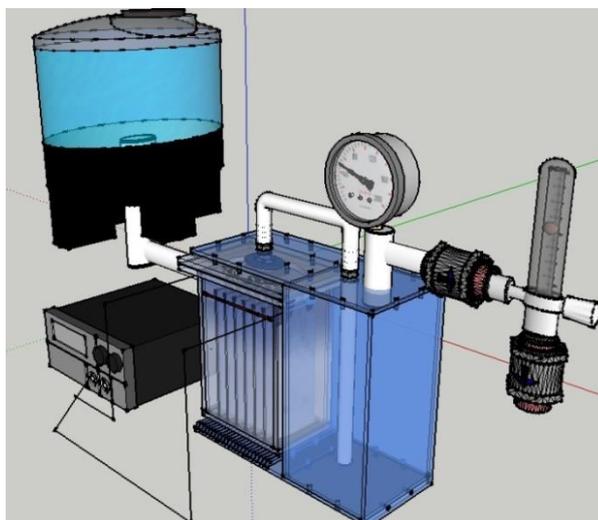
Jadi arus yang mengalir antar *stack* adalah $I = \frac{25}{17} = 1,5$ A.

Cell terbuat dari bahan *stainless steel* pemilihan *stainless steel* digunakan karena memiliki kemampuan akan tahan karat dan tergolong sempurna dalam menghantarkan listrik.



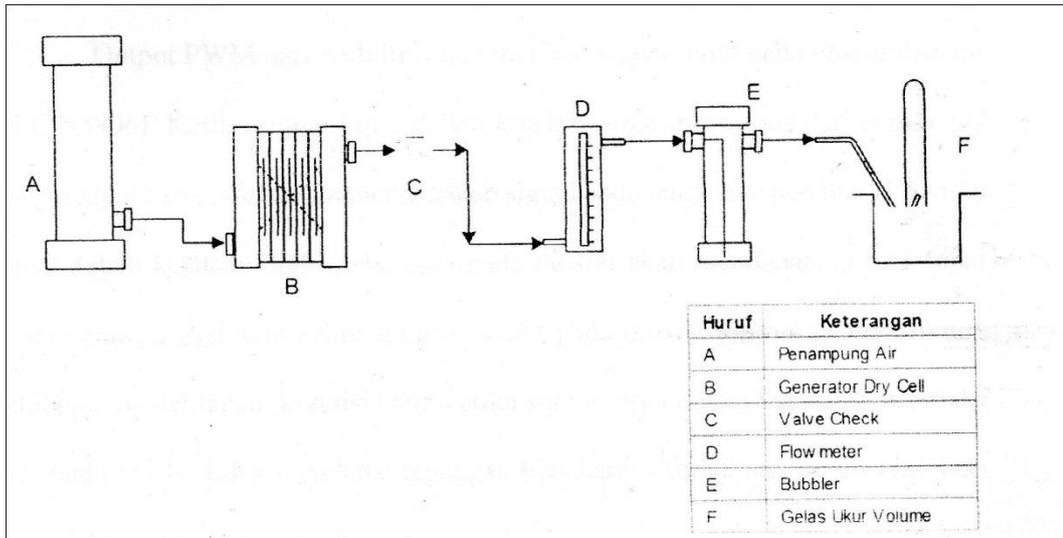
Gambar 3.9. Rancangan Plat di Tabung Reaktor

Secara keseluruhan rancangan alat Generator gas HHO dapat dilihat pada gambar



Gambar 3.8. Desain Alat Tampak Depan

Proses kerja generator elektrolisis tipe *Wet cell* dapat dilihat pada gambar.... air yang akan dielektrolisis ditampung pada penampung air (A) selanjutnya air akan memenuhi ruang generator elektrolisis (B). Ketika generator elektrolisis diberi arus listrik searah, maka akan terjadi reaksi elektrolisis di dalam generator elektrolisis. Gas hidrogen dan oksigen hasil elektrolisis akan melewati *Check Valve* (C) agar aliran gas tidak berbalik ke ruang generator elektrolisis. Aliran gas HHO dari *check valve* (C) akan melewati *flowmeter* (D), untuk mengukur laju produksi gas HHO dan selanjutnya akan masuk ke *bubbler* (E) sebagai penjebak gas HHO sekaligus pengaman. Setelah melewati *bubbler* (E), aliran Gas akan menuju gelas ukur volume yang fungsinya juga sama dengan *flowmeter* (D) yaitu mengukur volume gas yang dihasilkan.

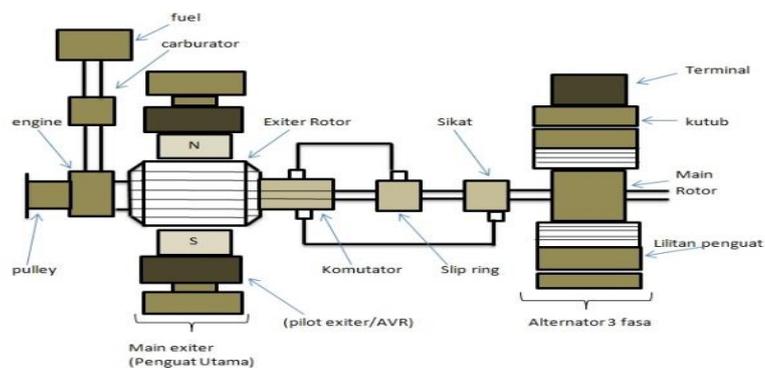


Gambar 3.11. Skema Proses Kerja Generator Gas HHO tipe Wet cell

3.3.4 Modifikasi Generator Set

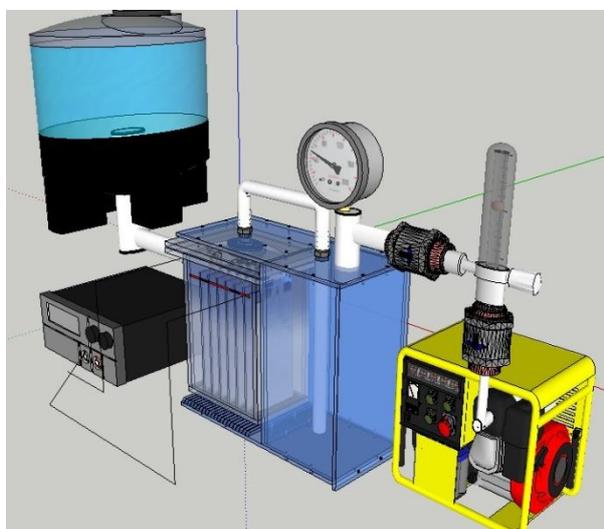
Disebut sebagai Generator set dengan pengertian adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu *engine* dan generator atau alternator. *engine* biasanya mesin diesel atau mesin bensin sebagai perangkat pemutar sedangkan generator atau alternator sebagai perangkat pembangkit listrik.

Engine dapat berupa perangkat mesin berbahan bakar solar atau bensin, sedangkan generator atau alternator merupakan kumparan atau gulungan tembaga yang terdiri dari stator(kumparan statis) dan rotor (kumparan berputar).



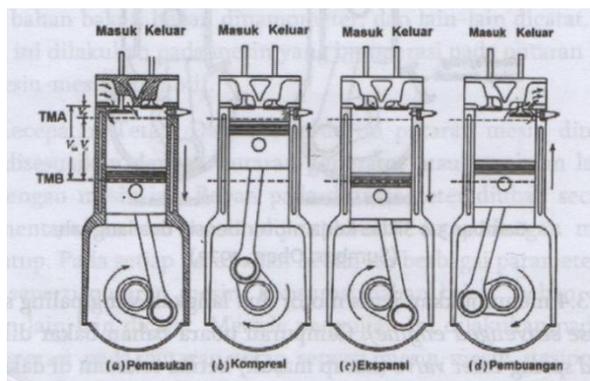
Gambar 3.12. Skema Generator Set

Di mulai dari Modifikasi saluran *inlet* Gas HHO pada *intake manifold* untuk memfasilitasi jalur masuk Gas HHO, proses kerjanya adalah dimana gas hidrogen yang di alirkan ke ruang bakar bisa dilihat pada sekema dibawah ini :



Gambar 3.13. Desain Generator Gas HHO untuk Genset

Dimulai dari pembangkitan Gas HHO kemudian Gas HHO di *suplly* ke dalam karburator, (apabila bahan bakar tersebut bewujud cair seperti bensin maka di karburator akan di lakukan pengkabutan supaya menjadi gas untuk di kompresi di ruang bakar) sedangkan Gas HHO karena sudah berbentuk gas maka tidak perlu proses pengkabutan/penguapan menjadi gas, gas bisa langsung di alirkan ke ruang bakar untuk di bakar, proses pembakaran motor bensin 4 tak sendiri melalui 4 langkah seperti yang terlihat pada gambar dibawah ini :



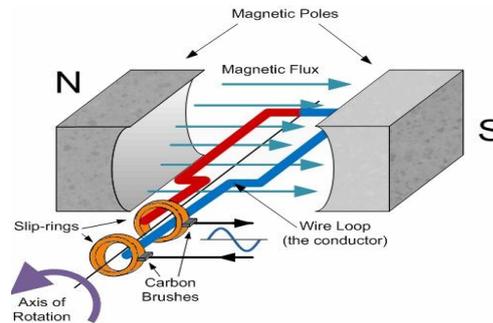
Gambar 3.14. Langkah Kerja Motor Bensin 4 Tak

4 langkah kerja itu dimulai dari **pemasukan** yaitu proses penghisapan Gas HHO ke ruang bakar dimana katup masuk terbuka dan menutup setelah langkah ini berakhir, kemudian **kompresi** yaitu proses pendorongan Gas HHO oleh piston ke atas dimana kedua katup tertutup dan ruangan vacuum untuk di lakukan proses pembakaran, lalu **ekspansi** yaitu proses pada saat piston berada pada titik mati atas dan berakhir sekitar 45° sebelum titik mati bawah. Gas Hidrogen bertekanan tinggi menekan piston turun dan memaksa engkol berputar, dan terakhir **pembuangan** dimulai ketika piston mencapai titik mati bawah, katup buang membuka dan piston menyapu keluar sisa gas hasil pembakaran Gas HHO hingga piston mencapai titik mati atas.

Jadi pada Generator Set Bensin 4 tak ini proses pembakaran Gas HHO ini menggunakan 4 langkah kerja yaitu yang pertama pemasukan, kedua Kompresi, ketiga ekspansi, keempat pembuangan.

Jadi cara kerja mesin genset ini adalah setelah engine menyala, poros dari engine terhubung langsung dengan poros rotor pada generator set sehingga poros engine dan poros rotor berputar secara bersamaan. Ketika terjadi putara di poros

rotor, maka akan terjadi induksi medan magnet dan akan membangkitkan gaya gerak listrik (GGL), proses kerja GGL nya bisa dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3.15. GGL (Gaya Gerak Listrik)

Seperti halnya hukum Faraday. (Generator set ini berputar pada kecepatan sinkron, yang diberikan oleh persamaan berikut :

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p}$$

Kecepatan putaran (N_s)

Frekuensi (f)

Jumlah kutub per lilitan fasa (p)

3.4 Teknik Dan Prosedur Pengumpulan Data

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah eksperimen dan pengukuran. Data yang telah diperoleh akan dicatat dalam bentuk table dan grafik sehingga memudahkan proses analisis. Data yang akan dikumpulkan meliputi :

3.4.1 Pengukuran Dan Pengujian Generator Gas HHO

Pengujian yang pertama adalah mengukur input tegangan dan beban arus pada generator Gas HHO.

Tabel 3.5. Cek Input Listrik DC (searah) untuk Tabung Generator Gas HHO

No	Tabung Elektrolisa No 1 sd 8	Tegangan (Yes / No)	Arus (Yes / No)	Elektrolisa (Yes / No)	OK (√) / NO (×)	Keterangan
1	Nomer 1					
2	Nomer 2					
3	Nomer 3					
4	Nomer 4					
5	Nomer 5					
6	Nomer 6					
7	Nomer 7					
8	Nomer 8					

Pengujian generator Gas HHO yang kedua adalah pengujian terhadap produksi gas yang dihasilkan dalam liter per menit meliputi tegangan dan arus yg dibutuhkan, beserta Suhu di tabung elektrolisa Berikut langkah pengukuran :

- 1) Siapkan alat ukur (plastik ukuran 1 liter)
- 2) Siapkan *stopwatch* untuk ukur waktu produksi gas
- 3) Masukkan selang *output* Gas HHO ke dalam plastik (masukan gas ke plastik)
- 4) Hidupkan mesin generator Gas HHO, dan jalankan waktu *stopwatch*
- 5) Ukur tegangan dan arus DC (searah) di input listrik generator Gas HHO menggunakan multimeter

- 6) Ukur temperatur di tabung Generator gas HHO menggunakan *infrared thermometer* digital
- 7) Setelah plastik ukur 1 liter penuh, kemudian berhentikan *stopwatch* dan catat waktu nya.

Tabel 3.6. Data Hasil Pengujian Generator Gas HHO

NO	Arus AC (ampere)	Tegangan AC (volt)	Generator HHO			Menit	Liter permenit (LPM)	Ket
			Arus DC (ampere)	Tegangan DC (Volt)	Suhu (derajat celcius)			
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

3.4.2 Pengukuran dan Pengujian Unjuk Kerja Generator set Sebelum dan Sesudah Gas HHO

Pengukuran dan pengujian Unjuk kerja Generator Set Sebelum dan Sesudah Gas HHO meliputi Cek pengukuran *output* Generator set, Pengujian Genset dengan Beban pemakaian (sebelum dan sesudah Gas HHO), dan pengujian Putaran RPM mesin.

Pengukuran yang pertama adalah cek pengukuran *output* genset meliputi *output voltage*, *rated power*, *max power*, dan *frequency*

Tabel 3.7. Cek Pengukuran Output Generator set Sumura ET2200L

<i>Output Voltage AC</i>	
<i>Rated power</i>	
<i>Max power</i>	
<i>Output Voltage DC</i>	
<i>Power Factor</i>	
<i>Frequency</i>	

Pengujian yang kedua adalah pengujian Kerja Genset sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO (beban 0,5 Ampere. 1,5 Ampere. 2,5 Ampere) untuk memperoleh data perbandingan yang akan di analisa.

Berikut dibawah ini langkah-langkah pengujiannya :

- 1) Siapkan bensin 100 ml, 200 ml, 300 ml, 400 ml, 500 ml
- 2) Siapkan Generator Set sebagai uji alat
- 3) Siapkan multimeter, tang ampere, RPM meter, *stopwatch* untuk mengukur tegangan, arus ,putaran RPM motor Genset, dan waktu hidup genset (tegangan dan arus di setel sesuai dengan parameter penelitian yaitu 220 V dan beban arus 0,5 Ampere, 1,5 Ampere, 2,5 Ampere)
- 4) Siapkan Mesin generator Gas HHO sebagai bahan bakar campuran
- 5) Hidupkan mesin genset tanpa Gas HHO (hanya bensin) kemudian diukur tegangan, arus, RPM, waktu hidup genset

- 6) Hidupkan mesin genset Dengan Gas HHO(hanya bensin) kemudian diukur tegangan, arus, RPM, waktu hidup genset
- 7) Catat waktu dan dituliskan ke tabel pengujian

Tabel 3.8. Data Hasil Pengujian Genset dengan Beban 0,5 Ampere (sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO)

No	Bensin (mililiter)	Tegangan (volt)	Beban (Ampere)	Tanpa Gas HHO	Dengan Gas HHO
				Waktu (Menit)	Waktu (Menit)
1	100 ml/ Rp. 750				
2	200 ml/ Rp. 1.500				
3	300 ml/ Rp. 2.250				
4	400ml/ Rp. 3.000				
5	500 ml/ Rp. 3.750				

Tabel 3.9. Data Hasil Pengujian Genset Dengan Beban 1,5 Ampere (sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO)

No	Bensin	Tegangan (volt)	Beban (Ampere)	Tanpa Gas HHO	Dengan Gas HHO
				Waktu (Menit)	Waktu (Menit)
1	100 ml				

	Rp. 750				
2	200 ml Rp. 1.500				
3	300 ml Rp. 2.250				
4	400ml Rp. 3.000				
5	500 ml Rp. 3.750				

Tabel 3.10. Data Hasil Pengujian Genset Dengan Beban 2,5 Ampere (sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO)

No	Bensin	Tegangan (volt)	Beban (Ampere)	Tanpa gas HHO	Dengan gas HHO
				Waktu (Menit)	Waktu (Menit)
1	100 ml/ Rp. 750				
2	200 ml/ Rp. 1.500				
3	300 ml/ Rp. 2.250				
4	400ml/ Rp. 3.000				

5	500 ml/ Rp. 3.750				
---	----------------------	--	--	--	--

Tabel 3.11. Data Hasil Pengujian Beban Genset Terhadap RPM (*Rotation per minute*) Sebelum dan Sesudah menggunakan Gas HHO

Beban	RPM (Tanpa Gas HHO)	RPM (Dengan Gas HHO)
0,5 A		
1,5 A		
2,5 A		

3.4.3 Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Waktu Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO

Pada Sub bab ini adalah Penjelasan hasil pengujian yang di dapatkan dari sub bab 3.4.2 Tabel 3.8, 3.9, 3.10. kemudian dianalisa perbandingan pemakaian bensin terhadap waktu yang dibuktikan pada Grafik dibawah ini, serta perhitungan perbandingannya dalam persen.



Gambar 3.16. Grafik Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Waktu Dengan Beban Genset 0,5 A



Gambar 3.17. Grafik Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Waktu Dengan Beban Genset 1,5 A



Gambar 3.18. Grafik Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Waktu Dengan Beban Genset 2,5 A

- 1) Rumus persentase kenaikan waktu dari Sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO

$$\text{Persen kenaikan waktu} = \frac{\text{Selisih waktu (menit) sebelum \& sesudah HHO}}{\text{waktu (menit) sebelum menggunakan HHO}} \times 100$$

- 2) Rumus harga bensin/menit

$$\text{Rp.bensin/menit (Tanpa HHO)} = \frac{\text{Harga bensin}}{\text{Waktu(tanpa HHO)}} = \text{Rp.Bensin/Menit}$$

$$\text{Rp.bensin/menit (Dengan HHO)} = \frac{\text{Harga bensin}}{\text{Waktu(Dengan HHO)}} = \text{Rp.Bensin/Menit}$$

- 3) Rumus Selisih Rupiah bensin yang digunakan antara sebelum dan sesudah Gas HHO

a. $\text{Selisih uang} = (a - b) = \text{Rp}.....,-$

b. $\text{Selisih Waktu} = [\text{Waktu sebelum HHO} - \text{waktu sesudah HHO}]$
 $= \text{menit}$

c. $\text{Selisih uang} \times \text{Selisih Waktu} = \text{Rp}.....,-$

3.4.4 Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Jumlah KWH yang dihasilkan Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO

Perbandingan pemakaian bensin terhadap jumlah KWH yang dihasilkan sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO meliputi Pemakaian bensin terhadap jumlah KWH dihasilkan, dan harga listrik rupiah/KWH. Perhitungan KWH dan rupiah per KWH di dapat dari waktu pemakaian genset pada tabel hasil pengujian yang di dapatkan dari sub bab 3.4.2 Tabel 3.8, 3.9, 3.10.

Tabel 3.14. Data Hasil Jumlah Pemakaian KWH Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO dengan Beban 2,5 A

No	Bensin	Tanpa Gas HHO (beban 2,5 A)				Dengan gas HHO (beban 2,5 A)			
		Waktu		Pemakaian KWH	Rupiah KWH	Waktu		Pemakaian KWH	Rupiah KWH
		Menit	Jam			Menit	Jam		
1	100 ml Rp. 750								
2	200 ml Rp. 1.500								
3	300 ml Rp. 2.250								
4	400ml Rp. 3.000								
5	500 ml Rp. 3.750								

1) Perhitungan Pemakaian kWh :

$$\text{-Daya (P)} = V \times I = \text{Watt}$$

$$\text{-Watt Hour (WH)} = \text{Daya (P)} \times \text{waktu pemakaian genset (Hour)}$$

$$\text{-Kilo Watt Hour (KWH)} = \frac{WH(\text{watt hour})}{1000} = \dots\dots\dots \text{KWH}$$

Dimana :

V = Tegangan Listrik (volt)

I = Arus listrik (Ampere)

P = Daya listrik (Watt)

WH = daya listrik/jam (Watt Hour)

KWH = daya pemakain listrik ribu/jam

2) Perhitungan harga listrik rata-rata rupiah per kWh :

$$\text{Harga rupiah per kWh} = \frac{\text{harga tarif(BBM bensin)}}{\text{pemakaian kWh}} = \text{Rp} \dots\dots\dots, - \text{ per kWh}$$

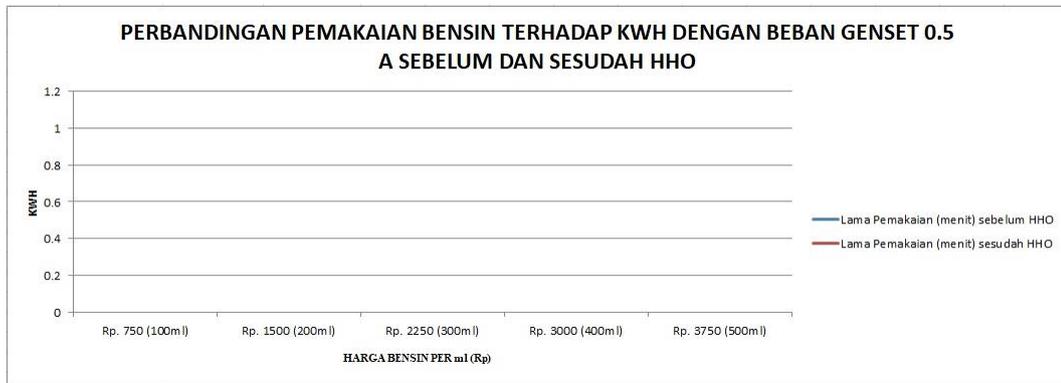
Dimana :

Harga tarif = bahan baku listrik

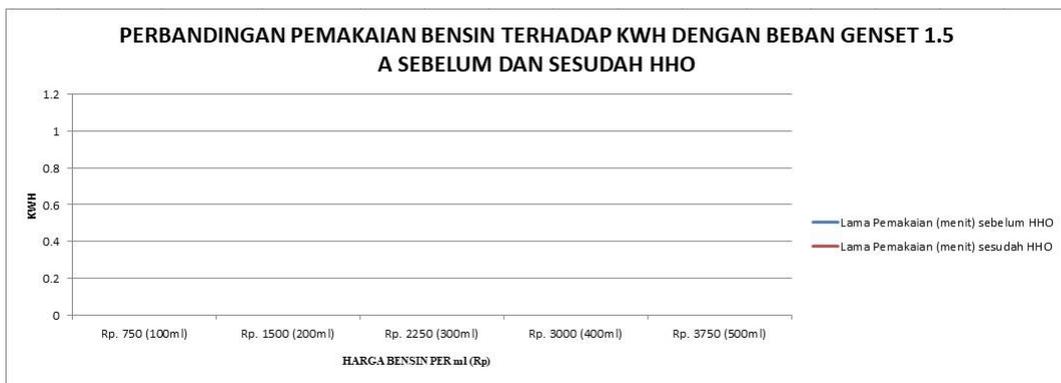
KWH = daya pemakain listrik ribu/jam

Rp/KWH = harga listrik rupiah/KWH

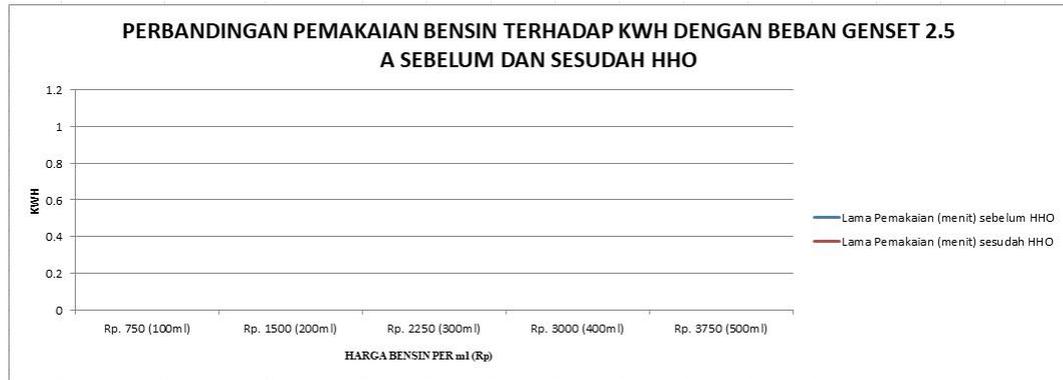
Setelah dilakukan Perhitungan KWH dan rupiah per KWH dan di dapatkan data pada tabel diatas, langkah selanjutnya adalah menuangkan data pada tabel diatas dalam bentuk grafik untuk melihat grafik peningkatan yang terjadi antara sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO.



Gambar 3.19. Grafik Pemakaian bensin Terhadap Jumlah KWH Dengan beban 0,5 A



Gambar 3.20. Grafik Pemakaian bensin Terhadap Jumlah KWH Dengan beban 1,5 A



Gambar 3.21. Grafik Pemakaian bensin Terhadap Jumlah KWH Dengan beban 2,5 A

3.4.5 Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Perbandingan Konsumsi bahan Bakar Spesifik, meliputi perhitungan daya efektif motor dan perhitungan massa Bensin, waktu pemakaian (detik) di dapat dari tabel hasil pengujian yang di dapatkan dari sub bab 3.4.2 Tabel 3.8, 3.9, 3.10. setelah itu dilakukan perhitungan dan data perhitungan di tuangkan ke dalam grafik perbandingan.

Tabel 3.15. Data Hasil Pemakaian Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*sfc*) Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO dengan Beban 0,5 A

No	Massa Bensin (Kg)	Daya efektif (KW)	Sebelum menggunakan gas HHO (beban 0,5 A)		Setelah Menggunakan gas HHO (beban 0,5 A)	
			Waktu (Detik)	Konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/Kwatt.jam)	Waktu (Detik)	Konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/Kwatt.jam)
1	100 ml					

2	200 ml					
3	300 ml					
4	400 ml					
5	500 ml					

Tabel 3.16. Data Hasil Pemakaian Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*sfc*) Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO dengan Beban 1,5 A

No	Massa Bensin (Kg)	Daya efektif (KW)	Sebelum menggunakan gas HHO (beban 1,5 A)		Setelah Menggunakan gas HHO (beban 1,5 A)	
			Waktu (Detik)	Konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/Kwatt.jam)	Waktu (Detik)	Konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/Kwatt.jam)
1	100 ml					
2	200 ml					
3	300 ml					

4	400 ml					
5	500 ml					

Tabel 3.17. Data Hasil Pemakaian Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*sfc*) Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO dengan Beban 2,5 A

No	Massa Bensin (Kg)	Daya efektif (KW)	Sebelum menggunakan gas HHO (beban 2,5 A)		Setelah Menggunakan gas HHO (beban 2,5 A)	
			Waktu (Detik)	Konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/Kwatt.jam)	Waktu (Detik)	Konsumsi bahan bakar spesifik (Kg/Kwatt.jam)
1	100 ml					
2	200 ml					
3	300 ml					
4	400 ml					
5	500					

	ml					
--	----	--	--	--	--	--

- 1) Perhitungan Daya efektif (Wirawan, Kawano, 2014: 2)

$$Ne = \frac{V \times I}{\eta_{gen} \times 1000} = \dots\dots \text{Kwatt}$$

Dimana :

V = tegangan listrik (volt)

I = Arus Listrik (Ampere)

η_{gen} = Efisiensi Mekanisme Generator(0,85)

- 2) Menghitung masa bahan bakar

$$M = \rho \cdot v$$

Dimana :

M : massa

ρ bensin : 900 kg/m³

v : 100 ml = 0,0001 m³

200 ml = 0,0002 m³

300 ml = 0,0003 m³

400 ml = 0,0004 m³

500 ml = 0,0005 m³

- 3) Perhitungan konsumsi Bahan Bakar Spesifik:

$$Sfc = \frac{m_{bb} \times 3600}{Ne \times s} = \text{Kg/Kwatt.jam}$$

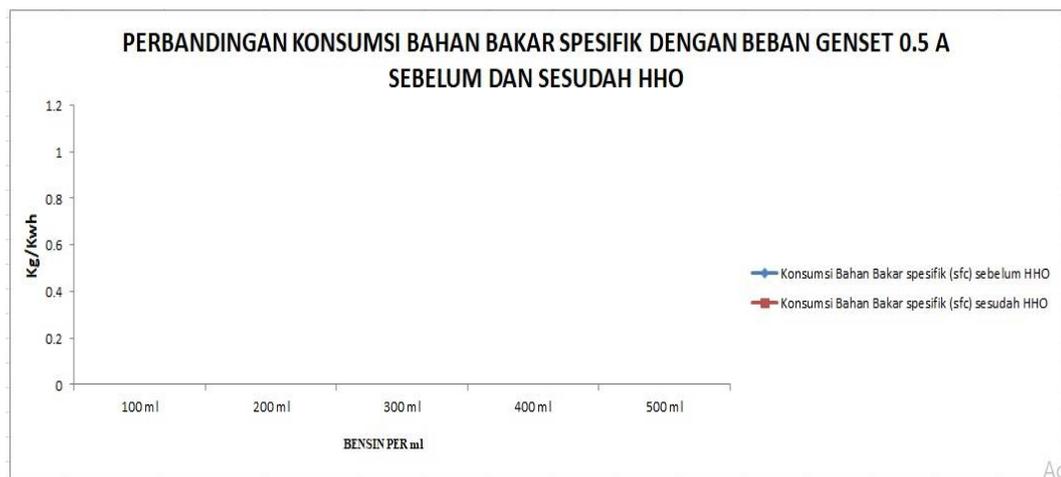
dimana :

Ne : Daya efektif (Kwatt)

Mbb : Massa bahan Bakar (Kg)

S : Waktu konsumsi bahan Bakar (s)

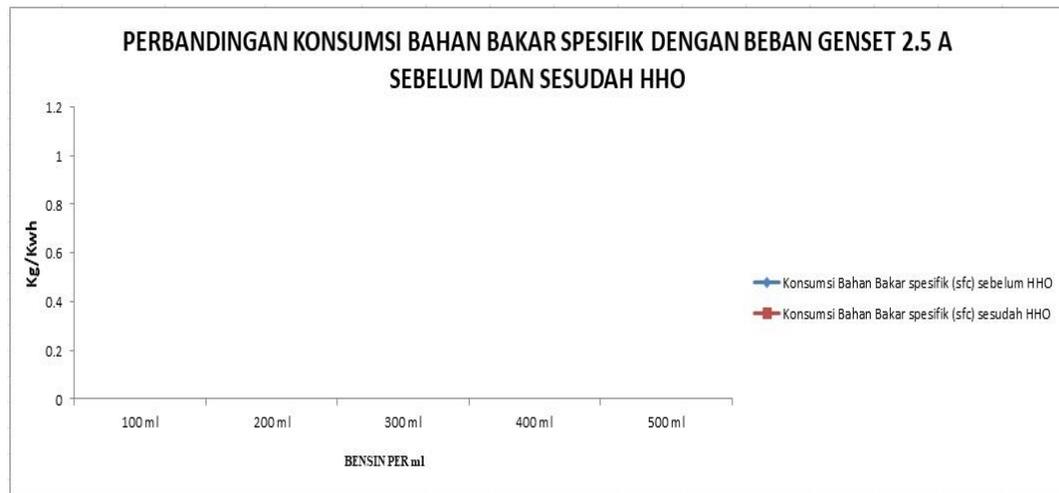
Setelah mendapatkan Hasil perhitungan, maka data di tuangkan ke dalam Grafik perbandingan untuk melihat perbedaan sebelum dan Sesudah menggunakan gas HHO terjadi peningkatan atau tidaknya. Berikut dibawah ini adalah Grafik perbandingannya.



Gambar 3.22. Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Sebelum dan Sesudah HHO (beban 0,5 A)



Gambar 3.23. Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Sebelum dan Sesudah HHO (beban 1,5 A)



Gambar 3.24. Gambar Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Sebelum dan Sesudah HHO (beban 2,5 A)

3.5 Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan Membandingkan data hasil pengujian sebelum dan Sesudah menggunakan Gas HHO Pada Genset dengan beban pemakaian Genset (0,5 A) (1,5 A) (2,5 A), Setelah semua data diperoleh dari hasil pengujian Maka data diolah dengan cara membandingkan dan dibuktikan dalam angka *persentase*, maka akan terlihat peningkatan data dari sebelum dan sesudah Gas HHO. Adapun parameter pengujian meliputi jumlah bensin terhadap waktu, biaya bensin terhadap jumlah Kwh dihasilkan, dan unjuk Kerja genset menggunakan gas HHO. setelah data di kumpulkan maka diperlukan analisa data yg di dukung oleh rumus sebagai berikut (Wirawan, Kawano, 2014: 2) :

- 1) Daya efektif motor bakar

$$Ne = \frac{V \times I}{\eta_{gen} \times 1000} = \dots\dots Kwatt$$

Dimana :

V : tegangan listrik (volt)

I : Arus Listrik (Ampere)

η_{gen} : Efisiensi Mekanisme Generator (0,85)

2) Perhitungan pemakaian kWh :

-Daya (P)= $V \times I = \text{Watt}$

-Watt Hour (WH)= Daya (P) x waktu pemakaian genset($Hour$)

-Kilo Watt Hour (KWH)= $\frac{WH(\text{watt hour})}{1000} = \dots\dots\dots KWH$

Dimana :

V : Tegangan Listrik (volt)

I : Arus listrik (Ampere)

P : Daya listrik (Watt)

WH : daya listrik/jam (Watt Hour)

KWH : daya pemakain listrik ribu/jam

3) Perhitungan harga listrik rata-rata rupiah per kWh :

$\text{Harga rupiah per kWh} = \frac{\text{harga tarif (BBM bensin)}}{\text{pemakaian kWh}} = \text{Rp} \dots\dots\dots, - \text{ per kWh}$

Dimana :

Harga tarif : bahan baku listrik

KWH : daya pemakain listrik ribu/jam

Rp/KWH : harga listrik rupiah/KWH

4) Konsumsi bahan bakar spesifik

$Sfc = \frac{m_{bb} \times 3600}{Ne \times s} = \text{Kg/Kwatt.jam}$

dimana :

Ne : Daya efektif (Kwatt)

Mbb : Massa bahan Bakar (Kg)

S : Waktu konsumsi bahan Bakar (s)

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Data Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk Peningkatan unjuk Kerja generator Set kapasitas 1100 watt dengan penambahan Gas HHO (hydrogen hydrogen oxygen) sebagai campuran bahan bakar, Deskripsi penelitian ini secara garis besar terdiri dari beberapa bagian yaitu : pembuatan alat, pengukuran alat dan pengujian alat.

4.1.1 Pembuatan Alat

Untuk mewujudkan penelitian pertama dibuat dahulu alat penghasil Gas Hidrogen atau Generator Gas HHO (hydrogen hydrogen oxygen) dan modifikasi Generator Set. Alat penghasil Gas Hidrogen bekerja dengan Proses Elektrolisa terdiri dari *stainless steel* sebagai elektroda anoda dan katoda, dan tabung akrilik sebagai wadah tempat terjadinya elektrolisa dengan diberikan energi arus searah (DC) tegangan 2,5 Volt dan arus 50 Ampere.



Gambar 4.1. Alat Penghasil Gas Hidrogen

Untuk modifikasi mesin Generator Set dilakukan pada mesin Generator set merk sumura 4 tak kapasitas 1100 watt, modifikasi pertama pembuatan jalur injeksi Gas HHO di *manifold*, pemasangan RPM meter, dan pembuatan tangki

bensin transparan. Dengan tujuan mendapatkan hasil pengaruh dari Gas HHO terhadap Generator Set secara detail.



Gambar 4.2. Generator Set

4.1.2 Pengukuran dan Pengujian Generator Gas HHO

Pengukuran tegangan dan arus untuk Generator Gas HHO pada tabung elektrolisa nomer 1 sd 8 terdapat tegangan dan arus (OK) dapat dilihat pada tabel (4.1) dimana semua tabung dapat bekerja dengan elektrolisa.

Tabel 4.1. Data Pengukuran Tegangan dan Arus Untuk Generator Gas HHO

No	Tabung Elektrolisa No 1 sd 8	Tegangan (Yes / No)	Arus (Yes / No)	Elektrolisa (Yes / No)	OK (√) / NO (×)	Keterangan
1	Nomer 1	Yes	Yes	Yes	√	
	Nomer 2	Yes	Yes	Yes	√	
3	Nomer 3	Yes	Yes	Yes	√	
4	Nomer 4	Yes	Yes	Yes	√	
5	Nomer 5	Yes	Yes	Yes	√	
6	Nomer 6	Yes	Yes	Yes	√	

7	Nomer 7	Yes	Yes	Yes	√	
8	Nomer 8	Yes	Yes	Yes	√	

Untuk pengujian Generator Gas HHO, dilakukan 7 pengujian dengan tujuan mengetahui karakteristik generator Gas HHO dari tegangan dan arus yg diberikan dapat menghasilkan gas dalam hitungan liter per menit(LPM) hasil pengujian dapat dilihat pada tabel (4.2) dibawah ini.

Tabel 4.2. Data Hasil Pengujian Generator Gas HHO

N O	Arus AC (ampere)	Tegangan AC (volt)	Generator HHO			Men it	Gas Liter permenit (LPM)
			Arus DC (amper e)	Tegang an DC (Volt)	Suhu (derajat celcius)		
1	0,8 A	220 V	23,3 A	2,3 V	37,6 ⁰ C	7:10	0,13
2	1,0 A	220 V	30 A	2,4 V	38,5 ⁰ C	5:03	0,19
3	1,3 A	220 V	40 A	2,5 V	39,1 ⁰ C	3:33	0,28
4	1,6 A	220 V	50 A	2,7 V	39,6 ⁰ C	2:50	0,35
5	1,9 A	220 V	60 A	2,8 V	40,9 ⁰ C	2:21	0,42
6	2,3 A	220 V	70 A	3,0 V	42,2 ⁰ C	1:55	0,52
7	2,6 A	220 V	80 A	3,1 V	43,2 ⁰ C	1:35	0,63

4.1.3 Pengukuran dan Pengujian Unjuk Kerja Generator set Sebelum dan Sesudah Gas HHO

Untuk melengkapi penelitian ini maka di dapatkan data pengujian berupa tabel Hasil pengujian, yang diantaranya meliputi hasil cek pengukuran Keluaran/*output* listrik genset, serta pengujian nyala Genset sebelum dan sesudah menggunakan

Gas HHO dengan beban pemakaian (0,5 Ampere), (1,5 Ampere), (2,5 Ampere),

Pengujian RPM (*rotation per menit*). dibawah ini adalah tabel hasil pengujian :

Tabel 4.3. Data Cek pengukuran Output Generator set Sumura ET2200L

<i>Output Voltage AC</i>	<i>220 Volt</i>
<i>Rated power</i>	<i>1000 Watt</i>
<i>Max power</i>	<i>1100 Watt</i>
<i>Output Voltage DC</i>	<i>12 V / 8,3 Ampere</i>
<i>Power Factor</i>	<i>1.0</i>
<i>Frequency</i>	<i>50 Hz</i>

Tabel 4.4. Data Hasil Pengujian Genset dengan Beban 0,5 Ampere (sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO)

No	Bensin (mililiter)	Tegangan (volt)	Beban (Ampere)	Tanpa Gas	Dengan Gas
				HHO Waktu (Menit)	HHO Waktu (Menit)
1	100 ml/ Rp. 750	220 V	0,5 A	13 : 06	18 : 12
2	200 ml/ Rp. 1.500	220 V	0,5 A	28 : 43	40 : 12
3	300 ml/ Rp. 2.250	220 V	0,5 A	44 : 10	51 : 03
4	400ml/ Rp. 3.000	220 V	0,5 A	58 : 20	01 : 10 : 12
5	500 ml/ Rp. 3.750	220 V	0,5 A	01 : 12 : 00	01 : 28 : 34

Tabel 4.5. Data Hasil Pengujian Genset Dengan Beban 1,5 Ampere (sebelum dan Sesudah menggunakan Gas HHO)

No	Bensin	Tegangan (volt)	Beban (Ampere)	Tanpa Gas HHO	Dengan Gas HHO
				Waktu (Menit)	Waktu (Menit)
1	100 ml Rp. 750	220 V	1,5 A	10 : 39	15 : 59
2	200 ml Rp. 1.500	220 V	1,5 A	25 : 10	31 : 30
3	300 ml Rp. 2.250	220 V	1,5 A	39 : 51	47 : 48
4	400ml Rp. 3.000	220 V	1,5 A	54 : 30	01 : 08 : 12
5	500 ml Rp. 3.750	220 V	1,5 A	01 : 09 : 55	01 : 22 : 00

Tabel 4.6. Data Hasil Pengujian Genset Dengan Beban 2,5 Ampere (sebelum dan Sesudah menggunakan Gas HHO)

No	Bensin	Tegangan (volt)	Beban (Ampere)	Tanpa gas HHO	Dengan gas HHO
				Waktu (Menit)	Waktu (Menit)
1	100 ml/ Rp. 750	220 V	2,5 A	09 : 47	13 : 05
2	200 ml/ Rp. 1.500	220 V	2,5 A	20 : 16	25 : 43

3	300 ml/ Rp. 2.250	220 V	2,5 A	29 : 15	38 : 12
4	400ml/ Rp. 3.000	220 V	2,5 A	39 : 03	50 : 22
5	500 ml/ Rp. 3.750	220 V	2,5 A	48 : 37	01 : 01 : 02

Tabel 4.7. Data Hasil Pengujian Beban Genset Terhadap RPM (*Rotation per minute*) Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO

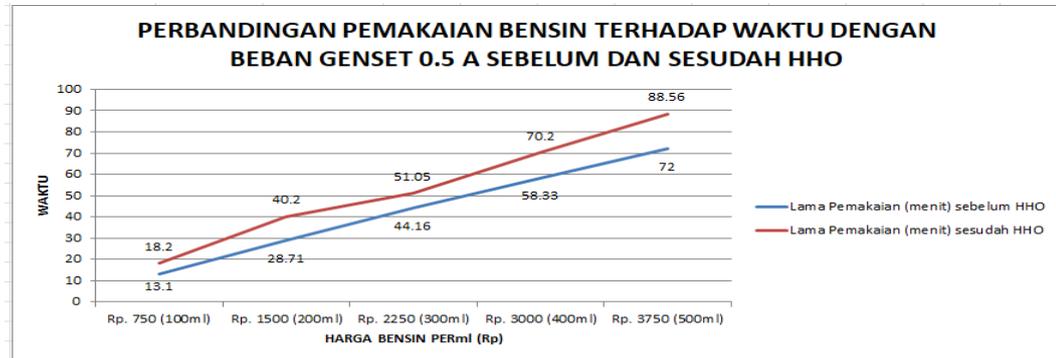
Beban	RPM	RPM
	(Tanpa Gas HHO)	(Dengan Gas HHO)
0.5 A	± 3300	± 3500
1.5 A	± 3100	± 3300
2.5 A	± 3050	± 3200

4.2 Analisis Data penelitian

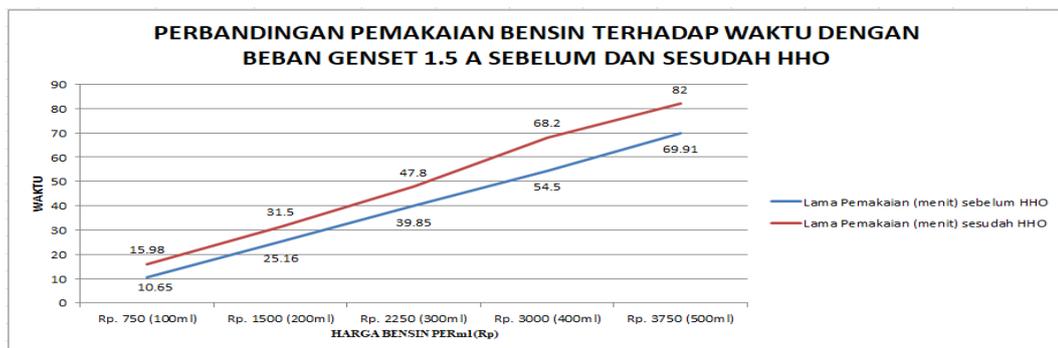
4.2.1. Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Waktu Dengan Beban Genset (0,5 A), (1,5 A), (2,5 A) Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO

Dari hasil Tabel perbandingan biaya pemakaian bensin untuk di genset dengan bensin tanpa HHO dan bensin + Gas HHO (di *mix*) dengan variasi beban 0,5 A, 1.5 A, 2,5 A. Kemudian dianalisa menggunakan metode perbandingan sebelum dan sesudah dengan dinyatakan dalam 3 bentuk grafik yg pertama grafik 0,5A,

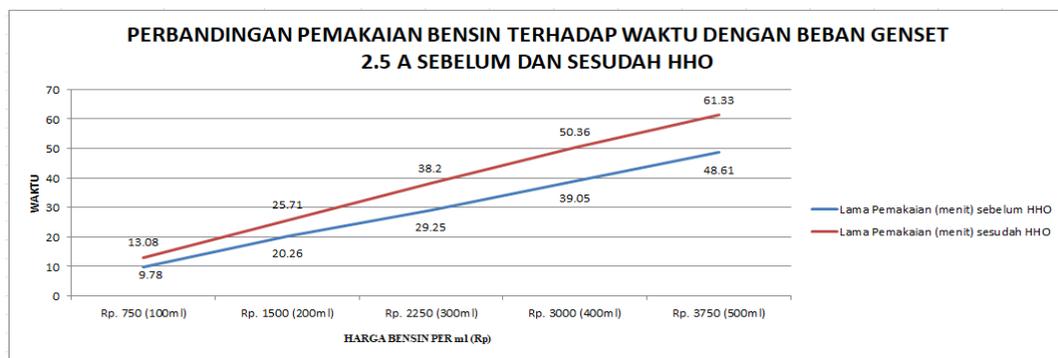
kedua 1,5 A, ketiga 2,5 A. Dan dapat dilihat perbandingan pemakaiannya terhadap waktu. Berikut ini grafik Perbandingan pemakaian bensin sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO terhadap waktu pemakaian Genset.



Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Waktu Dengan Beban Genset 0,5 A



Gambar 4. 4. Grafik Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Waktu Dengan Beban Genset 1,5 A



Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Waktu Dengan Beban Genset 2,5 A

Berikut dibawah ini contoh perhitungan perbandingan pemakaian bensin terhadap waktu pada beban 2,5 A dengan pemakaian bensin 500ml/Rp. 3.750 (data pada tabel 4.7 Pengujian Beban Genset Terhadap RPM (*Rotation per minute*) sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO (data nomor 5) :

1) Rumus persentase kenaikan waktu dari Sebelum dan sesudah menggunakan

Gas HHO

$$\text{Persen kenaikan waktu} = \frac{\text{Selisih waktu (menit) sesudah- sebelum HHO}}{\text{waktu (menit)sebelum menggunakan HHO}} \times 100$$

$$\text{Persen kenaikan waktu} = \frac{61.33-48.61}{48.61} \times 100$$

$$\text{Persen kenaikan waktu} = 0.26 \times 100$$

$$\text{Persen kenaikan waktu} = 26\%$$

Untuk membuktikan grafik diatas pada (data pada tabel 4.7 Pengujian Beban Genset Terhadap RPM (*Rotation per minute*) sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO (data nomor 5) sebelum menggunakan Gas HHO waktunya adalah 48.61 menit dan setelah menggunakan Gas HHO menjadi 61.33 menit, didapatkan peningkatan waktu setelah menggunakan Gas HHO sebesar 12.72 menit atau 26%.

2) Rumus harga bensin/menit

$$\text{a) Rp.bensin/menit (Tanpa HHO)} = \frac{\text{Harga bensin}}{\text{Waktu(tanpa HHO)}} = \text{Rp.Bensin/Menit}$$

$$\text{Rp.bensin/menit (Tanpa HHO)} = \frac{\text{Rp.3.750}}{48.61} = \text{Rp.77,14/Menit}$$

$$\text{b) Rp.bensin/menit (Dengan HHO)} = \frac{\text{Harga bensin}}{\text{Waktu(Dengan HHO)}} = \text{Rp.Bensin/Menit}$$

$$\text{Rp.bensin/menit (Tanpa HHO)} = \frac{\text{Rp.3.750}}{61.33} = \text{Rp.61,14/Menit}$$

3) Rumus Selisih Rupiah bensin yang digunakan antara sebelum dan sesudah Gas HHO

$$\text{Selisih uang} = (a - b) = \text{Rp}.....,-$$

$$\text{Selisih uang} = (77,14 - 61,14) = \text{Rp. 16,-}$$

$$\text{Selisih Waktu} = [\text{Waktu sebelum HHO} - \text{waktu sesudah HHO}]$$

$$= \text{ menit}$$

$$\text{Selisih Waktu} = [48.61 - 61.33]$$

$$= 12,72 \text{ menit}$$

$$\text{Selisih uang} \times \text{Selisih Waktu} = \text{Rp}.....,-$$

$$16 \times 12,72 = \text{Rp. 203,52,-}$$

Maka berdasarkan grafik diatas dan pada (data pada tabel 4.7 Pengujian Beban Genset Terhadap RPM (*Rotation per minute*) sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO (data nomor 5) sebelum menggunakan Gas HHO dengan pemakaian bensin 500ml seharga Rp. 3.750 waktunya adalah 48.61 menit dan setelah menggunakan gas HHO menjadi 61.33 menit, sehingga menggunakan Gas HHO dapat menghemat Rp. 203,52 dan waktu hidup genset lebih lama.

4.2.2 Perhitungan dan Perbandingan Pemakaian bensin terhadap Jumlah KWH yang dihasilkan Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO

Data pada tabel dibawah adalah perhitungan biaya pemakaian listrik yang dinyatakan dalam KWH(*kilo watt hour*) yang diantaranya meliputi perhitungan jumlah pemakaian KWH dan perhitungan rupiah/KWH, untuk mengetahui langkah perhitungannya bisa di lihat pada rumus perhitungan di bawah ini :

Contoh data pada Tabel 4.10 Jumlah Pemakaian KWH Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO dengan Beban 2,5 A (data nomer 5)

1) Perhitungan pemakaian kWh :

$$\text{-Daya Genset (KVA)} = \text{Beban pemakaian (ampere)} \times \text{Tegangan output Genset(Volt)}$$

$$2,5 \text{ Ampere} \times 220 \text{ volt} = 550 \text{ KVA}$$

$$\text{-Daya (watt)} = \text{KVA} \times \cos \phi$$

$$550 \text{ KVA} \times 0.8 = 440 \text{ watt}$$

$$\text{WH(watt hour)} = \text{Daya(watt)} \times \text{durasi waktu pemakaian genset(jam)}$$

$$440 \text{ watt} \times 1.01 \text{ Hour (konversi menit ke jam)} = 444,4 \text{ WH}$$

$$\text{KWH(kilo watt hour)} = \frac{\text{WH(watt hour)}}{1000} = \dots\dots \text{ kWh}$$

$$\frac{444,4 \text{ WH}}{1000} = 0,4444 \text{ KWH}$$

2) Perhitungan harga listrik rata-rata rupiah per kWh :

$$\text{Harga rupiah per kWh} = \frac{\text{harga tarif(BBM bensin)}}{\text{pemakaian kWh}} = \text{Rp} \dots\dots, - \text{ per kWh}$$

$$\frac{\text{Rp.3,750}}{0,4444 \text{ KWH}} = \text{Rp.8,522} \text{ ,- per kWh}$$

Tabel 4.8. Data Hasil pemakaian energi Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO dengan Beban 0,5 A

Bensin	Tanpa Gas HHO (beban 0,5 Ampere)				Dengan Gas HHO (beban 0,5 Ampere)			
	Waktu		Pemakaian KWH	Rupiah KWH	Waktu		Pemakaian KWH	Rupiah KWH
	Menit	Jam			Menit	Jam		
100 ml Rp. 750	13 : 06	0.21	0.184	Rp. 40.760/KWH	18 : 12	0.30	0.0264	Rp. 28.409/KWH
200 ml Rp. 1.500	28 : 43	0.47	0.0413	Rp. 36.319/KWH	40 : 12	0.67	0.0589	Rp. 25.466/KWH
300 ml Rp. 2.250	44 : 10	0.73	0.0642	Rp. 35.046/KWH	51 : 03	0.85	0.0748	Rp. 30.080/KWH
400ml Rp. 3.000	58 : 20	0.97	0.0853	Rp. 35.169/KWH	01 : 10 : 12	1.17	0.1029	Rp. 29.154/KWH
500 ml Rp. 3.750	01 : 12 : 00	1.2	0.1056	Rp. 35.511/KWH	01 : 28 : 34	1.47	0.1293	Rp. 29.001/KWH

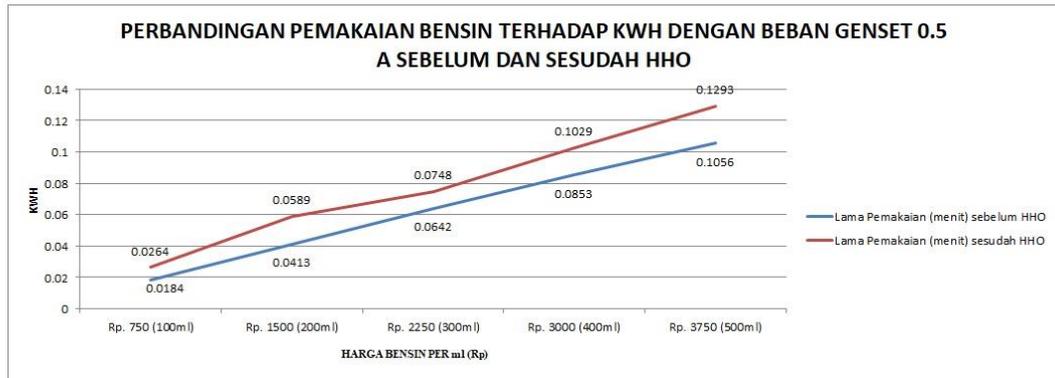
tabel 4.9. Data Hasil pemakaian energi Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO dengan Beban 1,5 A

Bensin	Tanpa Gas HHO (beban 1,5 Ampere)				Dengan Gas HHO (beban 1,5 Ampere)			
	Waktu		Pemakaian KWH	Rupiah KWH	Waktu		Pemakaian KWH	Rupiah KWH
	Menit	Jam			Menit	Jam		
100 ml Rp. 750	10 : 39	0.17	0.0448	Rp. 16.741/KWH	15 : 59	0.26	0.0686	Rp. 10.932/KWH
200 ml Rp. 1.500	25 : 10	0.41	0.1041	Rp. 15.000/KWH	31 : 30	0.52	0.13	Rp. 11.538/KWH
300 ml Rp. 2.250	39 : 51	0.66	0.17	Rp. 13.235/KWH	47 : 48	0.79	0.20	Rp. 11.250/KWH
400ml Rp. 3.000	54 : 30	0.90	0.23	Rp. 13.043/KWH	01 : 08 : 12	1.13	0.29	Rp. 10.344/KWH
500 ml Rp. 3.750	01 : 09 : 55	1.16	0.30	Rp. 12.500/KWH	01 : 22 : 00	1.36	0.35	Rp. 10.714/KWH

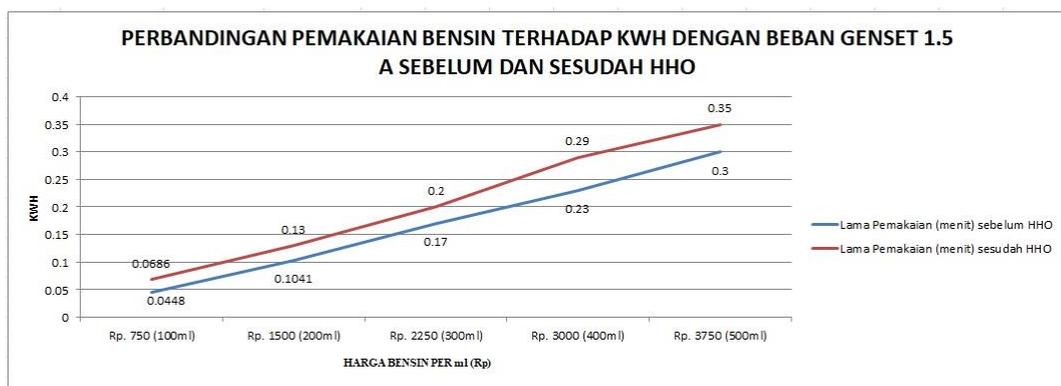
Tabel 4.10. Data Hasil pemakaian energi Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO dengan Beban 2,5 A

Bensin	Tanpa Gas HHO (beban 2,5 Ampere)				Dengan Gas HHO (beban 2,5 Ampere)			
	Waktu		Pemakaian KWH	Rupiah KWH	Waktu		Pemakaian KWH	Rupiah KWH
	Menit	Jam			Menit	Jam		
100 ml Rp. 750	09 : 47	0.16	0.07	Rp. 10.714/KWH	13 : 05	0.21	0.09	Rp. 8.333/KWH
200 ml Rp. 1.500	20 : 16	0.33	0.14	Rp. 10.714/KWH	25 : 43	0.42	0.18	Rp. 8.333/KWH
300 ml Rp. 2.250	29 : 15	0.48	0.21	Rp. 10.714/KWH	38 : 12	0.63	0.27	Rp. 8.333/KWH
400ml Rp. 3.000	39 : 03	0.65	0.28	Rp. 10.714/KWH	50 : 22	0.83	0.36	Rp. 8.333/KWH
500 ml Rp. 3.750	48 : 37	0.81	0.36	Rp. 10.416/KWH	01 : 01 : 02	1.01	0.44	Rp. 8.522/KWH

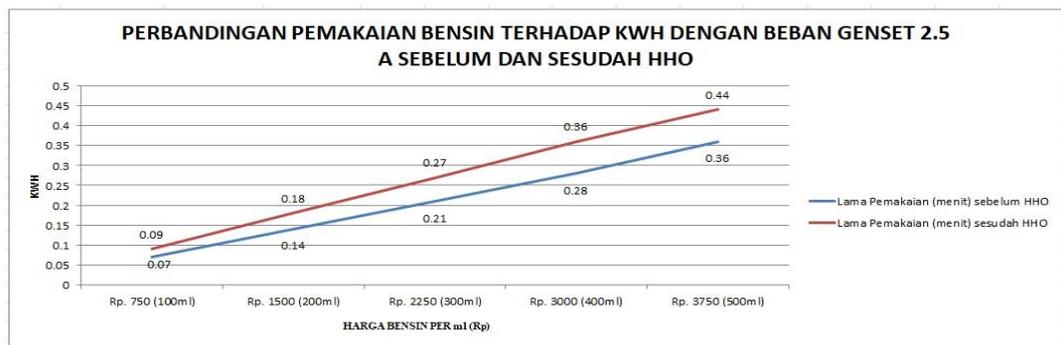
Setelah mendapatkan Hasil perhitungan, maka data di tuangkan ke dalam Grafik perbandingan untuk melihat perbedaan sebelum dan Sesudah menggunakan Gas HHO terjadi peningkatan atau tidaknya. Berikut dibawah ini adalah Grafik perbandingannya.



Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Jumlah KWH dengan Beban 0,5 A



Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Jumlah KWH dengan Beban 1,5 A



Gambar 4.8. Grafik Perbandingan Pemakaian Bensin Terhadap Jumlah KWH dengan Beban 2,5 A

Grafik diatas adalah perbandingan Pemakaian Bensin terhadap jumlah kwah dihasilkan dimana setelah menggunakan Gas HHO terjadi peningkatan pemakaian KWH. Berdasarkan pada (Tabel 4.10 Jumlah Pemakaian KWH Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO dengan Beban 2,5 A). sebelum menggunakan Gas HHO dengan pemakaian bensin 500ml seharga Rp. 3.750 waktu

pemakaiannya adalah 48.61 menit dengan pemakaian listrik 0.44 KWH. dan setelah menggunakan Gas HHO waktu pemakaiannya adalah 61.33 menit dengan pemakaian listrik 0,5555 KWH , sehingga setelah menggunakan Gas HHO dapat terjadi peningkatan waktu pemakaian 12.72 menit dengan pemakaian listrik 0,1166 KWH dengan pemakaian bensin yang sama

4.2.3 Perhitungan dan Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik

Data pada tabel dibawah adalah data konsumsi bahan bakar spesifik yang dinyatakan dalam Kg/kwh(*kilo gram/kilo watt hour*) yang diantaranya meliputi perhitungan waktu pemakaian Genset dinyatakan dalam (detik), perhitungan daya efektif motor, dan massa jenis bahan bakar (kg), untuk mengetahui langkah perhitungannya bisa di lihat pada rumus perhitungan di bawah ini :

Contoh data pada Tabel 4.13 Pemakaian bensin Terhadap konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*sfc*) sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO dengan beban 2,5 A (data nomer 5).

- 1) Perhitungan Daya Efektif

$$Ne = \frac{V \times I}{\eta_{gen} \times 1000} = \dots\dots Kwatt$$

$$Ne = \frac{220 \times 2,5}{0,85 \times 1000} = 0,64 Kwatt$$

Dimana :

V = tegangan listrik (volt)

I = Arus Listrik (Ampere)

η_{gen} = Efisiensi Mekanisme Generator(0,85)

- 2) Menghitung masa bahan bakar

$$M = \rho \cdot v$$

Dimana :

M : massa

ρ bensin : 900 kg/m^3

v : $500 \text{ ml} = 0,0005 \text{ m}^3$

$M = 900 \text{ kg/m}^3 \times 0,0005 = 0,45 \text{ kg}$

2) Perhitungan konsumsi Bahan Bakar Spesifik:

$$Sfc = \frac{m_{bb} \times 3600}{N_{e \times s}} = \text{Kg/Kwatt.jam}$$

$$sfc = \frac{0,09 \text{ Kg (konversi ml ke Kg)} \times 3600}{0,64 \text{ Kwatt} \times 3679 \text{ detik (konversi menit ke detik)}} = 0,68 \text{ Kg/Kwatt.jam}$$

dimana :

N_e : Daya efektif (Kwatt)

M_{bb} : Massa bahan Bakar (Kg)

S : Waktu konsumsi bahan Bakar (s)

Tabel 4.11. Data Pemakaian Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*sfc*) Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO dengan Beban 0,5 A

No	Massa Bensin (Kg)	Daya Efektif (KW)	Tanpa Gas HHO (beban 0,5 A)		Dengan Gas HHO (beban 0,5 A)	
			Waktu (Detik)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Kg/KWH)	Waktu (Detik)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Kg/KWH)
1	0,09 Kg	0,13 KW	786 S	3,17 Kg/KWH	1092 S	2,28 Kg/KWH
2	0,18 Kg	0,13 KW	1722 S	2,89 Kg/KWH	2412 S	2,06 Kg/KWH
3	0,27 Kg	0,13 KW	2649 S	2,82 Kg/KWH	3063 S	2,44 Kg/KWH
4	0,36 Kg	0,13 KW	3499 S	2,84 Kg/KWH	4201 S	2,37 Kg/KWH
5	0,45 Kg	0,13 KW	4320 S	2,88 Kg/KWH	5313 S	2,34 Kg/KWH

Tabel 4.12. Data Pemakaian Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*sfc*) Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO Dengan Beban 1,5 A

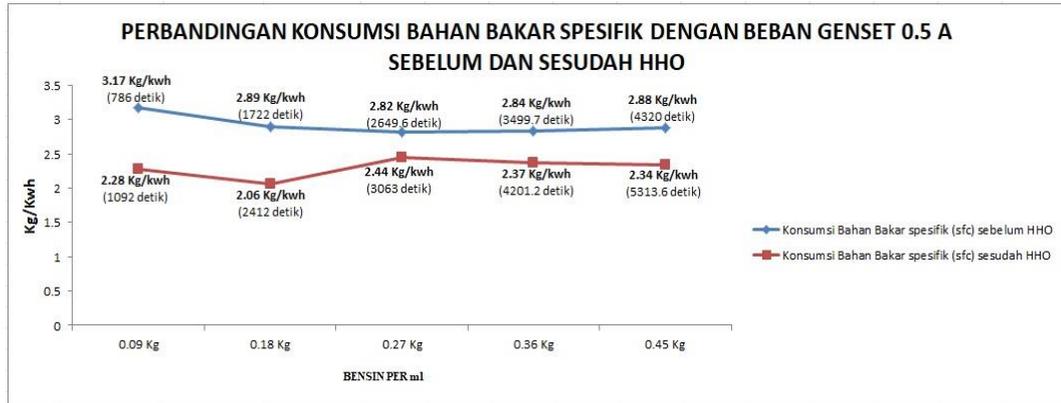
No	Massa Bensin (Kg)	Daya Efektif (KW)	Tanpa Gas HHO (beban 1,5 A)		Dengan Gas HHO (beban 1,5 A)	
			Waktu (Detik)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Kg/KWH)	Waktu (Detik)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Kg/KWH)
1	0,09 Kg	0,38 KW	639 S	1,33 Kg/KWH	958 S	0,88 Kg/KWH
2	0,18 Kg	0,38 KW	1509 S	1,12 Kg/KWH	1863 S	0,91 Kg/KWH
3	0,27 Kg	0,38 KW	2391 S	1,06 Kg/KWH	2868 S	0,89 Kg/KWH
4	0,36 Kg	0,38 KW	3291 S	1,03 Kg/KWH	4092 S	0,90 Kg/KWH
5	0,45 Kg	0,38 KW	4194 S	1,01 Kg/KWH	4920 S	0,86 Kg/KWH

Tabel 4.13. Data Pemakaian Bensin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*sfc*) Sebelum dan Sesudah Menggunakan Gas HHO Dengan Beban 2,5 A

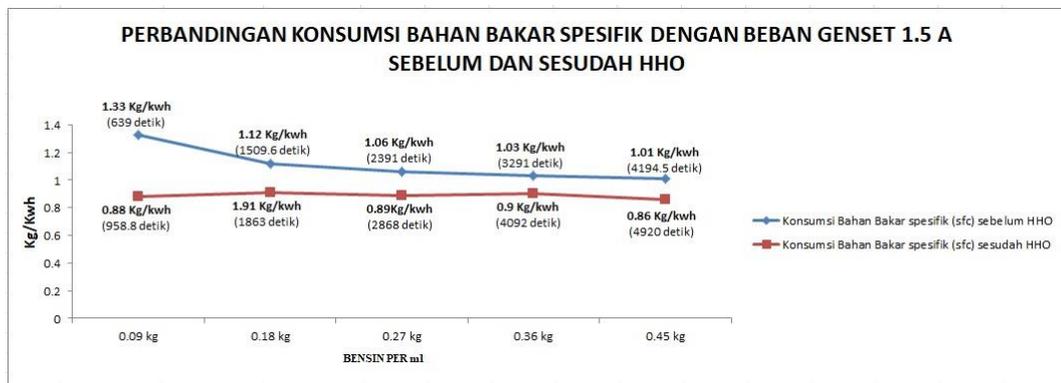
No	Massa Bensin (Kg)	Daya Efektif (KW)	Tanpa Gas HHO (beban 2,5 A)		Dengan Gas HHO (beban 2,5 A)	
			Waktu (Detik)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Kg/KWH)	Waktu (Detik)	Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (Kg/KWH)
1	0,09 Kg	0,64 KW	586 S	0,86 Kg/KWH	784 S	0,64 Kg/KWH
2	0,18 Kg	0,64 KW	1215 S	0,83 Kg/KWH	1542 S	0,65 Kg/KWH
3	0,27 Kg	0,64 KW	1755 S	0,865 Kg/KWH	2292 S	0,66 Kg/KWH
4	0,36 Kg	0,64 KW	2343 S	0,864 Kg/KWH	3021 S	0,67 Kg/KWH
5	0,45 Kg	0,64 KW	2916 S	0,867 Kg/KWH	3679 S	0,68 Kg/KWH

Setelah mendapatkan Hasil perhitungan, maka data di tuangkan ke dalam Grafik perbandingan untuk melihat perbedaan sebelum dan Sesudah

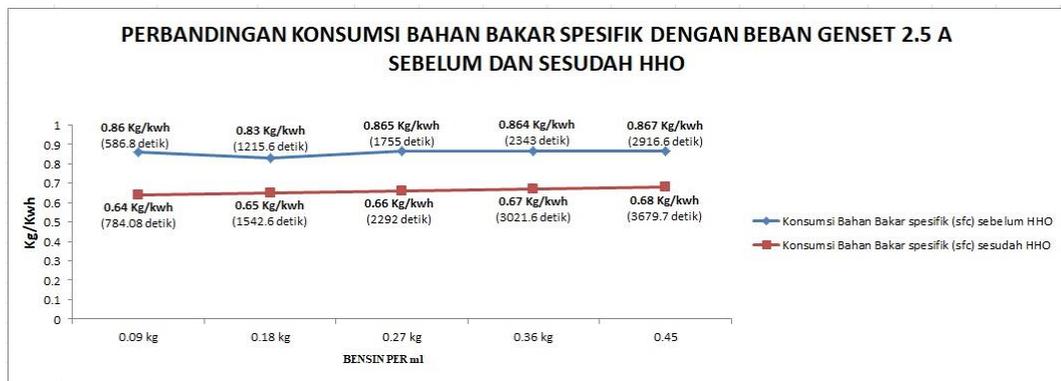
menggunakan Gas HHO terjadi peningkatan atau tidaknya. Berikut dibawah ini adalah Grafik perbandingannya.



Gambar 4.9. Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Sebelum dan Sesudah HHO (beban 0,5 A)



Gambar 4.10. Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Sebelum dan Sesudah HHO (beban 1,5 A)



Gambar 4.11. Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Spesifik Sebelum dan Sesudah HHO (beban 2,5 A)

Grafik perbandingan konsumsi bahan bakar dimana setelah menggunakan Gas HHO terjadi penghematan konsumsi bahan bakar. Berdasarkan pada contoh Tabel 4.13 Pemakaian bensin Terhadap konsumsi Bahan Bakar Spesifik (*sfc*) sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO dengan beban 2,5 A (nomer 5) sebelum menggunakan gas HHO dengan pemakaian bensin 500ml waktu pemakaiannya adalah 2916.6 detik dengan Konsumsi Bahan Bakar spesifiknya adalah 0,867 Kg/kwh dan setelah menggunakan Gas HHO waktu pemakaiannya adalah 3679,7 detik dengan Konsumsi bahan bakar spesifik adalah 0,68 Kg/kwh, sehingga setelah menggunakan Gas HHO ada penghematan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,2 Kg/kwh dan yang menarik di sertai dengan peningkatan waktu pemakaian sebesar 763.1 detik

4.3 Pembahasan

Setelah melakukan pengujian dan pengukuran, Gas HHO (*Hydrogen Hydrogen Oxygen*) dapat meningkatkan unjuk kerja mesin generator set, dimana dengan menggunakan penambahan Gas HHO pada bahan bakar Genset dapat memperlama waktu pemakaian listrik Genset, meningkatkan RPM motor Genset (data pada sub bab 4.1.3 (tabel 4.7) perbandingan RPM Genset sebelum dan sesudah Menggunakan gas HHO), menghemat biaya pemakaian bahan bakar bensin, untuk membuktikan adanya peningkatan unjuk kerja mesin Generator Set dengan penambahan Gas HHO (*Hydrogen Hydrogen Oxygen*) sebagai campuran bahan bakar.

Pada sub bab 4.1.3 adalah hasil pengujian dan pengukuran yang kemudian datanya akan dinalisa di bab 4.2 untuk dibandingkan antara sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO. perbandingan yang pertama adalah pada sub bab 4.2.2

perbandingan pemakaian bensin terhadap waktu, sebelum menggunakan Gas HHO waktunya adalah 48.61 menit dan setelah menggunakan Gas HHO menjadi 61.33 menit, didapatkan peningkatan waktu setelah menggunakan Gas HHO sebesar 12.72 menit atau 26% lebih lama.

Perbandingan yang kedua adalah pada sub bab 4.2.3 yakni perbandingan pemakaian bensin terhadap jumlah KWH yang dihasilkan sebelum dan sesudah menggunakan Gas HHO, perbandingan Pemakaian Bensin terhadap jumlah KWH dihasilkan dimana setelah menggunakan Gas HHO terjadi peningkatan pemakaian KWH. Sebelum menggunakan Gas HHO dengan pemakaian bensin 500ml/Rp. 3.750 waktu pemakaiannya adalah 48.61 menit dengan pemakaian listrik 0.36 KWH, setelah menggunakan Gas HHO waktu pemakaiannya adalah 61.33 menit dengan pemakaian listrik 0,44 KWH, sehingga setelah menggunakan Gas HHO dapat terjadi peningkatan waktu sebesar 12.72 menit dengan pemakaian listrik 0,1166 KWH.

Perbandingan yang ketiga pada sub bab 4.2.4 grafik perbandingan konsumsi bahan bakar spesifik dimana setelah menggunakan Gas HHO terjadi penghematan konsumsi bahan bakar, sebelum menggunakan Gas HHO dengan pemakaian bensin 500ml waktu pemakaiannya adalah 2916.6 detik dengan Konsumsi Bahan Bakar spesifiknya adalah 0,867 Kg/kwh dan setelah menggunakan Gas HHO waktu pemakaiannya adalah 3679,7 detik dengan Konsumsi bahan bakar spesifiknya adalah 0,68 Kg/kwh, sehingga setelah menggunakan gas HHO ada penghematan konsumsi bahan bakar spesifik sebesar 0,2 Kg/kwh dan yang menarik di sertai dengan peningkatan waktu pemakaian sebesar 763.1 detik.

4.4 Aplikasi Hasil Penelitian

Gas HHO adalah bahan bakar alternatif yang menggunakan air sebagai bahan baku utamanya dan dapat di aplikasikan pada sektor rumah tangga, kesehatan dan industri.

Pada sektor industri aplikasi nyata nya Gas HHO dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar mesin yang menggunakan motor bakar sebagai *prime over/* penggerak utama nya seperti mesin Genset, Motor, Mobil, motor Perahu nelayan, yang akan meningkatkan kerja mesin bakar dengan tujuan menghemat penggunaan bahan bakar, meningkatkan performa mesin, mengurangi emisi gas buang karena bahan baku gas HHO berasal dari air. Dan juga sebagai mesin las *blowtorch* HHO dikarenakan Gas HHO mempunyai *octan* yang tinggi untuk dibakar.

Sektor rumah tangga dapat dijadikan Kompor berbahan bakar Gas HHO pengganti Gas elpiji. Adapun untuk pengembangan Pada sektor kesehatan dapat digunakan sebagai terapi air hydrogen/air oxyhydrogen.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian pengujian peningkatan unjuk kerja Generator set 4 tak kapasitas 1100 watt dengan penambahan Gas HHO (*Hydrogen Hydrogen Oksigen*) sebagai campuran bahan bakar dapat disimpulkan bahwa :

- 1) Kinerja genset sebelum menggunakan campuran Gas HHO dengan bensin 500ml dan beban 2,5 A dapat hidup selama 48.61 menit dengan pemakaian listrik 0.36 KWH dan konsumsi Bahan Bakar spesifiknya adalah 0,867 Kg/kwh.
- 2) Kinerja genset setelah menggunakan campuran Gas HHO dengan bensin 500ml dan beban 2,5 A dapat hidup selama 61.33 menit dengan pemakaian listrik 0,44 KWH dan konsumsi bahan bakar spesifiknya adalah 0,68 Kg/kwh.

Setelah melalui perbandingan penggunaan genset menggunakan Gas HHO terdapat peningkatan waktu setelah menggunakan Gas HHO sebesar 12,72 menit atau 26% lebih lama hidup dengan pemakaian 0,1166 KWH dan *sfc* sebesar 0,2 Kg/kwh.

5.2. Saran

Berdasarkan proses penelitian. bahwasan nya Gas HHO adalah energi alternatif yang masih sangat bisa unuk dikembangkan, maka Peneliti menyarankan pengembangan Gas HHO dapat dimanfaatkan secara optimal yaitu:

- 1) Dengan hasil penelitian ini, Gas HHO dapat dikembangkan sebagai penghemat bahan bakar minyak pada mesin Generator set.
- 2) Pengembangan sebagai bahan bakar utama Genset. Dalam hal ini perlu pengembangan lebih lanjut
- 3) Usahakan pada pengembangan selanjutnya dapat meningkatkan produksi gasnya dari yang sebelumnya yaitu 0,63 liter per menit, dikarenakan hal itu berpengaruh terhadap kinerja Genset
- 4) Usahakan pada pengembangan selanjutnya penelitian tentang jarak kerapatan antar elektroda plat untuk meningkatkan hasil produksi gas

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Baradja. (2013). *Demonstrasi Sains Kimia*. Bandung: Nuansa Cendekia
- Bachri. Analisis Efisiensi Pemakaian Daya Listrik di Universitas Islam Lamongan. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Lamongan*.
- Hidayatullah, Mustari. (2008). *Rahasia Bahan Bakar Air*. Jakarta: Ufuk Press
- www.iksan35.wordpress.com, diakses pada tanggal 5 Februari 2018 pukul 18:00WIB
- Kadir. (1982). *Energi*. Jakarta: UI-Press
- Karyadi. 2016. Pengaruh Penggunaan Pulse Width Modulation (PWM) Terhadap Unjuk Kerja Generator Elektrolisis Penghasil Gas Hidrogen. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- Pudjanarsa, Nursuhud. (2013). *Mesin Konversi Energi*. Yogyakarta: Penerbit Andi
- Rahmawati. (2013). *Elektrokimia Transformasi Energi Kimia - Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Riyanto. (2013). *Elektrokimia dan Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu
- Tumilar Gabriel. (2015). Optimalisasi penggunaan bahan bakar pada generator set dengan menggunakan proses elektrolisis. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*.
- Wirawan & Djoko. Pengaruh penambahan gas HHO terhadap unjuk kerja mesin diesel putaran konstan dengan variasi massa katalis KOH pada generator gas HHO. *Jurnal Jurusan Teknik Mesin ITS*.

Lampiran 1

LAMPIRAN
DOKUMENTASI

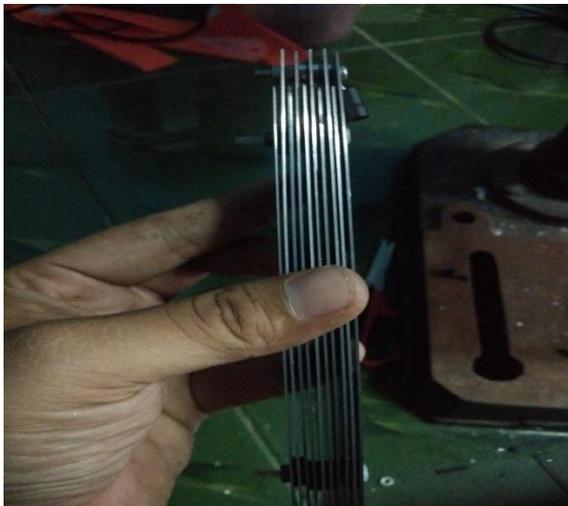
FOTO	KETERANGAN
	<p>Melakukan tes RPM</p>
	<p>Jalur masuk gas HHO</p>
	<p>Proses perakitan alat</p>



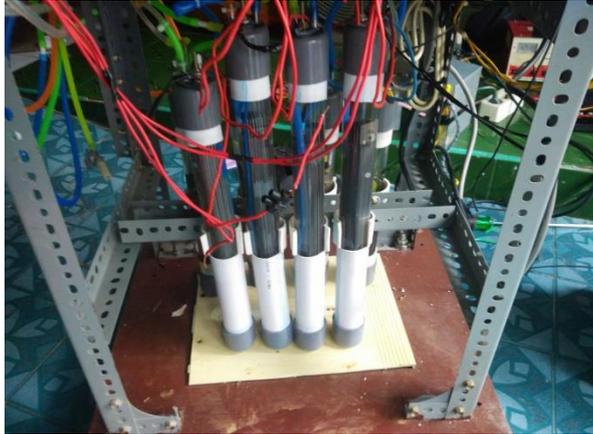
Tes *output* gas



Rangka alat



Elektroda



Tabung elektrolisa



Generator set 4 tak 1100 Watt

RIWAYAT HIDUP



Dahono Gusti Adhi Paksi Benowo, lahir di Jakarta pada tanggal 16 Agustus 1994 yang merupakan anak pertama dari Bapak Dwi Gunawan Saputra dan Ibu Mulyati. Riwayat pendidikan SD Negeri Sumber Jaya 01 Tambun Selatan pada tahun 2000 – 2006, SMP Negeri 1 Tambun Selatan 2006 – 2009, dan SMA Negeri 1 Cibitung pada tahun 2009 – 2012. Selanjutnya pada tahun ajaran 2012 peneliti mengikuti tes Seleksi Mandiri UNJ yang mengantarkannya ke Universitas Negeri Jakarta pada Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Elektro, Konsentrasi Pembangkit Listrik. Selama masa perkuliahan peneliti menjalani program PKL (Praktik Kerja Lapangan) di PT. Kereta Api Indonesia mulai 19 Januari sampai 19 Februari 2015. Peneliti juga menjalani program KKN (Kuliah Kerja Nyata) di Desa Wantilan, Kec. Pagaden, Kab. Subang, Jawa Barat mulai dari 25 Juli sampai 29 Agustus 2015. Selain itu, peneliti juga menjalani program PKM (Praktik Keterampilan Mengajar) di SMK Bina Karya Mandiri Bekasi sebagai guru mata pelajaran program Keahlian Teknik Instalasi Tenaga Listrik di tingkat X, XI, XII terhitung dari 15 September sampai 27 November 2015.