

**PEMBUATAN GENERATOR GAS HHO DAN  
PENGARUHNYA TERHADAP EMISI GAS BUANG DAN  
KONSUMSI BAHAN BAKAR PADA SEPEDA MOTOR 4 TAK  
135 CC.**



**MEYWAN VADLY  
NIM 5315082337**

**Skripsi ini Ditulis Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN  
JURUSAN TENIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

**2014**

## ABSTRAK

Meywan Vadly, Pembuatan Generator HHO dan pengaruhnya terhadap emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor 4tak 135cc. Jakarta: Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta, Mei 2014.

Konsumsi BBM di Indonesia semakin mengalami peningkatan. Berbagai cara penghematan dalam penggunaan BBM perlu dilakukan. Berbagai hal pun dilakukan untuk menyiasati penghematan BBM untuk kendaraan bermotor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *HHO gas* pada campuran bensin dan udara terhadap emisi gas buang CO dan HC pada mesin empat tak empat silinder dan terhadap konsumsi bahan bakar mesin sepeda motor 4 tak. Metode yang digunakan adalah eksperimen, dengan pengujian uji “t” untuk melihat seberapa signifikan pengaruhnya.

*Generator HHO* merupakan tempat penampungan larutan *elektrolit*, sekaligus tempat berlangsungnya proses elektrolisis untuk menghasilkan gas *HHO*. Gas *HHO* sering disebut juga *hydroxy*. Dalam pembakaran dapat menghasilkan energi yang banyak dan hanya membutuhkan arus listrik yang kecil. Perlu diketahui bahwa bahan bakar gas dimaksud bukanlah gas Hidrogen ( $H_2$ ) murni yang merupakan gas diatomik melainkan sering disebut dengan “*HHO* atau *gas Hydroxy*”

Mesin yang ditambahkan *HHO gas* dapat mengurangi emisi kadar gas CO. Besarnya penurunan CO secara keseluruhan adalah 8,5 % dengan nilai CO pada mesin tanpa *HHO gas* sebesar 3,147 % *volume* dan nilai CO pada mesin dengan *HHO gas* sebesar 2,88 % *volume*. HC yang dihasilkan dari mesin dengan *HHO gas* juga mengalami penurunan. Besarnya penurunan HC secara keseluruhan adalah 11,1 % dengan nilai HC pada mesin tanpa *HHO gas* 236 ppm dan HC pada mesin dengan *HHO gas* 209,9 ppm.

Besarnya penurunan konsumsi bahan bakar secara keseluruhan adalah 17,8%. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk konsumsi 10 ml bahan bakar mulai dari putaran idle sampai dengan kecepatan 50km/jam dari mesin tanpa *HHO gas* adalah 174 detik. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk konsumsi 10 ml bahan bakar mulai dari putaran idle sampai dengan kecepatan 50km/jam dari mesin dengan *HHO gas* adalah 205 detik. Rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk konsumsi 10 bahan bakar dengan *HHO gas* dikurang rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk konsumsi bahan bakar tanpa *HHO gas* adalah 31 detik

Kata kunci : Elektrolisa Air, *HHO gas*, *Brown Gas*, Karburator, Emisi Gas Buang Motor Bensin, Konsumsi bahan bakar.

## ABSTRAK

Meywan Vadly, Making HHO Generator and its effect on exhaust emissions and fuel consumption on a 4 stroke 135cc motorcycle. Jakarta: Department of Mechanical Engineering, State University of Jakarta, May 2014.

Fuel consumption in Indonesia has increased. Different ways of saving in fuel use needs to be done. Various terms have been undertaken to deal with the fuel savings for motorists. Environmental pollution is of particular concern for both the government and society. Especially in Jakarta, be it air pollution, water pollution and soil contamination.

HHO Generator is a reservoir of electrolyte solution, and where the process of electrolysis to produce HHO gas. HHO gas is often referred to as hydroxy. In combustion can generate a lot of energy and requires only a small electric current. Keep in mind that the fuel gas is not hydrogen gas (H<sub>2</sub>) which is a pure diatomic gas but is often called "HHO or Hydroxy gas. The term refers to the production Oxyhydrogen Hydroxy generated from elektrosis process (electrolysis:  $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$ ). Hydroxy gas is a mixture of hydrogen (H<sub>2</sub>) and oxygen gas (O<sub>2</sub>) that is usually in a 2:1 molar ratio, the same proportion as water.

Added HHO gas engine can reduce emissions of CO gas concentration. The magnitude of reduction in CO as a whole is 8.5% with a value of CO on a machine without HHO gas at 3.147% volume and value of CO on a machine with HHO gas volume by 2.88%. HC generated from the engine with HHO gas also decreased. The magnitude of the overall reduction in HC was 11.1% with a value of HC on a machine without HHO gas and 236 ppm HC on HHO gas engine with 209.9 ppm.

The magnitude of reduction in overall fuel consumption was 17.8%. The average time required for consumption 10 ml of fuel from idle up to speed rotation of the engine 50km/jam without HHO gas is 174 seconds. The average time required for consumption 10 ml of fuel from idle up to speed rotation of the engine 50km/jam with HHO gas is 205 seconds. The average time required for the fuel consumption by 10 gas HHO minus the average time required for fuel consumption without HHO gas is 31 seconds .

Keywords: water electrolysis, HHO gas, Brown's Gas, Carburetor, Motor Gasoline Exhaust Emissions, Fuel Consumption

## LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : **Pembuatan Generator gas HHO dan pengaruhnya terhadap emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar pada sepeda motor 4tak 135cc**

Nama : Meywan Vadly

No. Registrasi : 5315082337

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

### DOSEN PEMBIMBING

<b>Nama/Jabatan</b>	<b>Tanda Tangan</b>	<b>Tanggal</b>
Dosen Pembimbing I <b>Drs. Adi Tri Tyassmadi, M.Pd.</b> NIP. 196105211986021001	(.....)	(.....)
Dosen Pembimbing II <b>Nugroho Gama Yoga, S.T, M.T.</b> NIP. 197602052006041001	(.....)	(.....)

### DOSEN PENGUJI

Ketua Sidang <b>Drs. Tri Bambang AK, M.Pd.</b> NIP. 196412021990031002	(.....)	(.....)
Sekretaris Sidang <b>I Wayan Sugita, S.T, M.T.</b> NIP. 197911142012121001	(.....)	(.....)
Dosen Ahli <b>Ahmad Kholil, S.T, M.T.</b> NIP. 197908312005011001	(.....)	(.....)

### **Mengetahui**

Ketua Jurusan Teknik Mesin  
Universitas Negeri Jakarta

**Dr. Eng. Agung Premono, M.T.**  
NIP. 197705012001121002

## **LEMBAR PERNYATAAN**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Meywan Vadly

No. Registrasi : 5315082337

Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Universitas : Universitas Negeri Jakarta

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa penulisan skripsi yang saya buat ini adalah benar hasil karya saya dan bukan salinan dari karya orang lain, kecuali beberapa kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Jakarta, Mei 2014

Meywan Vadly

## KATA PENGANTAR

Assalamu`alaikum Wr. Wb.

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT. Atas rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sesuai dengan yang penulis kehendaki. Tak lupa pula penulis ucapkan terima kasih kepada:

1. Dr.Eng. Agung Premono, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin FT UNJ.
2. Akhmad Kholil, M.T., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin FT UNJ.
3. Drs. Adi Tri Tyassmadi, M.Pd., selaku Dosen Pembimbing Satu.
4. Nugroho Gama Yoga,S.T. M.T., selaku Dosen Pembimbing Dua.
5. Keluarga tercinta Ayahanda Soeyono, Ibunda Lilik S, Ananda Nasrul Fuady dan Andre alfiansyah yang memberikan dukungan baik materil maupun moril.
6. Rekan Panwaslu Kec.Cimanggis, Depok, yang berkenan memberikan dukungan moril dan semua bentuk dukungan kepada saya.
7. Adinda Nazia Lestari yang telah memberikan dukungan, Doa dan semangat tanpa henti hingga penulisan ini dapat saya selesaikan.
8. Kerabat terdekat Faisal, Fadhil, Alvi, Dicky, Zaka, Hakam, Hafiz, Yogi dan seluruh teman Opak-Opak Jurusan Teknik Mesin UNJ yang memberikan semangat dalam penulisan ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan Skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu saran dan kritik selalu terbuka guna perbaikan pada penulisan yang akan datang.

Jakarta, Mei 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
HALAMAN JUDUL	
ABSTRAK.....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1.Latar Belakang Masalah.....	1
1.2.Identifikasi Masalah.....	3
1.3.Pembatasan Masalah.....	3
1.4.Rumusan Masalah.....	3
1.5.Tujuan Penelitian .....	4
1.6.Kegunaan Penelitian .....	4
<b>BAB II KAJIAN TEORI</b>	
2.1.Generator <i>HHO</i> .....	5
2.1.1  Komponen-Komponen <i>Generator HHO</i> .....	6
2.1.2.  Proses <i>Elektrolisis</i> dan cara kerja <i>Generator HHO</i> ...	11
2.1.3.  Cara Kerja <i>Generator HHO</i> .....	17
2.1.4.  Produksi <i>Gas HHO</i> .....	17
2.1.5.  Kelebihan dan kekurangan <i>Generator HHO</i> .....	19
2.1.6.  Bahan Bakar Bensin.....	19
2.1.7.  Sistem bahan bakar .....	20
2.1.8.  Proses Pembakaran Pada Motor Bensin .....	30
2.1.9.  Emisi Gas Buang.....	32
2.2. Hipotesis Penelitian .....	37

### BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	38
3.2. Metode Penelitian .....	38
3.3. Instrumen Penelitian .....	41
3.4. Prosedur Penelitian .....	45
3.4.1. Diagram Alir Penelitian .....	45
3.4.2. Studi Literatur .....	46
3.4.3. Proses pembuatan <i>Generator HHO</i> .....	46
3.4.4. Penyiapan Bahan .....	58
3.5. Pengujian .....	59
3.5.1. Pengujian emisi bahan bakar .....	60
3.5.1.1. Percobaan pertama .....	61
3.5.1.2. Percobaan Kedua .....	62
3.5.2. Pengujian Konsumsi Bahan bakar .....	64
3.6. Teknik analisis data .....	65
3.7. Hipotesis statistik .....	66

### BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil pengujian emisi gas buang .....	67
4.1.1. Hasil Uji tanpa menggunakan <i>gas HHO</i> .....	67
4.1.2. Hasil Uji dengan menggunakan <i>HHO gas (5A)</i> .....	67
4.1.3. Hasil Uji dengan menggunakan <i>HHO gas(10A)</i> .....	68
4.2. Hasil pengujian Konsumsi Bahan Bakar .....	69
4.2.1. Hasil Uji konsumsi bahan bakar dan <i>HHO gas</i> .....	69
4.3. Pembahasan .....	70
4.3.1. Pembahasan emisi bahan bakar .....	70
4.3.2. Pembahasan konsumsi bahan bakar .....	78
4.4. Pengujian Hipotesis .....	81
4.5. Biaya Pembuatan .....	84



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.Kesimpulan .....	85
5.2.Saran .....	86

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1. Komponen-Komponen <i>Generator HHO</i> .....	6
Tabel 2.2. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan.....	37
Tabel 3.1. Instrumen Penelitian .....	41
Table 3.2. Format Pengambilan Data Emisi Gas Buang Tanpa <i>HHO gas</i> .....	59
Table 3.3. Format Pengambilan Data Emisi Gas Buang Dengan <i>HHO gas</i> .....	62
Tabel 3.4. Format Pengambilan Data Emisi Gas Buang Dengan <i>HHO gas</i> .	64
Tabel 4.1. Rata-Rata Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Tanpa <i>Gas HHO</i> .....	67
Tabel 4.2. Rata-Rata Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Dengan <i>Gas HHO (5A)</i> .....	68
Tabel 4.3. Rata-Rata Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Dengan <i>Gas HHO (10A)</i> .....	68
Tabel 4.4. Hasil rata-rata Uji konsumsi bahan bakar. ....	75
Tabel 4.5. Perhitungan Untuk Memperoleh Harga “t” dari nilai CO. ....	81
Tabel 4.6. Perhitungan Untuk Memperoleh Harga “t” dari nilai HC .....	82
Tabel 4.7. Daftar harga Bahan pembuatan Generator HHO .....	89

## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1. <i>Generator HHO</i> .....	6
Gambar 2.2. <i>Acrylic</i> untuk <i>chasing</i> .....	7
Gambar 2.3. <i>Stainless steel</i> .....	7
Gambar 2.4. Karet Seal .....	8
Gambar 2.5. <i>Bubbler</i> .....	8
Gambar 2.6. <i>Elbow fitting</i> .....	9
Gambar 2.7. <i>PE Tube</i> selang.....	9
Gambar 2.8. Selang bensin .....	10
Gambar 2.9. Kabel .....	10
Gambar 2.10. Filter .....	10
Gambar 2.11. Skema Proses Elektrolisa Air.....	12
Gambar 2.12. Skema Aliran <i>HHO Gas</i> .....	15
Gambar 2.13. bagian dari sebuah Unit Generator HHO .....	16
Gambar 2.14. Komponen Sistem Bahan Bakar Sepeda Motor.....	21
Gambar 2.15. Karburator sepeda motor .....	22
Gambar 2.16. Prinsip Kerja Karburator 1 .....	24
Gambar 2.17. Prinsip Kerja Karburator 2 .....	27
Gambar 2.18. Karburator Mencampur Udara – Bahan Bakar.....	28
Gambar 2.19. Grafik Perbandingan Udara – Bahan Bakar.....	29
Gambar 3.1. Selang dari Generator menuju karburator .....	42
Gambar 3.2(a). <i>Generator HHO</i> yang sudah dipasang.....	42
Gambar 3.2(b). <i>Generator HHO</i> yang sudah dipasang tampak atas .....	42
Gambar 3.3. <i>Emmision Analyzer</i> .....	43
Gambar 3.4. Sodium Hidroksida (NaOH) .....	43
Gambar 3.5. Air Distilasi .....	44

Gambar 3.6. <i>Tachometer</i> dan suntikan.....	44
Gambar 3.7. Diagram Alir Penelitian .....	45
Gambar 3.8. Persiapan Alat untuk pembuatan <i>Generetor HHO</i> .....	46
Gambar 3.9. Mika acrilik yang sudah dipotong.....	47
Gambar 3.10. Mika <i>acrilik</i> yang sedang di bor.....	47
Gambar 3.11.(a). Plat <i>steinless</i> yang akan di potong.....	48
Gambar 3.11.(b-c). Plat <i>steinless</i> yang sudah di potong segi 8 .....	49
Gambar 3.11.(d). Plat <i>steinless</i> bentuk berbeda sebagi anoda dan katoda....	49
Gambar 3.12. Seal untuk Plat <i>steinless</i> yang sudah di potong.....	50
Gambar 3.13 Semua bahan plat yang sudah di buat dan siapkan .....	50
Gambar 3.14. Semua alat dan bahan yang akan dirangkai .....	51
Gambar 3.15. Gambar skema plat <i>Generator HHO</i> .....	51
Gambar 3.16. Memasang mur, baut pada chasing belakang.....	52
Gambar 3.17. Memasang karet seal pada chasing belakang.....	52
Gambar 3.18. Memasang kutup negative (-).....	53
Gambar 3.19. Memasang cell plat netral (N).....	53
Gambar 3.20. Memasang seal karet di antara plat – plat. ....	54
Gambar 3.21. Memasang Plat untuk kutub Positif (+). ....	54
Gambar 3.22. Memasang plat netral setelah kutub positif.....	55
Gambar 3.23. Memasang plat kutub negatif.....	55
Gambar 3.24 Memasang cover penutup depan.....	56
Gambar 3.25. Memasang mur pada baut <i>Generator hho</i> .....	56
Gambar 3.26. Memasang <i>elbow fitting</i> untuk aliran air dan gas <i>hho</i> .....	57
Gambar 3.27. Generator HHO yang sudah jadi .....	57
Gambar 3.28. Larutan Sodium Hidroksida (NaOH) .....	58
Gambar 3.29. <i>Emission Analyzer</i> yang Siap Digunakan .....	60
Gambar 3.30. Memasukkan <i>Probe</i> Pada Knalpot.....	61
Gambar 3.31. Diagram Alir Pengoperasian <i>Emmision Analyzer</i> .....	60
Gambar 3.32. Selang <i>Gas HHO</i> Terpasang Pada <i>karburator</i> .....	62

Gambar 4.1. Grafik Perbandingan Rata-Rata Kadar CO .....	74
Gambar 4.2. Grafik Perbandingan Rata-Rata Kadar CO <sub>2</sub> .....	77
Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Rata-Rata Kadar O <sub>2</sub> .....	78
Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Rata-Rata HC.....	79
Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Rata-Rata AFR.....	81
Gambar 4.6. Grafik rata-rata konsumsi bahan bakar sebelum dan sesudah ditambah hho gas .....	82

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang Masalah**

Ditahun 2014 ini, Konsumsi BBM di Indonesia semakin mengalami peningkatan. Sudah pasti berbagai cara penghematan dalam penggunaan BBM perlu dilakukan. Berbagai hal pun dilakukan untuk menyiasati penghematan BBM untuk kendaraan bermotor.

Pencemaran lingkungan menjadi perhatian khusus baik bagi pemerintah maupun masyarakat. Khususnya di DKI Jakarta, baik itu pencemaran udara, air maupun tanah.

Satu hal yang paling penting adalah kita bernafas memerlukan udara yang kita hirup harus bersih dari partikel-partikel beracun yang dapat mengganggu pernafasan kita.

Setiap hari banyak sekali kendaraan bermotor melintasi jalan di DKI Jakarta, sehingga pencemaran udara di sepanjang jalan tersebut. Oleh sebab itu, udara kota Jakarta pun tercemari oleh gas buang kendaraan bermotor.

Pencemaran udara oleh kendaraan bermotor bukanlah kendaraan baru, tetapi kendaraan yang sudah lama dipakai, karena kendaraan tersebut tidak bisa mencapai standar seperti kendaraan yang baru pada mesinnya. Misalnya pada mesin yang masih menggunakan system bahan bakar konvensional, yaitu karburator. Karena melakukan servis tiap kilometer yang ditentukan sehingga ada komponen yang harus dibongkar dan dipasang kembali seperti jarum penyatel

udara dan bensin. Hal ini dapat mengakibatkan komponen-komponen tidak bisa bekerja secara optimal seperti yang baru. Akibat ini karburator tidak bisa mencampurkan bahan bakar dan udara yang ideal sepanjang mesin hidup. Apabila karburator tidak bisa mencampurkan bahan bakar dan udara dengan ideal, seperti campuran kaya atau bahan bakar lebih banyak dari udara maka terjadilah pembakaran tidak sempurna yang akibatnya dapat menimbulkan gas karbon monoksida (CO).

Gas buang kendaraan mengandung unsur karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) dan NO<sub>2</sub> (nitrogen dioksida). Ketiga unsur ini dapat mengganggu sistem pernafasan. I Gusti Bagus W. K. (2002) mengemukakan bahwa unsur gas karbon monoksida (CO) bersifat racun bagi darah manusia pada saat pernafasan, akibatnya berkurangnya oksigen pada jaringan darah. Jumlah CO yang terdapat di dalam darah, lamanya dihirup dan kecepatan pernapasan menentukan jumlah karboksihemoglobin (kombinasi hemoglobin/karbon-monoksida) di dalam darah, dan jika jumlah CO sudah mencapai jumlah tertentu/jenuh di dalam tubuh maka akan menyebabkan kematian. Sedangkan unsur nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dapat merusak jaringan paru-paru dan jika bersama H<sub>2</sub>O akan membentuk *nitric acid* (HNO<sub>3</sub>) yang pada gilirannya dapat menimbulkan hujan asam yang sangat berbahaya bagi lingkungan<sup>1</sup>.

*HHO gas* adalah hasil elektrolisa air yang dicampur dengan kalium hidroksida (KOH). *Generator HHO* bekerja menggunakan listrik DC yang

---

<sup>1</sup> I Gusti Bagus Wijaya Kusuma, "Alat Penurun Emisi Gas Buang Pada Motor, Mobil, Motor Tempel dan Mesin Pembakaran Tak Bergerak" (Skripsi yang tidak diterbitkan, Fakultas Teknik Universitas Udayana Bali, 2002, hlm. 95.)

diambil dari baterai kendaraan dan diletakkan pada bagian *karburator* sehingga *gas HHO* dapat dihisap ke silinder dan bercampur dengan bahan bakar.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara kerja *Generator HHO*?
- b. Apa komponen-komponen *Generator HHO*?
- c. Bagaimana cara membuat *Generator HHO*?
- d. Bagaimana perakitan *Generator HHO* pada kendaraan?
- e. Apakah hasil pembakaran *gas HHO* dan Bensin menghemat Bensin ?
- f. Apakah hasil pembakaran *gas HHO* dan Bensin dapat mengurangi emisi gas buang?

## 1.3 Batasan Masalah

Melihat luasnya masalah yang ada, maka masalah dibatasi pada cara kerja, pembuatan komponen-komponen, perakitan serta hasil penghematan dan emisi gas buang pada pembakaran menggunakan bensin yang diberikan *gas HHO*.

## 1.4 Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah, maka rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana cara kerja *Generator HHO*?
- b. Apa komponen-komponen *Generator HHO*?



- c. Proses perakitan *Genererator HHO*?
- d. Apakah hasil pembakaran bensin yang diberikan *gas HHO* dapat menghemat penggunaan Bensin?
- e. Apakah hasil pembakaran bensin yang diberikan *gas HHO* dapat mengurangi emisi gas buang?

### **1.5 Tujuan penelitian**

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan *HHO gas* pada campuran bensin dan udara terhadap emisi gas buang CO dan HC pada mesin empat tak empat silinder dan terhadap konsumsi bahan bakar mesin sepeda motor 4 tak.

### **1.6 Kegunaan Penelitian**

Kegunaan penelitian ini adalah:

- a. Sebagai referensi bagi jurusan otomotif untuk pengembangan teknologi untuk kendaraan yang lebih Hemat.
- b. Sebagai referensi bagi jurusan otomotif untuk pengembangan teknologi untuk kendaraan yang ramah lingkungan.

## BAB II

### KAJIAN TEORI

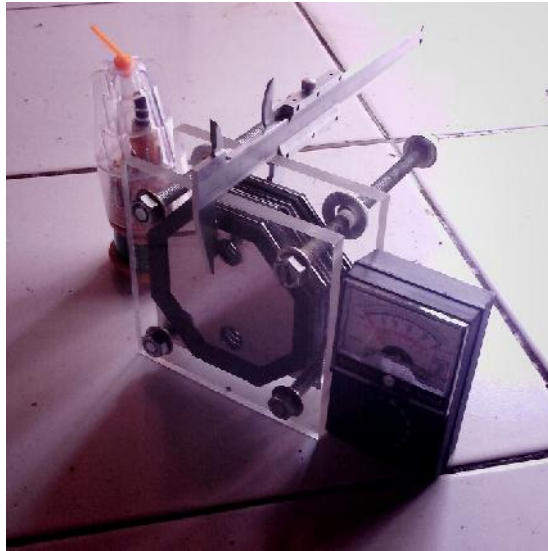
#### 2.1. *Generator gas HHO*

*Generator HHO* merupakan tempat penampungan larutan *elektrolit*, sekaligus tempat berlangsungnya proses elektrolisis untuk menghasilkan gas *HHO*. *Gas HHO* sering disebut juga *hydroxy*. Dalam pembakaran dapat menghasilkan energi yang banyak dan hanya membutuhkan arus listrik yang kecil. Perlu diketahui bahwa bahan bakar gas dimaksud bukanlah gas Hidrogen (H<sub>2</sub>) murni yang merupakan gas diatomik melainkan sering disebut dengan “*HHO* atau *gas Hydroxy*. Istilah *Hydroxy* mengacu pada produksi *Oxyhydrogen* yang dihasilkan dari proses elektrolisis (electrolysis:  $2 \text{ H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{ H}_2 + \text{ O}_2$  ). Hidroksi adalah campuran gas Hidrogen (H<sub>2</sub>) dan gas Oksigen (O<sub>2</sub>) yang biasanya dalam rasio 2:1 molar, proporsi yang sama seperti air. Oleh sebab itu disebut dengan gas *HHO*.

Gambar yang terlihat pada gambar 2.1 adalah *Generator HHO* yang memisahkan molekul air (H<sub>2</sub>O) dalam aturan tertentu menjadi 2H untuk Hidrogen dan 1O untuk oksigen. Kombinasi dalam bentuk gas ini disebut gas *HHO*. Ada juga yang menamakannya gas *rhodes* atau *brown gas*, mengacu kepada nama dua orang penemunya yaitu William A. Rhodes dan Prof. Yull Brown.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Poempida Hidayatullah dan Futung Mustari, *Rahasia Bahan Bakar Air* (Jakarta : Ufuk Press, 2008), hlm. 29.



Gambar 2.1. *Generator HHO*

*HHO gas* terbakar lebih sempurna, dan menghasilkan energi yang banyak. Yang menarik alat inipun menggunakan daya listrik yang kecil dan membutuhkan sedikit air.

### 2.1.1 Komponen-Komponen *Generator HHO*

Adapun komponen-komponen *Generator HHO* sebagai berikut:

Tabel 2-1. Komponen-Komponen *Generator HHO*

No.	Item	Ukuran	Jumlah
1.	Acrilik Mika	11x11x0.8 cm	2
2.	Plat elektroda, stainless steel type Grade 316 L, tebal 1 mm	9 x 9 cm	9
3.	Karet seal	9 x 9 cm	10
4.	Baut	12 mm	4
5.	Mur	12 mm	12
6.	Bubbler coupling		1

7.	Elbow fitting	¼ inci NPT	8
8.	PE Tube selang	¼ inci NPT	2
9.	Slang bensin		1
10.	Kabel	8 mm x 120 cm	1
11.	Filter udara		1 set
12.	Sekering dan rumah sekering	10 A	1

a. Acrilik berfungsi sebagai *Chasing* untung generator HHO.



Gambar 2.2. Acrylic untuk *chasing*.

b. *Stainless steel* tipe SS316L.



Gambar 2.3. *Stainless steel* .

- c. Karet seal dibentuk sesuai ukuran Plat *steinless steel*



Gambar 2.4. Karet Seal .

- d. Mur, Baut, Ring plat, Ring per, dan *Wing nut* berfungsi sebagai pengikat kabel dan sebagai terminal masing-masing kabel.
- e. Bubbler coupling berfungsi sebagai pengatur gelembung *gas HHO* dipasang pada *Generator*.



Gambar 2.5. *Bubbler*

- f. Elbow fitting berfungsi sebagai tempat keluarnya *gas HHO*.



Gambar 2.6. Elbow fitting

- g. PE Tube selang berfungsi sebagai saluran *HHO gas* dari dalam generator ke dalam tabung bubler.



Gambar 2.7. PE Tube selang

- h. Slang bensin berfungsi sebagai saluran *HHO gas* dari *Generator HHO* ke *karburator*.



Gambar 2.8. Selang bensin

- i. Kabel berfungsi penghantar listrik dc dari baterai ke masing-masing terminal *Generator HHO*



Gambar 2.9. Kabel

- j. Filter sebagai penyaring gas agar tidak ada uap air yang terbawa masuk.



Gambar 2.10. Filter

- k. Sekering berfungsi sebagai pengaman rangkaian apabila terjadi konsleting.

### 2.1.2 Proses Elektrolisa dan Cara Kerja *Generator HHO*

*Gas HHO* sering disebut juga *hydroxy*. Dalam pembakaran dapat menghasilkan energi yang banyak dan hanya membutuhkan arus listrik yang kecil. Perlu diketahui bahwa bahan bakar gas dimaksud bukanlah gas Hidrogen (H<sub>2</sub>) murni yang merupakan gas diatomik melainkan sering disebut dengan “*HHO* atau *gas Hydroxy*. Istilah *Hydroxy* mengacu pada produksi *Oxyhydrogen* yang dihasilkan dari proses elektrolisis (electrolysis:  $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_2 + \text{O}_2$ ). Hidroksi adalah campuran gas Hidrogen (H<sub>2</sub>) dan gas Oksigen (O<sub>2</sub>) yang biasanya dalam rasio 2:1 molar, proporsi yang sama seperti air. Setelah proses elektrolis dan beberapa tahapan proses lagi maka akan juga dapat didapat gas Hidrogen (H<sub>2</sub>) murni<sup>2</sup>. Jika kita analisa dalam proses elektrolisa air, terbentuknya gas *HHO* karena ada tiga faktor utama yaitu:

1. Arus listrik searah yang mengalir ke elektroda

Elektroda dalam generator hidrogen disebut *Plates*. Pelat biasanya terbuat dari jenis stainless steel 316L (karena karakteristik tahan lama dari logam). Molekul-molekul hidrogen dan oksigen terbentuk pada permukaan piring.<sup>3</sup>

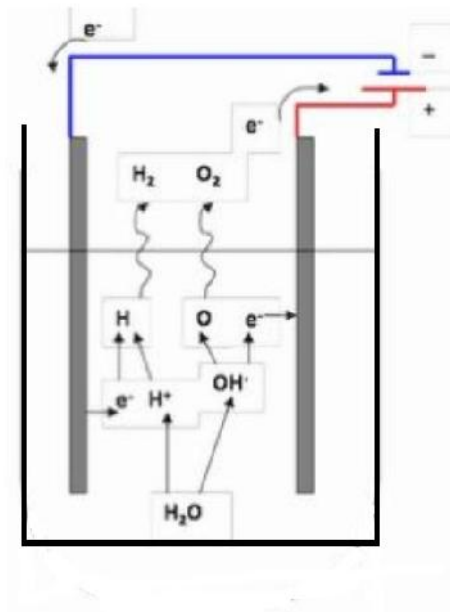
<sup>2</sup> <http://networkedblogs.com/CTvvd?a=share>. Diakses pada 14 Mei 2014

<sup>3</sup> [http://www.hho4free.com/amperege\\_understanding.htm](http://www.hho4free.com/amperege_understanding.htm). Diakses 22 Mei 2014



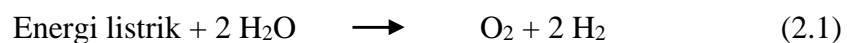
2. Elektroda yang teraliri arus menimbulkan reaksi reduksi dan oksidasi sehingga menguraikan molekul air yang bercampur sodium hidroksida menjadi gas *HHO*.

Elektrolisa air merupakan kunci utama dalam mengubah air menjadi energi. Dalam proses elektrolisis digunakan sumber energi yang berfungsi untuk memecah molekul  $H_2O$  menjadi unsur asalnya, yaitu arus listrik searah (dc). Rusminto, Nurhayati, dan Supa`at (2009) mengemukakan proses elektrolisa air dapat dilihat pada Gambar 2-11.



Gambar 2.11. Skema proses elektrolisa air

Persamaan kimia elektrolisa air adalah sebagai berikut:



Terjadi tekanan listrik pada elektroda negatif (katoda) untuk mendorong

elektron ke dalam air dan pada elektroda positif (anoda) terjadi penyerapan elektron. Molekul air dekat katoda terbagi menjadi ion hidrogen positif ( $H^+$ ) dan ion hidroksida ( $OH^-$ ).



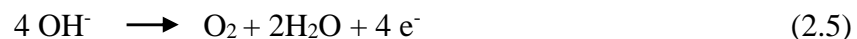
$H^+$  merupakan proton terbuka, bebas untuk menangkap elektron  $e^-$  dari katoda, kemudian menjadi atom hidrogen biasa dan netral.



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



Anoda telah menyebabkan ion hidroksida ( $OH^-$ ) untuk bergerak ke anoda itu sendiri. Ketika mencapai anoda, anoda 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<sup>4</sup>.

Pada penelitian ini menggunakan katalis yaitu NaOH untuk mempercepat laju reaksi kimia, karena NaOH mengandung ion hidroksida. NaOH dilarutkan dalam air kemudian dialirkan arus listrik searah dalam keadaan basa sehingga

---

<sup>4</sup> Rusminto Tjatur W., Nurhayati, dan Supa'at, "Proses Elektrolisa Pada Prototipe Kompor Air Dengan Pengaturan Arus dan Temperatur" (Skripsi yang tidak diterbitkan, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS, 2009, hlm. 2.)

menghasilkan *HHO gas*. Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium Oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Ia digunakan di berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen.

Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50%. Ia bersifat lembap cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Ia sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan. Ia juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH. Ia tidak larut dalam *dietil eter* dan pelarut *non-polar* lainnya. Larutan natrium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas<sup>5</sup>.

Proses elektrolisis natrium hidroksida (NaOH) yang dilarutkan dalam air (H<sub>2</sub>O) akan menghasilkan gas hidrogen dan gas oksigen. Berikut persamaan rekasinya:

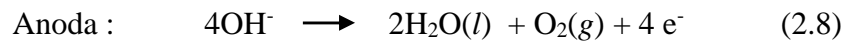
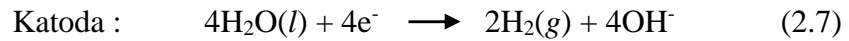


Pada katoda terjadi persaingan antara Na<sup>+</sup> dan H<sub>2</sub>O untuk tereduksi, tetapi yang lebih besar potensial reduksinya adalah H<sub>2</sub>O, maka ditulis H<sub>2</sub>O. Pada anoda

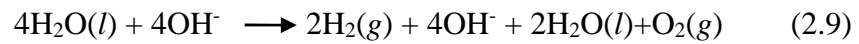
---

<sup>5</sup> [http://id.wikipedia.org/wiki/Natrium\\_hidroksida](http://id.wikipedia.org/wiki/Natrium_hidroksida). Diakses pada 20 Mei 2014.

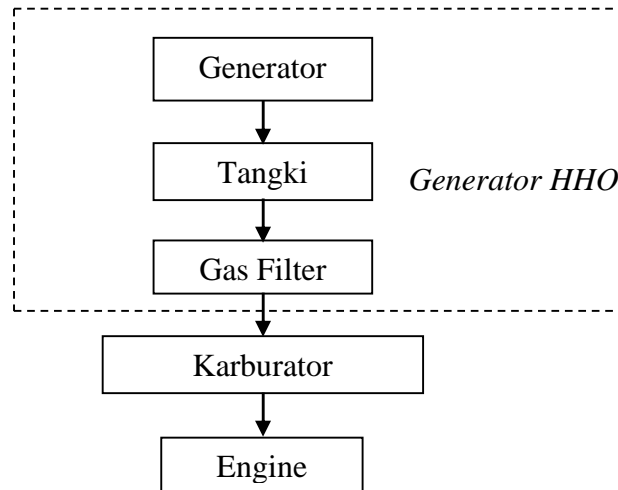
terjadi persaingan antara  $\text{OH}^-$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  untuk teroksidasi, tetapi yang lebih besar potensial oksidasinya adalah  $\text{OH}^-$ . Sehingga reaksi pada katoda dan anoda:



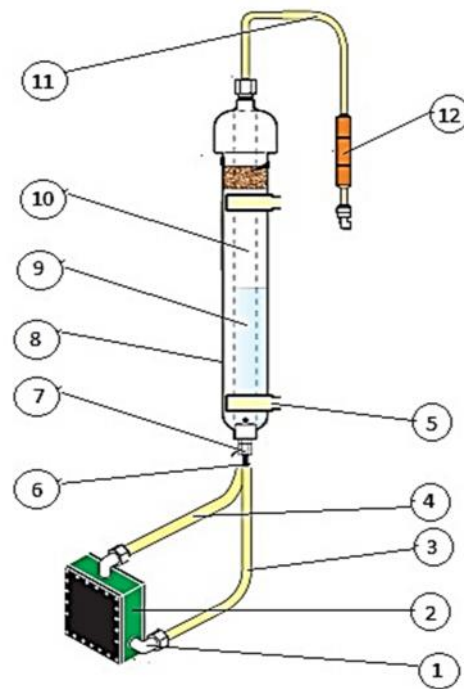
Sehingga,



Molekul  $2\text{H}_2(g)$  dan  $\text{O}_2(g)$  berwujud gas. Gas inilah yang bercampur dengan bahan bakar dan udara dengan memasukkannya ke *karburator* melalui selang sehingga masuk ke ruang bakar.



Gambar 2.12. Skema Aliran *HHO Gas*.



Gambar 2.13. bagian dari sebuah Unit Generator HHO

Bagian bagian sebuah unit generator HHO

- a. Elbow fitting untuk aliran elektrolit dsri tabung penampung cairan elektolit.
- b. Bagiam utama dari sebuah generator. Berisi sel elektroda dan cairan elektrolit yang berekasi
- c. Pipe sebagai aliran cairan elektrolit dari tangki ke generator
- d. Pipe sebagai aliran gas hasil produksi HHO dari generator ke tangki
- e. Holder tangki
- f. Elbow fitting untuk masuk nya gas ke tangki
- g. Elbow fitting untuk cairan elektrolit dari tangki ke genenerator HHO
- h. Tangki untuk ciran elektrolit dan pengikat gas HHO
- i. Cairan elektrolit

- j. Gas HHO hasil dari produksi generator
- k. Pipe untuk saluran gas hasil HHO ke Karburator
- l. Filter udara, untuk menjaga agar Gas HHO bersih dari Uap air.

### **2.1.3 Cara kerja Generator HHO**

1. Campuran elektrolit yang telah dimasukkan kedalam tangki no 8 akan mengalir melalui selang no 3 masuk ke dalam generator (no 2).
2. Kemudian cairan elektrolit yang telah masuk ke dalam generator (no 2) akan bereaksi setelah generator diberi aliran arus DC dari sepeda motor.
3. Terjadinya reaksi di dalam generator(no 2) telah dijelaskan di bahasan sebelumnya.
4. Reaksi yang terjadi di generator (no 2) akan menghasilkan gas HHO yang kemudian akan di alirkan melalui selang no 4 kedalam tangki no 8.
5. Hasil dari gas HHO akan membentuk gelembung gelembung yang akan di tangkap di dalam tangki. Hasil dari gas akan ditangkap seperti pada no 10.
6. Kemudian gas HHO akan di alirkan melalui selang no 11 kedalam filter 12.
7. Setelah gas HHO disaring dan bersih dari uap air di filter no 12. Kemudian Gas HHO siap dialirkan menuju mesin.

### **2.1.4 Produksi Gas HHO**

Proses elektrolisa air dapat menjadikan; 1 liter air menghasilkan 1,750 liter gas HHO, sehingga dapat dikatakan bahwa bahan bakar berasal dari air merupakan bahan bakar gas yang diproduksi pada saat diperlukan (*HHO gas on demand*) tanpa

harus menyimpannya pada tabung yang besar dan tidak harus ada kebocoran gas yang dapat memungkinkan terjadinya ledakan pada gas. Dalam penggunaan gas HHO pada kendaraan bermotor, memiliki dua macam bahan bakar (*dual fuel*) yang masuk keruang bakar secara bersamaan yaitu bensin atau diesel dengan gas HHO, sehingga penggunaan bahan bakar utama berkurang dari seharusnya (hemat bahan bakar) dengan atau tanpa mengurangi tenaga mesin, bahkan menambah tenaga mesin yang disebabkan oleh kecepatan bakar (flame speed) gas H<sub>2</sub> yang sangat besar (130 m/s), sehingga seluruh bahan bakar yang berada diruang bakar habis terbakar oleh karena itu emisi gas buang juga menurun dan ramah lingkungan.

Standar produksi gas HHO yang dapat dijadikan acuan adalah berdasarkan hasil penelitian Faraday yaitu: 1 liter gas HHO per jam memerlukan catu daya sebesar 2,36 watt atau 1/60liter per menit (16,6cc), standar ini dijadikan 100% produktivitas gas HHO.

Luas permukaan plat elektrolisa yang dapat berproduksi dengan sempurna adalah: 1 cm<sup>2</sup> memerlukan 0,24 Ampere atau 1 Ampere = 4 cm<sup>2</sup> , dari perhitungan ini dapat dirancang besarnya plat yang diperlukan sesuai dengan besarnya arus listrik yang akan dibebankan pada plat.<sup>6</sup>

Setiap sel elektrolisa yaitu 1 sel positif dan 1 sel negatif memerlukan tegangan 1,23 Volt dan ditambah dengan kehilangan efisiensi sehingga tegangan maximal adalah 2 Volt, diatas 2 Volt terjadi panas.

---

<sup>6</sup> <http://acehnationalnews.blogspot.com/2012/04/eco-power-booster-hemat-bahan-bakar-sd.html>. Diakses pada 26 Mei 2014

### 2.1.5 Kelebihan dan Kekurangan *Generator HHO*

Kelebihan menggunakan *Generator HHO* adalah:

- a. Mengurangi emisi gas buang yang berbahaya bagi lingkungan yang menyebabkan pemanasan global dan berbahaya bagi kesehatan.
- b. Praktis, karena hanya menggunakan air distilasi yang dicampur dengan sodium hidroksida (NaOH), dan listrik searah yang diambil dari baterai kendaraan.

Sedangkan kekurangan dari *Generator HHO* adalah tidak menggunakan air sepenuhnya, masih menggunakan bensin sebagai bahan bakar utama. Peran *Generator HHO* di sini adalah mengurangi emisi gas buang.

### 2.1.6 Bahan Bakar Bensin

Bensin merupakan salah satu fraksi dari penyulingan minyak bumi yang diberi zat tambahan atau aditif. Bensin mempunyai rumus empiris *Ethyl Benzena*:



Bensin adalah bahan bakar jenis distilasi berwarna kuning akibat adanya zat pewarna tambahan. Penggunaan bensin pada umumnya adalah untuk bahan bakar kendaraan bermotor bensin, seperti mobil, sepeda motor, dan lain-lain. Bahan bakar ini juga disebut *gasoline* atau *petrol*.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> <http://ridomanik.blogspot.com/2013/07/sekilas-mengenai-bensin-premium.html>. Diakses pada 19 April 2014



### 2.1.7 Sistem Bahan Bakar

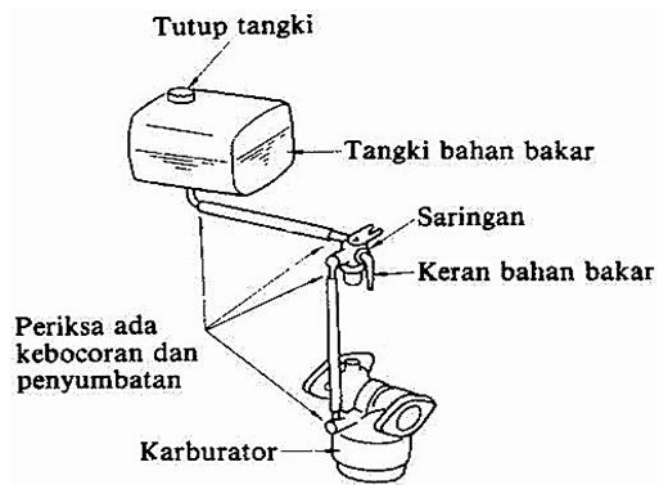
Secara umum sistem bahan bakar pada sepeda motor berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar, melakukan proses pencampuran bahan bakar dan udara dengan perbandingan yang tepat, kemudian menyalurkan campuran tersebut ke dalam silinder dalam jumlah volume yang tepat sesuai kebutuhan putaran mesin.

Mesin membutuhkan suatu perantara agar bahan bakar dapat dibakar di ruang bakar. Perantara tersebut menjamin mesin selalu mendapat persediaan bahan bakar selama mesin hidup yang disebut dengan sistem bahan bakar<sup>8</sup>.

Sistem bahan bakar sepeda motor pada umumnya terdiri dari beberapa komponen antara lain yaitu : Tangki bensin , Saringan bensin, selang bensin dan karburator. Pada tangki bensin dilengkapi dengan pengukur tinggi bensin, untuk tipe ini pada karburator dilengkapi kran bensin . Apabila keran bensin dibuka maka secara alamiah bensin akan mengalir menuju ke karburator. Agar bensin yang masuk ke karburator bersih dari kotoran terlebih dahulu disaring oleh saringan bensin. Komponen-komponen sistem bahan bakar dapat dilihat seperti gambar 2-14 dibawah ini.

---

<sup>8</sup> Wardan Suyanto, *Teori Motor Bensin* (Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1989), hlm. 138.



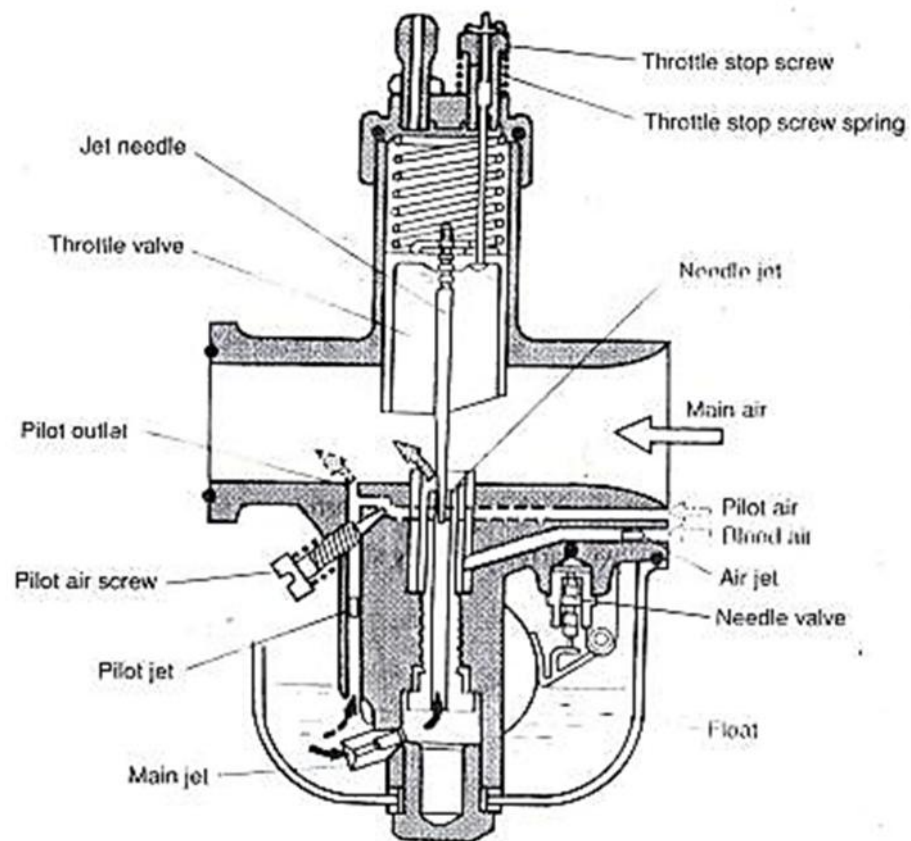
Gambar 2.14. Komponen Sistem Bahan Bakar Sepeda Motor<sup>9</sup>

**a. Komponen karburator sepedamotor**

karburator adalah sebuah alat terdiri dari beberapa komponen yang berfungsi untuk mencampur bahan bakar dan udara sesuai kebutuhan sebelum masuk ke ruang pembakaran<sup>10</sup>. berikut komponen dan fungsi karburator

<sup>9</sup> <http://blkimojokerto.wordpress.com/2009/07/01/sistem-bahan-bakar-konvensional/>. Diakses pada 20 Mei 2014

<sup>10</sup> <http://maskurmuslim.blogspot.com/2013/12/karburator-sepeda-motor.html>. Diakses pada 20 Mei 2014



Gambar 2.15 Karburator sepeda motor

1. Mangkok karburator(*float chamber*) Berfungsi sebagai penyimpan bahan bakar sementara sebelum digunakan.
2. Klep/jarum pelampung(*float valve*) Berfungsi mengatur masuknya bahan bakar ke dalam mangkuk karburator.
3. Pelampung (*float*) Berfungsi mengatur bahan bakar agar tetap pada mangkuk karburator.
4. Skep/katup gas (*throttle valve*) Berfungsi mengatur banyaknya gas yang masuk ke dalam silinder.
5. Pemancar jarum (*main nozzle/needle jet*) Berfungsi memancarkan bahan bakar waktu motor di gas, besarnya diatur

oleh terangkatnya jarum skep.

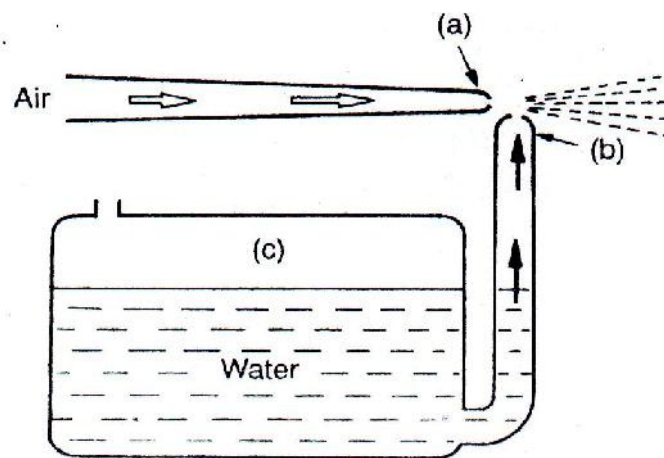
6. Jarum skep/jarum gas(*Needle jet*) Berfungsi mengatur besarnya semprotan bahan bakar dari main *nozzle* pada waktu motor di gas.
7. Pemancar besar (*main jet*) Berfungsi memancarkan bahan bakar ketika motor di gas penuh(tinggi).
8. Pemancar kecil/stationer(*slow jet*) Berfungsi memancarkan bahan bakar waktu lamsam/stationer.
9. Sekrup gas/baut gas(*throttle screw*) Berfungsi menyetel posisi skep sebelum di gas.
10. Sekrup udara/baut udara(*air screw*) Berfungsi mengatur banyaknya udara yang akan dicampur dengan bahan bakar.
11. Katup cuk(*choke valve*) Berfungsi menutup udara luar yang akan masuk ke dalam karburator sehingga gas menjadi kaya, digunakan pada waktu start.

#### **b. Prinsip kerja karburator**

Karburator memproses bahan bakar cair menjadi partikel kecil dan dicampur dengan udara sehingga memudahkan penguapan. Prosesnya serupa dengan penyemburan (*spray*) pada gambar 2-15 dibawah ini. ini diterangkan prinsip dari penyemburan.

Sebagai akibat dari derasnya tiupan angin di (a), suatu kondisi *vacum* (tekanan dibawah atmosfer) terjadi di (b) Perbedaan

tekanan antara vacuum dan atmosfer udara di (c) mengakibatkan semburan terjadi pada gasoline (b). Berdasarkan proses ini, maka semakin cepat aliran udara (a) mengakibatkan semakin besar vacuum yang terjadi pada (b), dan semakin banyak gasoline yang disemprotkan /disemburkan.



Gambar 2.16 Prinsip Kerja Karburator 1

### c. Aturan kerja karburator

Bahan bakar dan udara dibutuhkan motor bensin untuk berjalan. Bahan bakar berupa bensin dicampur dengan udara oleh karburator supaya mudah terbakar dan di alirkan keruang bakar. Dengan kata lain, karburator bekerja sesuai aturan sebagai Berikut :

- Volume campuran udara dan bahan bakar sesuai kebutuhan mesin.
- Menciptakan campuran udara dan bahan bakar sedemikian

rupa tepat sesuai kecepatan mesin.

- Mengubah bensin menjadi partikel-partikel bercampur dengan udara sehingga mudah disemburkan atau dikabutkan.

#### **d. Campuran Bahan Bakar dan Udara**

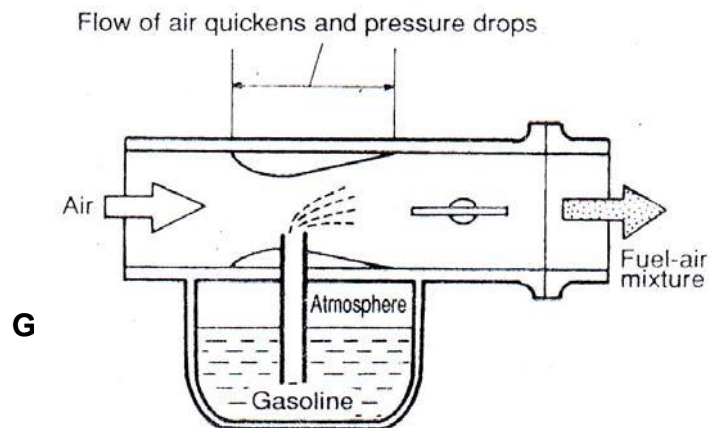
Saat langkah isap pada mesin, tekanan didalam silinder lebih rendah dari atmosfer, maka aliran yang mengalir melalui karburator kedalam saluran pemasukan kesilinder. Pada bagian dari aliran ini, ada bagian yang menyempit yang disebut dengan *Venturi*. Dengan adanya venturi tersebut maka aliran menjadi lebih deras dan menciptakan Kevacum-an pada bagian *venturi* tersebut.

Pada titik tersebut dipasang saluran dimana bahan bakar disemprotkan. Bahan bakar masuk, terpancar membentuk partikel-partikel kecil dan disemburkan. Pada dasarnya karburator digunakan untuk membedakan langkah ini dalam beberapa tingkatan dalam mekanisme yang kompleks. Partikel bahan bakar yang terbentuk pada proses ini mengalir melalui pipa pemasukan (*intake pipe*) dan sebelum sampai ke silinder telah berubah menjadi uap dan secara sempurna membentuk campuran bahan bakar dan udara. Biasanya, saat proses peralihan dari cairan bahan bakar menjadi partikel ( disemburkan ) katup gas terbuka secara penuh dan putaran mesin pada putaran tinggi, dengan aliran udara mencapai kecepatan maksimum, maka pada saat ini merupakan titik optimum kerja proses

penyemburan.

Saat langkah isap pada mesin, tekanan didalam silinder lebih rendah dari atmosfer, maka aliran udara tercipta yang mengalir melalui karburator kedalam saluran pemasukan kesilinder. Pada bagian dari aliran ini, ada bagian yang menyempit yang disebut dengan Venturi. Dengan adanya venturi tersebut maka aliran menjadi lebih deras dan menciptakan Kevacuman pada bagian venturi tersebut.

Pada titik tersebut dipasang saluran dimana bahan bakar disemprotkan. Bahan bakar masuk, terpancar membentuk partikel-partikel kecil dan disemburkan. Pada dasarnya karburator digunakan untuk membedakan langkah ini dalam beberapa tingkatan dalam mekanisme yang kompleks. Partikel bahan bakar yang terbentuk pada proses ini mengalir melalui pipa pemasukan (*intake pipe*) dan sebelum sampai ke silinder telah berubah menjadi uap dan secara sempurna membentuk campuran bahan bakar dan udara. Biasanya, saat proses peralihan dari cairan bahan bakar menjadi partikel ( disemburkan ) katup gas terbuka secara penuh dan putaran mesin pada putaran tinggi, dengan aliran udara mencapai kecepatan maksimum, maka pada saat ini merupakan titik optimum kerja proses penyemburan.



Gambar 2.17 Prinsip Kerja Karburator 2

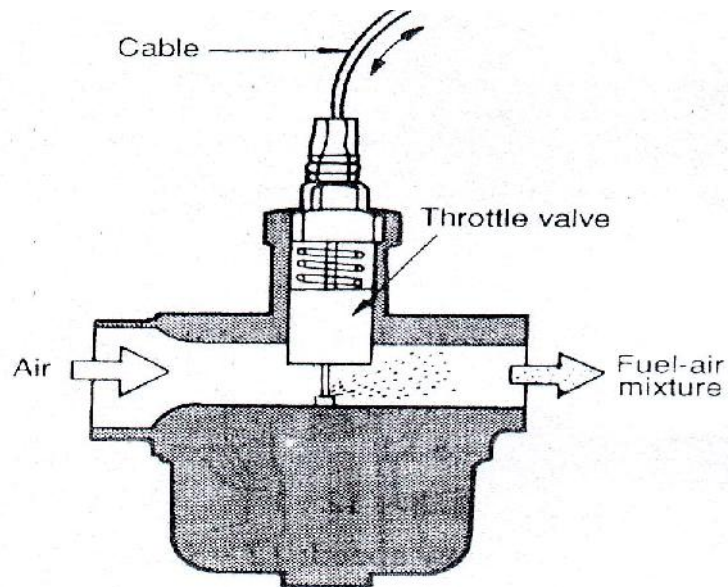
Ketika katup gas tertutup berarti kecepatan mesin perlahan, aliran angin juga turun maka tidak seluruh bahan bakar berubah menjadi partikel dan partikel-partikel bahan bakar yang besar tertinggal, tidak tersemburkan, dengan demikian pada putaran rendah konsentrasi perbandingan udara dan bahan bakar menjadi jenuh.

**e. Menentukan jumlah campuran udara dan bahan bakar**

Diantara periode waktu tertentu, beberapa kali pembakaran terjadi saat mesin berputar pada kecepatan rendah adalah sedikit dan bila putaran mesin tinggi maka akan banyak. Bila ditentukan sejumlah campuran udara dan bahan bakar dibutuhkan untuk terjadinya pembakaran suatu saat, ternyata bahwa pembakaran terjadi banyak sekali, berindikasi bahwa volume campuran udara dan bahan bakar juga tinggi. Konsekuensinya, dengan meningkatkan atau menurunkan jumlah campuran bahan bakar yang disalurkan oleh



karburator ke mesin, kecepatan mesin akan naik dan turun dan kemampuan akan naik atau turun. Dalam kenyataannya, bila tuas gas diputar dan kabel ditarik sejauh gerakan kabel tersebut.



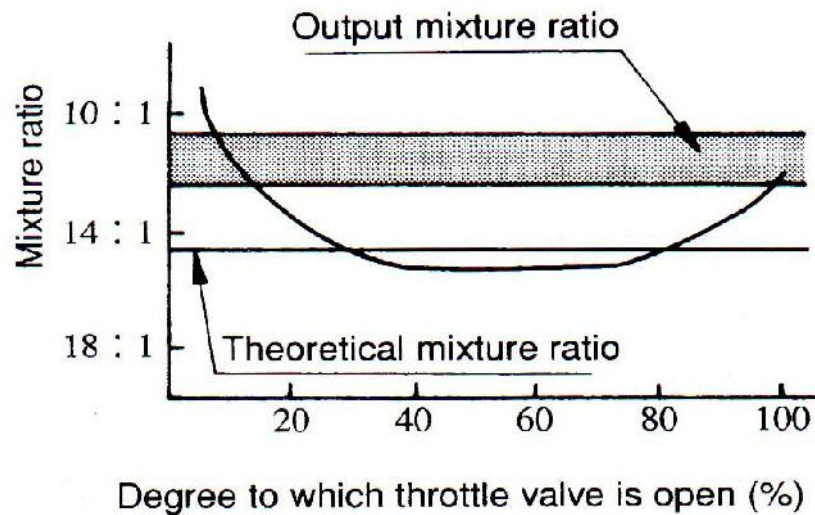
Gambar 2.18 Karburator Mencampur Udara – Bahan Bakar

Kebanyakan udara pada karburator memungkinkan lebih banyak campuran bahan bakar dan udara mengalir masuk dan meningkatkan cepat putaran mesin. Sebaliknya dengan menutup tuas gas, tertutup juga katup gas dan menurunkan laju putaran mesin.

**f. Perbandingan campuran udara dan bensin**

Campuran bahan bakar dan udara yang dimasukkan dari karburator ke silinder dimampatkan dan dinyalakan oleh busi sehingga terbakar. Campuran bahan bakar dan udara yang dapat

terbakar bagaimanapun juga terbatas pada jangkauan tertentu, bila batasan dilampaui campuran tersebut tidak akan terbakar.



Gambar 2.19. Grafik Perbandingan Udara – Bahan Bakar

Dengan kata lain bila terlalu banyak udara dalam campuran atau tidak cukup udara, campuran tidak akan terbakar. Dalam banyak masalah proporsi antara udara terhadap bahan bakar yang dinyatakan dalam perbandingan berat Suatu perbandingan campuran udara dan bahan bakar 15 : 1 berarti bahwa 1 gram bahan bakar dicampur dengan 15 gram udara.

Saat bahan bakar dibakar seluruhnya, ia berubah menjadi gas karbon dioksid dan air. Bila campuran bahan bakar dan udara pada kondisi itu dihitung dalam visi teori terdapat 1 gram bahan bakar untuk 15 gram dan proporsi ini 15 : 1 ini disebut perbandingan teori campuran.

### 2.1.8. Proses Pembakaran Pada Motor Bensin

Secara umum pembakaran didefinisikan sebagai reaksi kimia atau reaksi persenyawaan bahan bakar dan oksigen ( $O_2$ ) sebagai oksidan dengan temperaturnya lebih besar dari titik nyala. Mekanisme pembakarannya sangat dipengaruhi oleh keadaan dari keseluruhan proses pembakaran dimana atom-atom dari komponen yang dapat bereaksi dengan oksigen yang dapat membentuk produk yang berupa gas.

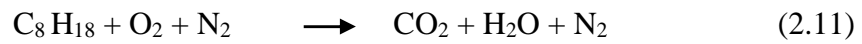
Untuk memperoleh daya maksimum dari suatu operasi hendaknya komposisi gas pembakaran dari silinder (komposisi gas hasil pembakaran) dibuat seideal mungkin, sehingga tekanan gas hasil pembakaran bisa maksimal menekan torak dan mengurangi terjadinya detonasi. Detonasi adalah proses terbakar sendiri dari bagian campuran yang terakhir (terjauh dari busi)<sup>11</sup>. Komposisi bahan bakar dan udara dalam silinder akan menentukan kualitas pembakaran dan akan berpengaruh terhadap *performance* mesin dan emisi gas buang.

Menurut Wardan Suyanto (1989), campuran bahan bakar dengan udara teoritis adalah terdiri dari 15,1 bagian udara dengan satu bagian bahan bakar dalam beratnya. Sebagai contoh apabila akan membakar satu gram bahan bakar, agar terbakar dengan sempurna maka diperlukan 15,1 gram udara.

---

<sup>11</sup> Wiranto Arismunandar, *Motor Bakar Torak*. (Bandung : Penerbit ITB., 1980), hlm. 79.

Bahan bakar yang akan dibakar diambil hidrokarbon dengan rumus kimia  $C_8H_{18}$  dan pembakarannya sempurna sehingga hasil pembakarannya menjadi  $CO_2$  dan  $H_2O$ . Jadi, jika ditulis dalam persamaan menjadi:



Agar pembakarannya sempurna maka jumlah semua bagian kiri sama dengan jumlah bagian di kanan. Maka untuk menyetarakan semua harus tereaksi habis sehingga:



Sedangkan penyetaraan hidrogennya :



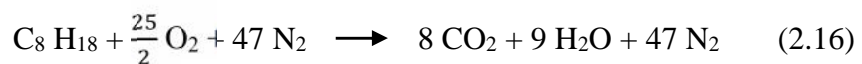
Karena reaksinya dengan oksigen maka penyetaraan oksigen menjadi



Karena kandungan nitrogen di udara setiap satu mol oksigen akan bersamaan dengan 3,76 mol nitrogen sama dengan  $\frac{94}{25} N$ , maka di dalam proses ini terdapat nitrogen juga yang jumlah dan penyetaraannya adalah:

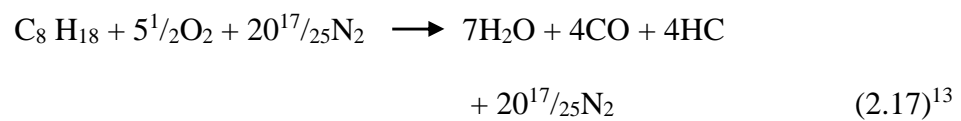


Sehingga persamaan kimianya dari pembakaran yang sempurna ini menjadi :

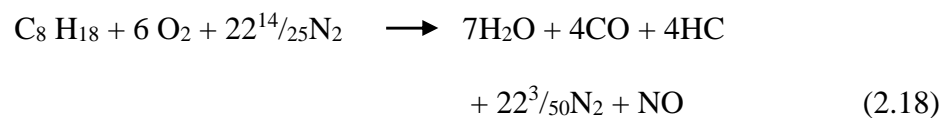


Persamaan di atas menunjukkan persamaan dari proses pembakaran dimana hidrokarbon dapat bereaksi seluruhnya menjadi CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>O yang disebut dengan pembakaran sempurna<sup>12</sup>.

Sedangkan untuk persamaan reaksi pembakaran yang kekurangan oksigen akan menghasilkan CO dan HC. Berikut persamaannya:



Campuran yang kekurangan oksigen kemungkinan untuk terbentuknya NO<sub>x</sub> sedikit sekali, tetapi jika temperatur pembakaran mencapai lebih dari 1370 °C akan terbentuk NO<sub>x</sub>. Seperti yang ditunjukkan dalam persamaan berikut ini:



Proses pembakaran adalah proses secara fisik yang terjadi di dalam temperatur dan tekanan di dalam silinder.

### 2.1.9. Emisi Gas Buang

Emisi gas buang adalah partikel-partikel beracun yang dikeluarkan oleh kendaraan. Faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat emisi gas buang adalah

<sup>12</sup> Wardan Suyanto, *op. cit*, 250-251.

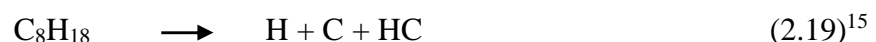
<sup>13</sup> Edward S. Rubin, *Introduction To Engineering and The Environment* (New York : McGraw Hill Companies., 2001), hlm. 112.

proses pembakaran di dalam mesin, kualitas bahan bakar, dan kondisi mesin yang sudah tidak layak jalan.

Waryan Suyanto (1989) mengemukakan dalam bukunya, emisi gas buang adalah polutan yang mengotori udara yang dihasilkan dari gas buang kendaraan. Ada empat emisi pokok yang dihasilkan oleh kendaraan yaitu hidrokarbon (HC), karbon monoksida (CO), nitrogen oksid (NO<sub>x</sub>), dan partikel-partikel yang keluar dari gas buang<sup>14</sup>.

### **HC ( Hidrokarbon)**

Hidrokarbon (HC) adalah emisi yang timbul karena bahan bakar yang belum terbakar tetapi sudah keluar bersama-sama gas buang menuju atmosfer. Emisi hidrokarbon ini dapat disebabkan oleh karena pembakaran yang tidak sempurna sehingga ada bahan bakar yang belum terbakar dan keluar masih dalam bentuk hidrokarbon, atau juga dapat disebabkan karena penguapan dari bahan bakar. Misalnya HC dihasilkan dari motor yang kerjanya tidak baik dan bisa juga dari penguapan pada sistem bahan bakarnya atau karena dari *blow-by gas* yang masuk ke dalam ruang engkol dari motor dan dikeluarkan ke udara bebas melalui lubang pernafasan. Berikut persamaan yang menunjukkan timbulnya HC:




---

<sup>14</sup> Wardan Suyanto, *op. cit*, 345.

<sup>15</sup> Beni Setya Nugraha, "Aplikasi Teknologi Injeksi Bahan Bakar Elektronik (EFI) Untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Sepeda Motor," *Jurnal Ilmiah Populer dan Teknologi Terapan* Vol. 5, No. 2 (2007), hlm. 5.

Hidrokarbon bisa menyebabkan pedih di mata, tenggorokan sakit, paru-paru sakit, dan penyakit yang lain dan bahkan mungkin dapat menyebabkan kanker. Oleh karena itu kebanyakan negara-negara maju sudah membatasi emisi yang boleh dikeluarkan dari motor bensin.

### **Karbon monoksida (CO)**

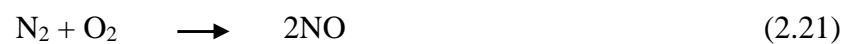
Karbon monoksida (CO) dapat disebabkan karena bahan bakar yang terbakar sebagian. Hal ini karena disebabkan oleh pembakaran yang tidak sempurna. Gas ini lebih berbahaya dibanding dengan HC, dimana gas ini tidak berwarna tidak berbau. Gas CO dapat menyebabkan kepala pusing, mual, gangguan pernafasan, dan bahkan dapat mematikan apabila orang terlalu lama berada di ruangan yang mengandung banyak CO.

Apabila jumlah udara yang masuk ke dalam silinder berkurang atau campuran kaya, maka akan mengakibatkan kandungan CO pada gas buang akan bertambah. Sebaliknya apabila kandungan udara pada campuran bahan bakar dengan udara yang masuk ke dalam silinder lebih banyak atau dengan kata lain campuran kurus, maka gas buang akan menghasilkan CO yang lebih sedikit. Berikut persamaan reaksinya:



### **Nitrogen oksid (NO<sub>x</sub>)**

Sedangkan nitrogen oksid (NO<sub>x</sub>) adalah emisi yang dihasilkan oleh pembakaran yang terjadi pada temperatur yang tinggi. Udara bebas yang digunakan untuk pembakaran mengandung nitrogen 79 %.



Pada pembakaran temperatur yang tinggi (1370°C atau lebih) gas NO dalam campuran udara bahan bakar dengan udara akan bersatu dan membentuk NO<sub>x</sub>.

Nitrogen oksid ini akan menghasilkan warna coklat kotor pada saluran buang. Di samping itu juga akan terasa pedih di mata dan mengganggu paru-paru. NO<sub>x</sub> ini akan bertambah pada motor yang menggunakan perbandingan kompresi yang tinggi dan campuran bahan bakar dengan udara yang kurus. Padahal motor yang demikian ini akan menghemat bahan bakar dan mengurangi kandungan HC dan kandungan CO. Oleh karena itu kontrol emisi harus bisa menghasilkan semua emisi yang rendah dengan tetap tidak berpengaruh pada tenaga yang dihasilkan motor dan penggunaan bahan bakar yang irit.

### **Karbon dioksida (CO<sub>2</sub>)**

Sementara gas CO<sub>2</sub> menyebabkan panas di permukaan bumi karena efek rumah kaca. Efek rumah kaca menyebabkan terserapnya pancaran gas oleh gas-gas rumah kaca seperti uap air (H<sub>2</sub>O) dan karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) sehingga tidak terlepas



ke ruang angkasa. Hal itu akan menyebabkan panas terperangkap di troposfer dan akhirnya meningkatkan suhu troposfer dan bumi. Lapisan troposfer adalah lapisan yang paling bawah dari atmosfer. Lapisan troposfer berjarak 8 km dari permukaan bumi.

### **Air fuel ratio (AFR)**

Adalah perbandingan antara udara dan bensin dalam kondisi real saat pengujian. Perbandingan sempurna adalah 1:14 (1 butir bensin dengan 14 butir udara)

### **Lambda ( )**

Adalah perbandingan udara bensin secara real (AFR) dengan perbandingan udara bensin ideal (laboratorium). Dihitung dalam % terhadap kondisi ideal. Angka ideal adalah 1 atau mendekati 1 tergantung kondisi motor saat itu

Upaya Pemerintah Provinsi DKI Jakarta untuk mendukung kendaraan yang ramah lingkungan, yaitu dengan menetapkan Peraturan Gubernur DKI Jakarta No. 31 Tahun 2008 Tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan dengan ketentuan sebagai berikut:

Tabel 2.2. Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan<sup>16</sup>

Kategori Sepeda Motor	Tahun Pembuatan	Parameter		Metode Uji
		CO (%)	HC (ppm)	
2 langkah	< 2010	4,5	12000	Idle
4 langkah	< 2010	5,5	2400	Idle
2 dan 4 langkah	2010	4,5	2000	Idle

Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan mampu mendapatkan angka yang lebih rendah daripada angka emisi yang ditetapkan.

## 2.2. Hipotesis penelitian

Berdasarkan kerangka teori dan kerangka berpikir, dirumuskan hipotesis penelitian sebagai berikut:

1. Mesin berbahan bakar bensin yang ditambahkan *HHO gas* kadar CO lebih rendah daripada mesin tanpa *HHO gas*.
2. Mesin berbahan bakar bensin yang ditambahkan *HHO gas* kadar HC lebih rendah daripada mesin tanpa *HHO gas*.
3. Mesin berbahan bakar bensin yang ditambahkan *HHO gas* konsumsi bahan bakarnya lebih rendah daripada mesin tanpa *HHO gas*.

<sup>16</sup> <http://kelanakota.suarasurabaya.net/news/2014/129569-Sejak-1990-an-Diwacanakan,-Belum-Pernah-Tereali>. Diakses pada 4 april 2014.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Otomotif Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta dan dilaksanakan pada tanggal 17 sampai dengan 6 Juni 2014.

#### **3.2. Metode Penelitian**

Pada penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Metode eksperimen adalah metode yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang dikendalikan. Dengan demikian penelitian ini mencari pengaruh emisi gas buang CO dan HC pada mesin yang ditambahkan *HHO gas*, dengan desain penelitian sebagai berikut:

$A_1 \times A_2$

$A_1$  : Pengujian sebelum perlakuan

$X$  : perlakuan (penambahan *HHO gas*)

$A_2$  : Pengujian setelah perlakuan

Kemudian untuk membuktikan apakah terjadi perbedaan maka di lakukan uji “t”.

Syarat sebuah Uji “t” adalah:

- Alat analisis data untuk menguji satu sampel atau dua sampel.
- Membandingkan dua mean (rata-rata) untuk menentukan apakah perbedaan rata-rata tersebut perbedaan nyata atau karena kebetulan.

Kapan menggunakan Uji t sampel/kelompok dependent (berpasangan)?

1. uji komparasi antar dua nilai pengamatan berpasangan, misalnya: sebelum dan sesudah
2. digunakan pada uji parametrik dimana syaratnya sebagai berikut:
  - satu sampel (setiap elemen mempunyai 2 nilai pengamatan)
  - merupakan data kuantitatif (rasio-interval)
  - berasal dari populasi dgn distribusi normal (di populasi terdapat distribusi difference = d yang berdistribusi normal dengan mean  $\mu_d=0$  dan variance =1)

Hipotesis awal ditolak, bila:

$$|t \text{ hitung}| > t \text{ tabel}$$

atau:

Hipotesis awal diterima, bila:

$$|t \text{ hitung}| \leq t \text{ tabel}$$

Statistik hitung (t hitung):

$$t = \frac{X_D - \mu_0}{s_D / \sqrt{n}}$$

$$\bar{X}_d = \frac{\sum D}{n}$$

$$s_d = \sqrt{\frac{1}{n-1} \left\{ \sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n} \right\}}$$

Dimana:

Keterangan

D = Selisih x1 dan x2 (x1-x2)

n = Jumlah Sampel

X bar = Rata-rata

S d = Standar Deviasi dari d.

Langkah-langkah pengujian signifikansi (hipotesis) dalam Pengujian Perbedaan

Rata-rata Dua kelompok berpasangan:

1. Tetapkan H0 dan H1
2. Tetapkan titik kritis (tingkat kepercayaan 95 %) atau (tingkat kepercayaan 99 %) yang terdapat pada tabel “t”.
3. Tentukan daerah kritis, dengan db = n -1.
4. Tentukan t hitung dengan menggunakan rumus.
5. Lakukan uji signifikansi dengan membandingkan besarnya “ t” hitung dengan “t” tabel.

### 3.3. Instrumen Penelitian

Tabel 3.1 Instrumen Penelitian

No	Nama Instrumen	Spesifikasi	Jumlah	Kegunaan
1	Motor Bensin (Jupiter MX 135 LC )	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah silinder: 1</li> <li>• Jumlah katup: 4</li> <li>• Isi silinder: 135 cc</li> <li>• <i>Power</i> : 11,33 hp @8500 rpm</li> <li>• Sistem bahan bakar: karburator</li> <li>• Diameter x Langkah 54 x 58,7 mm</li> <li>• Perbandingan Kompresi 10,9 : 1</li> </ul>	1 unit	Sebagai objek penelitian
2	<i>Generator HHO</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jumlah sel : 9</li> <li>• Luas penampang 9cm x 9cm</li> <li>• Menggunakan listrik dc 12 volt</li> <li>• Arus listrik 5A dan 10 A</li> </ul>	1 unit	Sebagai penghasil <i>HHO gas</i>
3	<i>Emission Analyzer</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Merk SUKYOUING</li> <li>• Model SY-GA 401</li> <li>• Kapasitas ukur : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ CO : 0,00% s.d. 9,99%</li> <li>➤ HC : 0ppm s.d. 9999ppm</li> <li>➤ CO<sub>2</sub> : 0,0% s.d. 20,0%</li> <li>➤ O<sub>2</sub> : 0,0% s.d. 25,0%</li> <li>➤ AFR : 0,0 s.d. 99,0</li> <li>➤ : 0 s.d 2,000</li> </ul> </li> </ul>	1 unit	Untuk mengukur kadar emisi gas buang CO, HC, CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , AFR dan
4	Bensin	Premium	3 liter	
5	Sodium Hidroksida (NaOH)	Biasa disebut soda Api	250 g	Sebagai katalis
6	Air Distilasi	Air destilasi	1 liter	Untuk melarutkan NaOH
7.	<i>Tachometer</i>	Digital	1 unit	Mengukur rpm



Gambar 3.1. Selang dari Generator menuju karburator



Gambar 3.2(a). *Generator HHO* yang sudah dipasang



Gambar 3.2(b). *Generator HHO* yang sudah dipasang, tampak dari atas



Gambar 3.3. *Emmision Analyzer*



Gambar 3.4. Sodium Hidroksida (NaOH)





Gambar 3.5. Air Distilasi

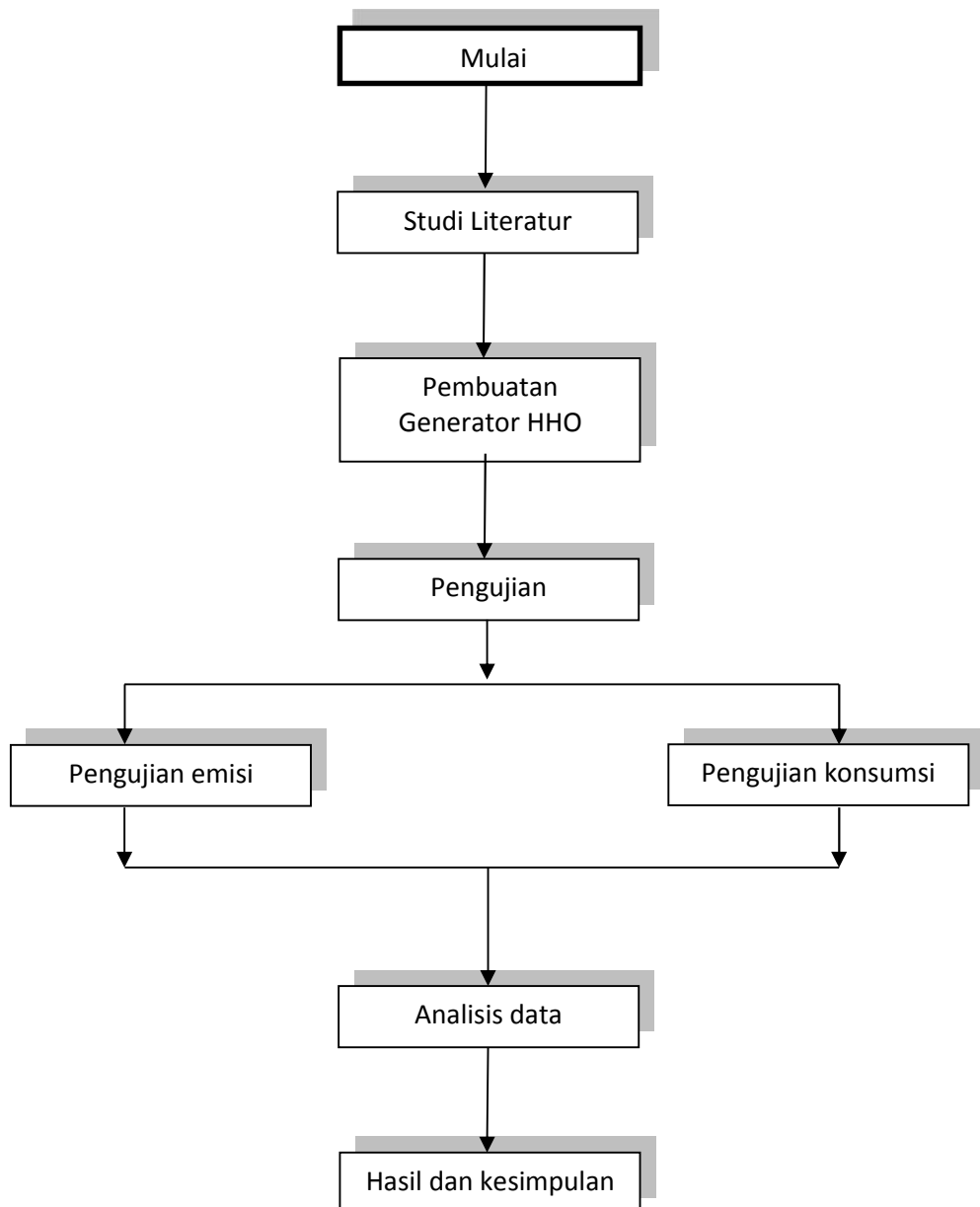


Gambar 3.6. *Tachometer* dan suntikan

### 3.4. Prosedur Penelitian

#### 3.4.1. Diagram Alir Penelitian

Pembuatan diagram alir dilakukan bertujuan sebagai acuan dalam melaksanakan penelitian agar lebih teratur dan terarah. Berikut diagram alirnya



Gambar 3.7. Diagram Alir Penelitian

### 3.4.2. Studi Literatur

Studi literatur adalah mengkaji teori-teori yang sudah ada dari berbagai sumber seperti buku, skripsi yang masih berhubungan dengan penelitian ini, jurnal, blog atau situs-situs di internet.

### 3.4.3 Proses pembuatan *Generator HHO*

Seluruh Proses pembuatan komponen dilakukan di dalam lab produksi Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta, mulai dari pengukuran dimensi, pemotongan, pengeboran dan tahap penghalusan bahan *Generator HHO*.

#### A. Persiapan Alat dan Bahan



Gambar 3.8. Persiapan Alat untuk pembuatan *Generetor HHO*

1. Potong 2 buah acrilik mika dengan ukuran 11cm x 11 cm.
  - a. Satu untuk chasing depan dan satu untuk chasing Belakang



Gambar 3.9. Mika akrilik yang sudah dipotong

- b.* Buat lubang menggunakan bor dengan diameter 8mm di keempat sisi nya. Keterangan di lampiran gambar. Pada chasing depan dibuat lubang untuk tempat *elbow fitting*.



Gambar 3.10. Mika akrilik yang sedang di bor

2. Potong plat *steinless* yang sudah disiapkan menjadi ukuran 9cm x 9cm sebanyak 9 buah lembaran.

Luas permukaan plat *elektrolisa* yang dapat berproduksi dengan sempurna adalah: 1 cm<sup>2</sup> memerlukan 0,24 Ampere atau 1 Ampere = 4 cm<sup>2</sup> , dari perhitungan ini dapat dirancang besarnya plat yang diperlukan sesuai dengan besarnya arus listrik yang akan dibebankan pada plat.

Setiap sel elektrolisa yaitu 1 sel positif dan 1 sel negatif memerlukan tegangan 1,23 Volt dan ditambah dengan kehilangan efisiensi sehingga tegangan maksimal adalah 2 Volt, diatas 2 Volt terjadi panas. Oleh karena itu *Generator HHO* ini menggunakan plat dengan ukuran 9 x 9cm agar produksi gas bisa lebih maksimal.



Gambar 3.11(a). Plat stainless yang akan di potong

- a. Kemudian potong 6 plat ke empat sisinya, membentuk sebuah segi 8 untuk plat netral pada *Generator HHO*, seperti

gambar dibawah ini. Keterangan dimensi ada pada lampiran gambar.



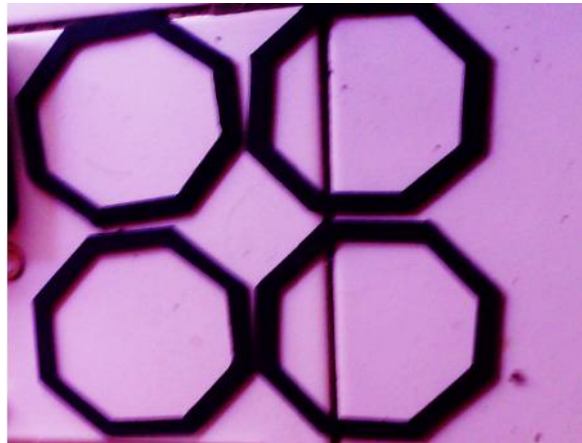
Gambar 3-11(b-c). Plat stainless yang sudah di potong segi 8

- b. Bentuk 3 plat yang lain untuk kutub anoda dan katoda menjadi seperti di gambar di bawah ini. Keterangan dimensi di Lampiran gambar.



Gambar 3-11 (d). Plat stainless yang sudah di potong segi 8 dengan bentuk berbeda sebagai anoda dan katoda

3. Buat 9 buah seal dari karet, bentuk mengikuti plat netral dengan gambar seperti dibawah ini. Keterangan ada pada Lampiran gambar



Gambar 3.12. Seal untuk Plat stainless yang sudah di potong

4. Setelah semua bahan plat sudah di bentuk dan disiapkan, maka hasilnya akan seperti gambar dibawah ini.



Gambar 3.13. Semua bahan plat yang sudah di buat dan siapkan

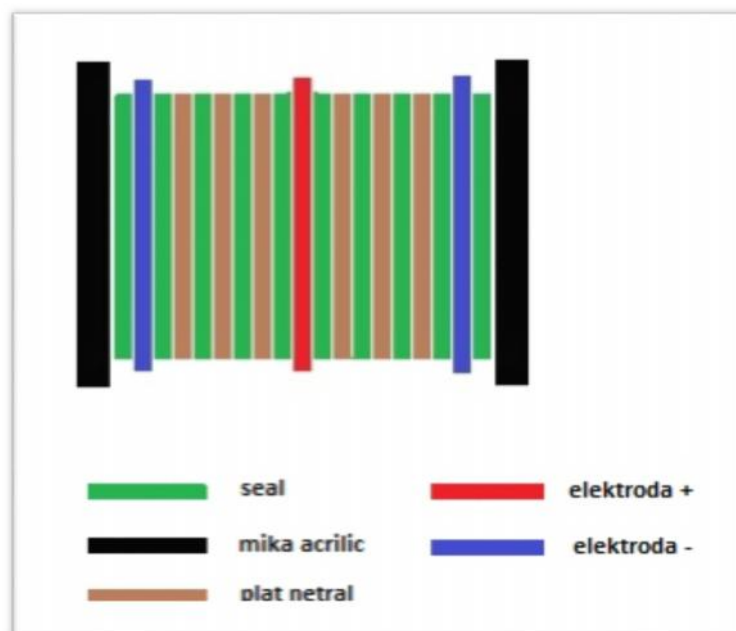
5. Kemudian semua bahan bahan di rangkai menjadi seperti gambar.

Keterangan di Lampiran



Gambar 3.14. Semua alat dan bahan yang akan dirangkai.

#### B. Perakitan generator HHO



Gambar 3.15. Gambar skema Plat *Generator HHO*



1. Letakan chasing belakang dengan ke empat lubangnya sudah di pasang baut. Pasang sesuai gambar di bawah ini. Keterangan lengkap dan dimensi ada pada Lampiran.



Gambar 3.16. Memasang mur, baut pada chasing belakang.

2. Setelah chasing belakang sudah di pasang, kemudian letakan di permukaan yang rata dan datar. Dan usahakan jangan mudah goyang dan gerak. Kemudian pasang karet seal di atas chasing belakang tadi. Keterangan lihat gambar dan Lampiran.



Gambar 3.17. Memasang karet seal pada chasing belakang

3. Pada tahap ini proses pemasangan kutub negative (-) akan dilakukan, lubang pada elektoda ini harus dimasukan ke dalam salah satu baut yang akan dijadikan kutub negative.

Pemasangan dengan model plat – NNN + NNN –



Gambar 3-18. Memasang kutup negative (-)

4. Pasangkan karet seal pada setiap sela-sela plat, keterangan di Lampiran gambar.
5. Pada tahap ini, pemasangan plat (N) netral akan dilakukan. Plat ini dipasang bertujuan untuk mengurangi panas. Keterangan di lampiran.



Gambar 3.19. Memasang cell plat netral (N)

6. Pemasangan seal karet seperti pada tahap ke 4. Perhatikan gambar.

Keterangan ada di lampiran gambar



Gambar 3.20. Memasang seal karet di antara plat – plat.

7. Setelah plat negatif dan plat-plat netral tersusun –NNN, kemudian pasangkan Plat Positif (+). Lubang pada ujung plat negatif ini dimasukan ke dalam baut dan dikunci dengan mur, sebagai kutub positif (+) nantinya. Keterangan ada di lampiran .



Gambar 3.21. Memasang Plat untuk kutub Positif (+).

8. Pemasangan plat netral setelah plat positif dengan pola + NNN, perlu di ingat bahwa antara dua plat selalu diberi sebuah seal karet.



Gambar 3.22. Memasang plat netral setelah kutub positif.

- Setelah plat disusun dengan pola – NNN + NNN, maka langkah selanjutnya memasang plat – untuk bagian penutup. lubang pada elektoda ini harus dimasukan ke dalam salah satu baut yang akan dijadikan kutub negatif seperti pada poin no 3, sehingga pola susunan menjadi – NNN + NNN –.



Gambar 3.23. Memasang plat kutub negatif.

10. Langkah berikutnya adalah memasang *acrylic mika* untuk cover depan.



Gambar 3.24. Memasang cover penutup depan

11. Setelah semua komponen *Generator HHO* terpasang, maka pasang mur pada ke empat baut dan kencangkan.



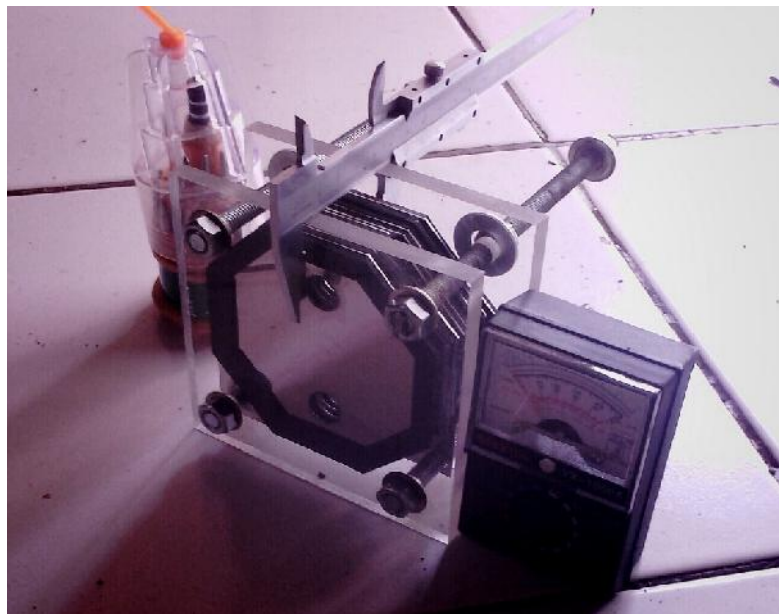
Gambar 3.25. Memasang mur pada baut *Generator HHO*

12. Kemudian pasang *elbow fitting* untuk aliran air dan gas *HHO*.



Gambar 3.26. Memasang *elbow fitting* untuk aliran air dan gas *HHO Generator HHO*

13. *Generator HHO* siap dipasang pada sepeda motor.



Gambar 3.27. *Generator HHO* yang sudah jadi

#### 3.4.4. Penyiapan percobaan.

Bahan-bahan yang diperlukan sudah tercantum di atas pada Tabel 3.1 Instrumen Penilaian. Adapun hal-hal yang harus disiapkan sebagai berikut:

- a. Membuat larutan sodium hidroksida (NaOH), dengan perbandingan 1000 mililiter air distilasi dicampur dengan 200 gram NaOH. Diamkan selama 10 menit kemudian masukkan ke dalam tabung *Generator HHO*



Gambar 3.28. Larutan Sodium Hidroksida (NaOH)

- b. Selang keluaran gas *HHO* dipasang pada *karburator* agar *HHO gas* dapat terhisap ke dalam karburator dan masuk ke ruang bakar. Langkah ini dilakukan setelah menguji emisi dari mesin tanpa penambahan *HHO gas*.
- c. Mesin yang digunakan adalah mesin sepeda motor Jupiter MX. Mesin dihidupkan terlebih dahulu selama 10 menit sebelum dilakukan pengujian untuk mengetahui mesin normal atau tidak.

- d. Mengkalibrasi putaran mesin untuk mengetahui rpm. Pertama, rekatkan selotip berwarna perak pada *pully* poros engkol. Kedua, hidupkan mesin dan atur putaran 700. Ketiga, tekan tombol “*measure*” pada *tachometer* hingga mengeluarkan sinar merah. Sinar merah tersebut diarahkan pada selotip berwarna perak pada *pully* poros engkol. Setelah beberapa detik, layar pada *tachometer* menampilkan data yaitu 700 rpm.
- e. Untuk rpm 1500, metodenya sama seperti poin diatas, hanya saja yang perlu diperhatikan adalah rpm 1500 pada *tachometer*.
- f. Emission analyser dinyalakan terlebih dahulu, tunggu sampai layar menampilkan kata “*ready*,” lihat Gambar 3.9. *Emmision Analyzer* yang siap digunakan.

### 3.5. Pengujian.

Pengujian dilakukan setelah semua bahan telah disiapkan. Pada penelitian ini terdapat dua percobaan. Percobaan pertama adalah pengujian emisi gas buang dari mesin tanpa penambahan *HHO gas*. Percobaan kedua adalah pengujian emisi gas buang dari mesin dengan penambahan *HHO gas*.

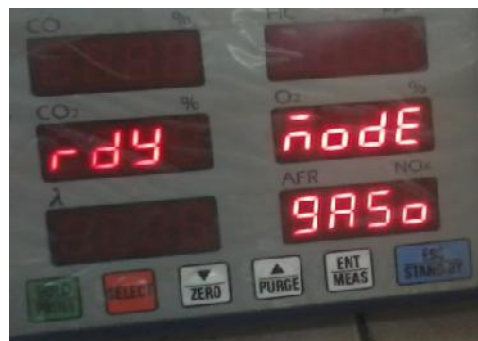


### 3.5.1. Pengujian emisi bahan bakar.

#### 3.5.1.1. Percobaan pertama

Agar pengujian dapat dilakukan dengan teratur, maka dibuatlah langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menghidupkan mesin terlebih dahulu sebelum pengujian dilakukan selama 15 menit untuk mengetahui keadaan mesin baik atau tidak dan untuk menormalkan suhu kerja mesin.
2. Menguji emisi gas buang dari mesin tanpa penambahan *brown gas* dengan *emission analyzer*. Sebelum menguji emisi, alat uji emisi perlu dikalibrasi. *Emission analyzer* dapat kalibrasi secara otomatis selama dua menit sampai layar menampilkan kata “*ready*”.



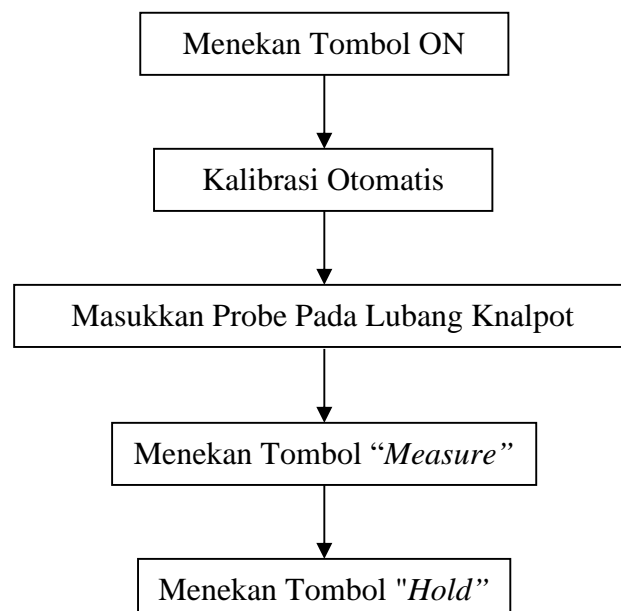
Gambar 3.29. *Emission Analyzer* yang Siap Digunakan

Masukkan bagian dari alat uji emisi yaitu “*probe*” pada lubang knalpot.



Gambar 3.30. Memasukkan *Probe* Pada Knalpot

Kemudian tekan tombol “*measure*” pada *emission analyzer*. Biarkan selama 3 menit supaya alat uji emisi dapat merespon. Lalu tekan tombol “*hold*” untuk menahan data pengukuran yang ditampilkan di layar.



Gambar 3.31. Diagram Alir Pengoperasian *Emmision Analyzer*

3. Mencatat data yang ditampilkan dengan format pada Tabel 3.2. Proses tersebut dilakukan pada putaran 700 rpm, 1500 .

Table 3.2. Format Pengambilan Data Emisi Gas Buang Tanpa *HHO gas*

Kecepatan n (rpm)	Kadar Emisi Gas Buang Tanpa <i>hho gas</i>					Waktu Penahanan n (menit)
	CO (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	HC (ppm)	AFR	
700						3
1500						3

### 3.5.1.2. Percobaan Kedua

Pada percobaan kedua pengujian dapat dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Memasang selang *Generator HHO* pada *karburator* agar *hho gas* dapat terhisap ke karburator dan masuk ke dalam ruang bakar. Pastikan kabel *Generator HHO* tersambung ke aki.



Gambar 3.32. Selang *Gas HHO* masuk pada *karburator*

2. Hidupkan mesin selama 10 menit untuk menormalkan suhu kerja mesin dan untuk memastikan bahwa *hho gas* dapat terhisap.
3. Menguji emisi gas buang dari mesin dengan penambahan *hho gas* dengan *emission analyzer*. Prosesnya dapat dilakukan dengan mengikuti langkah-langkah yang terdapat pada Gambar 3.10. Diagram Alir Pengoperasian *Emmision Analyzer*.
4. Mencatat data yang ditampilkan pada layar *emission analyzer* dengan format pada Tabel 3.3. Proses tersebut dilakukan pada putaran 700 rpm, 1500 rpm.

Table 3.3. Format Pengambilan Data Emisi Gas Buang Dengan *HHO gas*

Kecepatan n (rpm)	Kadar Emisi Gas Buang Dengan <i>hho gas</i>						Waktu Penahanan n (menit)
	CO (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	HC (ppm)	AFR		
700							3
1500							3

Kedua percobaan dilakukan pengujian sebanyak tiga kali dengan waktu yang sama tetapi harinya berbeda. Misalnya, pengujian pertama pada percobaan pertama dilakukan pada hari Senin pukul 10.00 WIB. Hari berikutnya dilakukan pengujian pertama pada percobaan kedua yaitu hari Selasa pukul 10.00 WIB dan seterusnya. Hal ini dimaksudkan agar

keadaan mesin sama, di mana semua pengujian dilakukan mulai dari mesin dingin. Setelah itu diperoleh rata-ratanya yang kemudian dianalisis.

### 3.5.2 Pengujian konsumsi bahan bakar

- Panaskan mesin sepeda motor selama kurang lebih 15 menit.
- Matikan mesin.
- Cabut selang bahan bakar yang berada di karburator.
- Tutup selang bahan bakar agar bahan bakar tidak keluar.
- Kuras bahan bakar yang terdapat di karburator dengan membuka baut penguras bahan bakar karburator.

Table 3.4. Format Pengambilan Data Emisi Gas Buang Dengan *hho gas*

Percobaan ke	Keadaan Mesin	Konsumsi BBM (dalam detik) Dengan gas HHO
1	Idle	
2	Idle	
3	Idle	
4	Idle	
5	Idle	
Rata-rata		

- Pasang botol bahan bakar cadangan yang sudah terisi bahan bakar yang ingin di tes pada karburator.

- Nyalakan mesin sebentar lalu cabut selang botol bahan bakar cadangan dan kuras kembali bahan bakar dari karburator. Ini bertujuan untuk membilas sisa-sisa bahan bakar yang sebelumnya.
- Pasang kembali botol bahan bakar cadangan.
- Takarkan bahan bakar yang akan di uji sebanyak 10 ml pada suntikan.
- Suntikan bahan bakar tersebut ke dalam botol bahan bakar cadangan.
- Nyalakan mesin selama 10 detik lalu tarik pedal gas hingga RPM 700 dan pertahankan sampai motor kehabisan bahan bakar dan mati.
- Catat waktu pengujian konsumsi bahan bakar.
- Isi kembali bahan bakar dengan cara yang sama seperti diatas.
- Nyalakan mesin selama 10 detik lalu tarik pedal gas hingga RPM 1500 dan pertahankan sampai motor kehabisan bahan bakar dan mati.
- Catat kembali waktu pengujian konsumsi bahan bakar.
- Lakukan kembali tahapan-tahapan diatas dengan keadaan *Generator HHO* hidup dan *gas HHO* masuk ke karburator.

### **3.6. Teknik Analisis Data**

Data yang telah dikumpulkan rata-ratanya dari proses pengujian kemudian akan dianalisis untuk memperoleh tingkat perbedaan yang ditunjukkan dari indikator-indikator penelitian yang telah ditetapkan. Hasil pengujian tersebut

berbentuk angka. Langkah selanjutnya adalah menganalisis hasil penelitian dengan metode statistik untuk mengetahui perbedaan kadar CO dan HC antara mesin tanpa penambahan *HHO gas* dan mesin dengan penambahan *HHO gas*.

### 3.7. Hipotesis Statistik

$H_0 : \mu = 0$ , tidak terdapat pengaruh *HHO gas* pada campuran bensin dan udara terhadap emisi gas buang CO dan HC.

$H_a : \mu \neq 0$ , terdapat pengaruh *HHO gas* pada campuran bensin dan udara terhadap emisi gas buang CO dan HC.

Untuk mengetahui terdapat pengaruh atau tidak, maka dilakukan pengujian statistik menggunakan uji t. Dalam hal ini jika t hitung lebih besar daripada t tabel, maka  $H_0$  ditolak atau  $H_a$  diterima. Ini berarti bahwa terdapat pengaruh *HHO gas* pada campuran bensin dan udara terhadap emisi gas buang CO dan HC. Sebaliknya jika t hitung lebih kecil daripada t tabel, maka  $H_0$  diterima. Ini berarti bahwa tidak terdapat pengaruh *HHO gas* pada campuran bensin dan udara terhadap emisi gas buang CO dan HC. Jika pengujian statistik terima  $H_0$  sedangkan grafik menunjukkan terdapat penurunan nilai CO dan HC dari mesin dengan *HHO gas*, ini berarti pengaruh penambahan *HHO gas* terhadap emisi gas buang CO dan HC tidak signifikan.

## BAB IV

### HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil pengujian emisi gas buang

##### 4.1.1 Hasil Pengujian tanpa menggunakan *HHO gas*.

Percobaan pengujian emisi gas buang pada mesin tanpa penambahan *HHO gas*. Hal ini untuk mengetahui seberapa besar emisi gas buang yang dihasilkan sebelum diberi perlakuan. Pengujian dilakukan setelah mesin dihidupkan selama 10 menit untuk menormalkan suhu kerja mesin. Data pengujian diambil sebanyak lima kali dan dirata-rata seperti di tabel 4.1.

Tabel 4.1. Rata-Rata Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Tanpa *HHO gas*

Kecepatan (rpm)	Rata-Rata Kadar Emisi Gas Buang Tanpa <i>hho gas</i>						Waktu Penahanan (menit)
	CO (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	HC (ppm)	AFR		
700	3.272	12.98	19.682	253.2	25.82	1.748	3
1500	3.022	13.86	16.568	219.2	27.28	1.835	3

##### 4.1.2. Hasil Pengujian Dengan menggunakan *HHO Gas* (arus 5 ampere).

Percobaan kedua adalah pengujian emisi gas buang pada mesin dengan penambahan *HHO gas*. Generator menggunakan arus 5 ampere dan tegangan 12 volt. Pengujian dilakukan setelah mesin dihidupkan selama 10 menit untuk memastikan *HHO gas* dapat terhisap. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali dan diambil rata-rata.



Data pengujian rata rata dapat dilihat pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4.2. Rata-Rata Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Dengan *HHO gas* (5A).

Kecepatan (rpm)	Rata-Rata Kadar Emisi Gas Buang Dengan <i>hho gas</i>						Waktu Penahanan (menit)
	CO (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	HC (ppm)	AFR		
700	3.096	14.18	21.988	222.4	26.58	1.839	3
1500	2.658	15.74	18.372	197	27.64	1.904	3

#### 4.1.3. Hasil Pengujian Dengan menggunakan *HHO Gas* (arus 10 ampere).

Percobaan ketiga adalah pengujian emisi gas buang pada mesin dengan penambahan *HHO gas*. Generator menggunakan arus 10 ampere dan tegangan 12 volt. Pengujian dilakukan setelah mesin dihidupkan selama 10 menit untuk memastikan *HHO gas* dapat terhisap. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali dan diambil rata-rata.

Data pengujian dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3. Rata-Rata Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Dengan *HHO gas* (10A).

Kecepatan (rpm)	Rata-Rata Kadar Emisi Gas Buang Dengan <i>hho gas</i>						Waktu Penahanan (menit)
	CO (%)	CO <sub>2</sub> (%)	O <sub>2</sub> (%)	HC (ppm)	AFR		
700	2.842	15.824	23.02	203.4	27.06	1.896	3
1500	2.372	16.386	19.08	186.8	27.78	1.934	3

## 4.2. Hasil pengujian konsumsi bahan bakar.

### 4.2.1 Hasil Uji konsumsi bahan bakar dan Gas *HHO*

Pengujian konsumsi bahan bakar dilakukan secara eksperimen dengan melakukan percobaan-percobaan untuk mendapatkan data-data yang diinginkan.( dalam Lampiran)

Setelah dilakukan pengujian sebanyak lima kali pada percobaan pertama dan percobaan kedua, maka data tersebut dihitung rata-ratanya. Untuk nilai rata-rata konsumsi bahan bakar pada mesin tanpa penambahan *HHO gas* dan dengan *HHO gas* dapat dilihat pada Tabel 4.4.

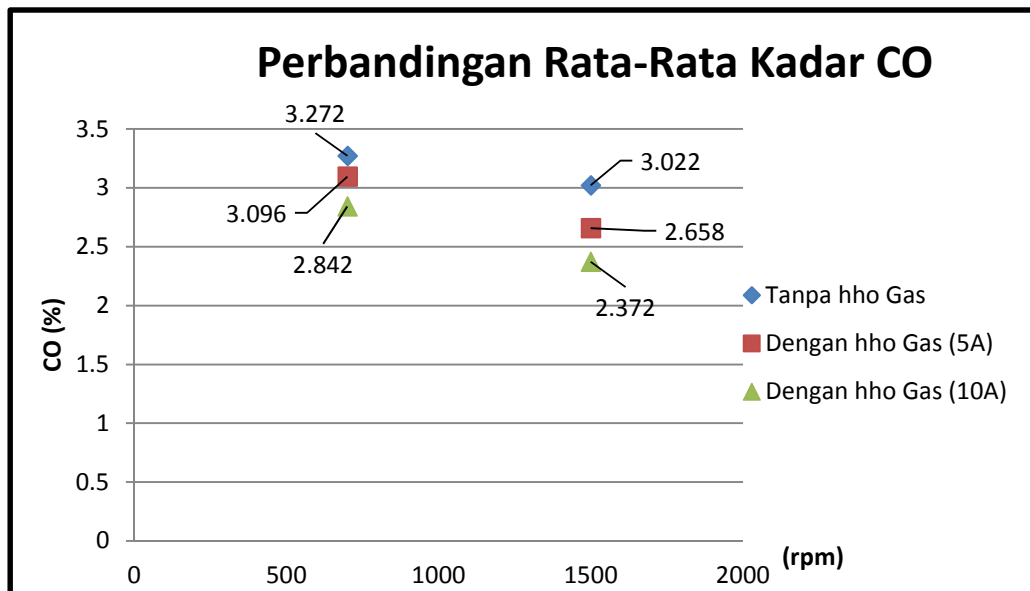
Tabel 4.4.Hasil rata–rata Uji konsumsi bahan bakar .

No	Keadaan mesin	Tanpa <i>HHO gas</i>	Dengan <i>HHO gas</i> Arus 5 ampere	Dengan <i>HHO gas</i> Arus 10 ampere
1	Idle	4:28 menit = 268 detik	5:16 menit = 316 detik	5:46 menit = 346 detik
2	50km/jam	1:20 menit = 80 detik	1:34 menit = 94 detik	1:48 menit = 108 detik

### 4.3. Pembahasan

#### 4.3.1. Pembahasan Emisi gas buang

Untuk mempermudah menganalisa, maka data ditampilkan pada grafik sebagai berikut:



Gambar 4.1. Grafik Perbandingan Rata-Rata Kadar CO

Pada Gambar 4.1, terlihat bahwa nilai CO dari mesin dengan penambahan *HHO gas* lebih rendah di setiap tingkatan putaran mesin daripada nilai CO dari mesin tanpa *HHO gas*. Ini berarti bahwa adanya penambahan oksigen dari *Generator HHO* yang menyebabkan bahan bakar dapat bereaksi dengan oksigen lebih banyak membentuk  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{O}$  sehingga mengurangi CO. Untuk

mengetahui berapa besar penurunan kadar CO secara keseluruhan, perlu adanya perhitungan. Perhitungan tersebut meliputi:

### **Generator HHO dengan arus 5 Ampere**

- a. Rata-rata nilai CO mulai dari putaran 700 rpm sampai dengan putaran 1500 rpm dari mesin tanpa *HHO gas*.

$$\frac{3,272 + 3,022}{2} = 3,147\% \text{ vol.}$$

- b. Rata-rata nilai CO mulai dari putaran 700 rpm sampai dengan putaran 1500 rpm dari mesin dengan *HHO gas*.

$$\frac{3,096 + 2,658}{2} = 2,88\% \text{ vol.}$$

- c. Rata-rata nilai CO tanpa *HHO gas* dikurang rata-rata nilai CO dengan *HHO gas*.

$$3,147\% \text{ vol.} - 2,88\% \text{ vol.} = 0,267\% \text{ vol}$$

- d. Hasil pengurangan tersebut dibagi rata-rata nilai CO tanpa *HHO gas*, kemudian dikali 100% .

$$\frac{0,267\% \text{ vol.}}{3,147\% \text{ vol.}} \cdot 100\% = 8,5\%$$

Dari perhitungan di atas diperoleh besarnya penurunan kadar CO pada mesin yang menggunakan *Generator HHO* dengan arus 5 ampere secara keseluruhan adalah 8.5%. Sedangkan penurunan nilai CO yang terbaik terjadi

pada putaran 1500 rpm sebesar 11,4%, di mana nilai CO mesin tanpa *HHO gas* 3,022% *volume* dan nilai CO mesin dengan *HHO gas* dengan arus 5 ampere adalah 2,658% *volume*.

### **Generator HHO dengan arus 10 Ampere**

- a. Rata-rata nilai CO mulai dari putaran 700 rpm sampai dengan putaran 1500 rpm dari mesin tanpa *HHO gas*.

$$\frac{3,272 + 3,022}{2} = 3,147\% \text{ vol.}$$

- b. Rata-rata nilai CO mulai dari putaran 700 rpm sampai dengan putaran 1500 rpm dari mesin dengan *HHO gas*.

$$\frac{2,842 + 2,372}{2} = 2,607\% \text{ vol.}$$

- c. Rata-rata nilai CO tanpa *HHO gas* dikurang rata-rata nilai CO dengan *HHO gas*.

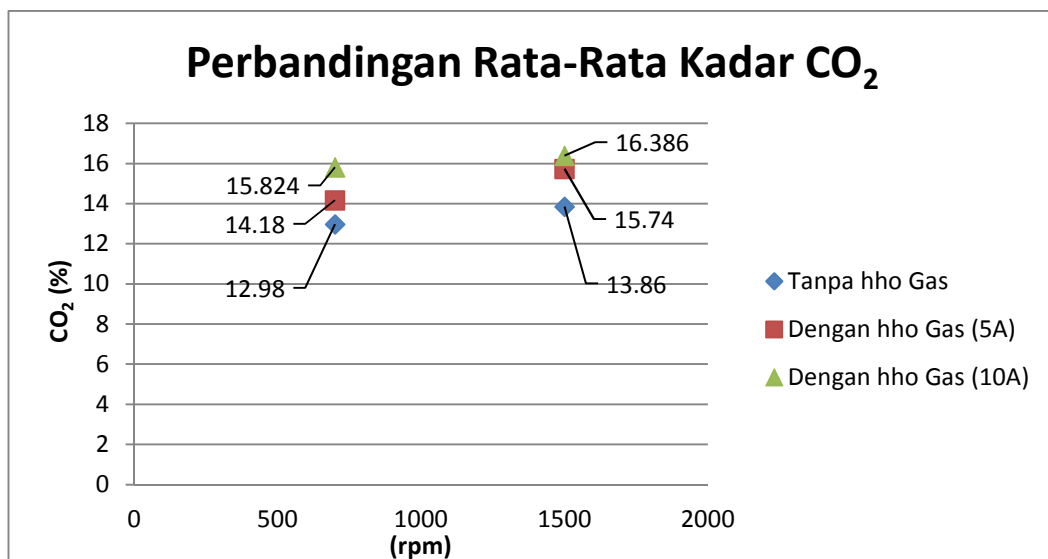
$$3,147\% \text{ vol.} - 2,607\% \text{ vol.} = 0,54\% \text{ vol}$$

- d. Hasil pengurangan tersebut dibagi rata-rata nilai CO tanpa *HHO gas*, kemudian dikali 100% .

$$\frac{0,54\% \text{ vol.}}{3,147\% \text{ vol.}} \cdot 100\% = 17,16\%$$

Dari perhitungan di atas diperoleh besarnya penurunan kadar CO pada mesin yang menggunakan *Generator HHO* dengan arus 10 ampere secara keseluruhan adalah 17,16%. Sedangkan penurunan nilai CO yang terbaik terjadi pada putaran 1500 rpm sebesar 21%, di mana nilai CO mesin tanpa *HHO gas* 3,022% *volume* dan nilai CO mesin dengan *HHO gas* dengan arus 10 ampere adalah sebesar 2,372% *volume*.

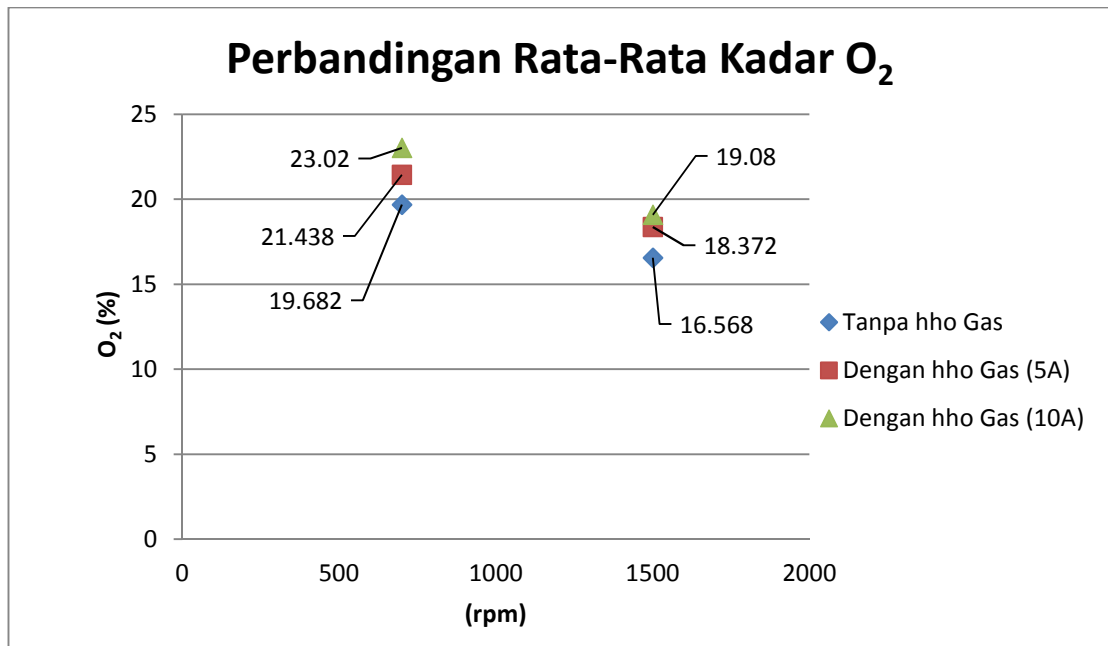
Standar nilai CO adalah 3% *volume*. Pada mesin dengan *hho gas*, pada putaran 1500 rpm kadar CO 2.68% *volume*. Ini disebabkan karena AFR yang kaya, tetapi kadar CO pada putaran ini dari mesin dengan *HHO gas* lebih rendah daripada kadar CO mesin tanpa *HHO gas*.



Gambar 4.2. Grafik Perbandingan Rata-Rata Kadar CO<sub>2</sub>

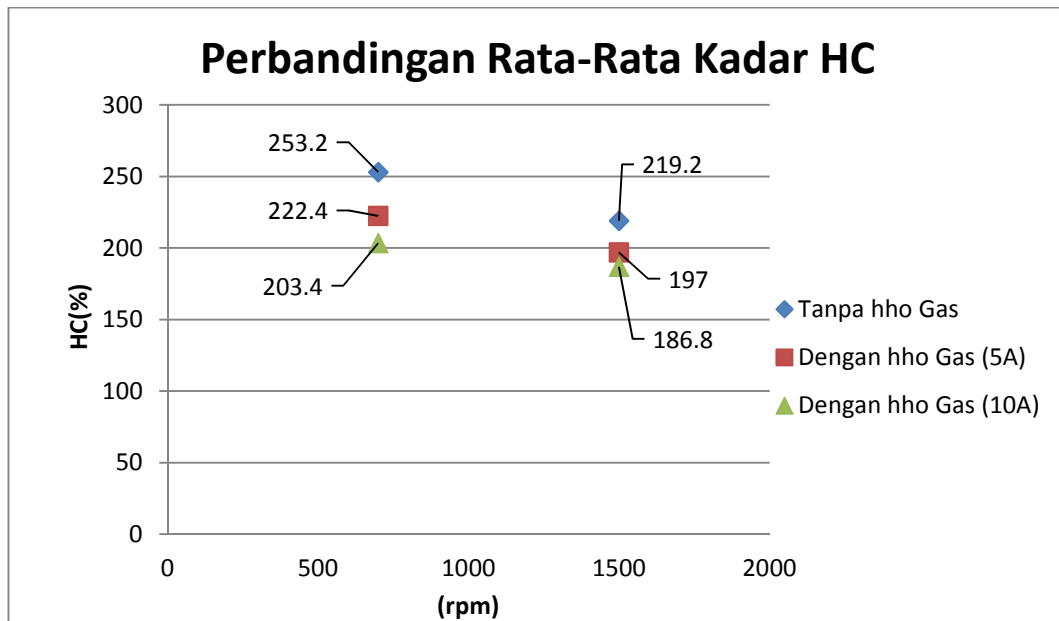
Pada Gambar 4.2 menunjukkan nilai CO<sub>2</sub> pada mesin dengan *HHO gas* lebih tinggi daripada nilai CO<sub>2</sub> pada mesin tanpa *HHO gas*. Ini berarti bahwa adanya penambahan oksigen dari *Generator HHO*, sehingga bensin dapat

bereaksi dengan oksigen membentuk  $\text{CO}_2$ . Kadar  $\text{CO}_2$  dikatakan baik atau standar apabila lebih dari 12% *volume*. Ini berarti bahwa pembakaran cukup akan oksigen.



Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Rata-Rata Kadar  $\text{O}_2$

Pada Gambar 4.3, menunjukkan nilai  $\text{O}_2$  pada mesin tanpa *HHO gas* lebih tinggi pada putaran 700 rpm. Ini disebabkan karena putarannya masih rendah dimana ruang bakar tidak lebih panas dari pada putaran tinggi, sehingga masih ada bagian bensin yang belum terbakar dan menimbulkan HC. Pada putaran 1500 rpm kadar oksigen menurun karena putaran mesin tinggi. Kebutuhan bahan bakar lebih banyak sehingga menghasilkan pembakaran yang besar dan mengakibatkan ruang bakar menjadi lebih panas daripada putaran 700 rpm, sehingga bensin dapat bereaksi dengan oksigen lebih banyak dan menghasilkan oksigen yang sedikit.



Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Rata-Rata HC

Pada Gambar 4.4, menunjukkan nilai HC pada mesin dengan *HHO gas* lebih rendah daripada nilai HC pada mesin tanpa *HHO gas* di setiap tingkatan putaran mesin. Nilai HC yang lebih rendah disebabkan oleh adanya penambahan oksigen dari *Generator HHO* yang mengakibatkan bahan bakar dapat bereaksi dengan oksigen lebih banyak sehingga mengurangi HC.

Untuk mengetahui besarnya penurunan HC secara keseluruhan, maka dilakukan perhitungan sebagai berikut:

#### **Generator HHO dengan arus 5 Ampere**

- a. Rata-rata nilai HC mulai dari putaran 700 rpm sampai dengan putaran 1500 rpm dari mesin tanpa *HHO gas*.

$$\frac{253,2 + 219,2}{2} = 236.2 \text{ ppm}$$



- b. Rata-rata nilai HC mulai dari putaran 700 rpm sampai dengan putaran 1500 rpm dari mesin dengan *HHO gas*.

$$\frac{222,4 + 197}{2} = 209,9 \text{ ppm}$$

- c. Rata-rata nilai HC tanpa *HHO gas* dikurang rata-rata nilai HC dengan *HHO gas*.

$$236.2 \text{ ppm} - 209,9 \text{ ppm} = 26,3 \text{ ppm}$$

- d. Hasil pengurangan tersebut dibagi rata-rata nilai HC tanpa *HHO gas*, kemudian dikali 100% .

$$\frac{26.3 \text{ ppm}}{236.2 \text{ ppm}} \cdot 100\% = 11.1\%$$

Dari perhitungan di atas diperoleh penurunan HC pada mesin menggunakan *Generator HHO* dengan arus 5 ampere secara keseluruhan adalah 11,1%. Penurunan HC terbaik yaitu pada putaran 700 rpm sebesar 12,2% dengan nilai HC dari mesin tanpa *HHO gas* 253,2 ppm dan nilai HC dari mesin dengan *HHO gas* 222,4 ppm. Nilai HC yang diperbolehkan adalah kurang dari 700 ppm.

#### **Generator HHO dengan arus 10 Ampere**

- a. Rata-rata nilai HC mulai dari putaran 700 rpm sampai dengan putaran 1500 rpm dari mesin tanpa *HHO gas*.

$$\frac{253,2 + 219,2}{2} = 236.2 \text{ ppm}$$

- b. Rata-rata nilai HC mulai dari putaran 700 rpm sampai dengan putaran 1500 rpm dari mesin dengan *HHO gas*.

$$\frac{203,4 + 186,8}{2} = 195,1 \text{ ppm}$$

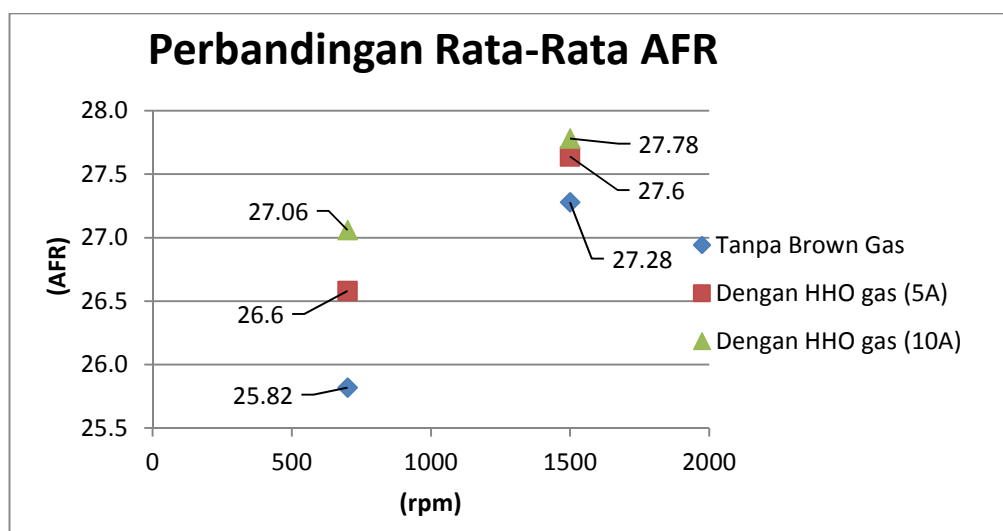
- c. Rata-rata nilai HC tanpa *HHO gas* dikurang rata-rata nilai HC dengan *HHO gas*.

$$236.2 \text{ ppm} - 195,1 \text{ ppm} = 41,1 \text{ ppm}$$

- d. Hasil pengurangan tersebut dibagi rata-rata nilai HC tanpa *HHO gas*, kemudian dikali 100% .

$$\frac{41.1 \text{ ppm}}{236.2 \text{ ppm}} \cdot 100\% = 17.4\%$$

Dari perhitungan di atas diperoleh penurunan HC pada mesin menggunakan *Generator HHO* dengan arus 10 ampere secara keseluruhan adalah 17,4%. Penurunan HC terbaik yaitu pada putaran 700 rpm sebesar 19,6% dengan nilai HC dari mesin tanpa *HHO gas* 253,2 ppm dan nilai HC dari mesin dengan *HHO gas* 203,4 ppm. Nilai HC yang diperbolehkan adalah kurang dari 700 ppm.

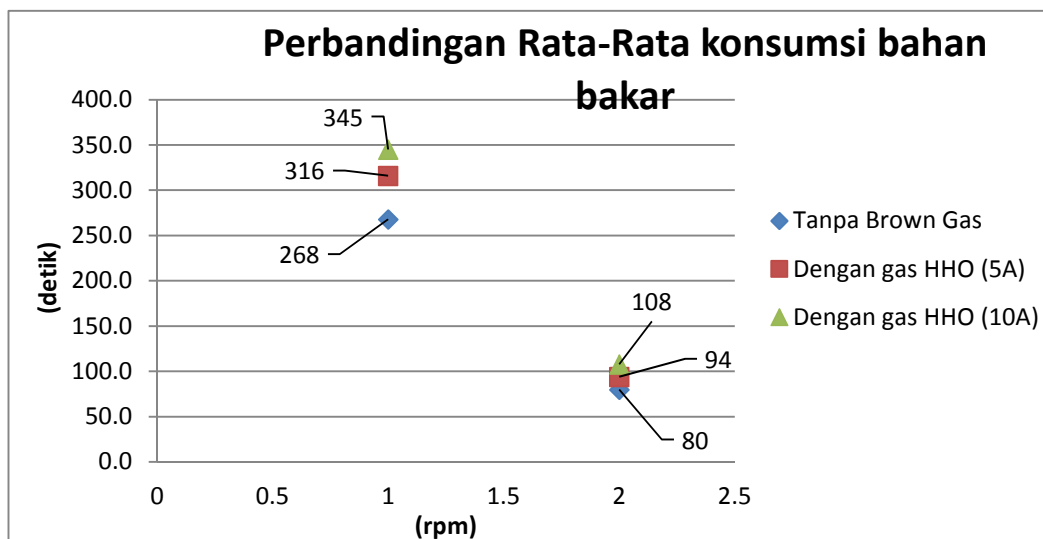


Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Rata-Rata AFR

*Air Fuel Ratio* (AFR) adalah perbandingan bahan bakar dan udara. Nilai AFR yang ideal yaitu 14,7 sampai dengan 15,1. Pada Gambar 4.5, menunjukkan nilai AFR pada mesin dengan *HHO gas* lebih tinggi daripada nilai AFR tanpa *HHO gas*. Ini berarti bahwa adanya penambahan oksigen dari *Generator HHO* sehingga campuran bensin dan udara meningkat sedikit.

#### 4.3.2. Pembahasan Konsumsi bahan bakar

Setelah dilakukan pengujian sebanyak lima kali pada percobaan pertama dan percobaan kedua, maka data tersebut dihitung rata-ratanya. Untuk nilai rata-rata konsumsi bahan bakar pada mesin tanpa penambahan *HHO gas* dan dengan *HHO gas* dapat dilihat pada Tabel 4.17. Kemudian dari tabel 4.17 maka dibuatlah grafik yang menunjukkan penurunan konsumsi bahan bakar secara rata-rata sebelum dan sesudah ditambahkan gas *HHO*.



Gambar 4.6. Grafik rata-rata konsumsi bahan bakar sebelum dan sesudah ditambah *HHO gas*.

Pada Gambar 4.6, terlihat bahwa mesin dapat bekerja lebih lama dengan adanya penambahan gas *HHO* daripada pengujian saat mesin tanpa *HHO gas*. Ini berarti bahwa adanya penambahan gas *hydrogen* dan *oksigen* dari *Generator HHO* yang menyebabkan konsumsi bahan bakar mengalami sedikit irit. Untuk mengetahui berapa besar iritnya konsumsi bahan bakar secara keseluruhan, perlu adanya perhitungan. Perhitungan tersebut meliputi:

**Mesin dengan Generator HHO (arus 5A)**

- a. Rata-rata nilai konsumsi bahan bakar mulai dari putaran idle sampai dengan kecepatan 50km/jam dari mesin tanpa *HHO gas*.

$$\frac{268 + 80}{2} = 174 \text{ detik.}$$

- b. Rata-rata nilai konsumsi bahan bakar mulai dari putaran idle sampai dengan kecepatan 50km/jam dari mesin dengan *HHO gas*.

$$\frac{316 + 94}{2} = 205 \text{ detik.}$$

- c. Rata-rata konsumsi bahan bakar dengan *HHO gas* dikurang rata-rata konsumsi bahan bakar tanpa *HHO gas*.

$$205 - 174 = 31 \text{ detik}$$

- d. Hasil pengurangan tersebut dibagi rata-rata konsumsi bahan bakar tanpa *hho gas*, kemudian dikali 100% .

$$\frac{31 \text{ detik}}{174 \text{ detik}} \cdot 100\% = 17,8\%$$

Dari perhitungan di atas diperoleh besarnya penurunan konsumsi bahan bakar secara keseluruhan adalah 17,8%.

### **Mesin dengan Generator HHO (arus 10 A)**

- a. Rata-rata nilai konsumsi bahan bakar mulai dari putaran idle sampai dengan kecepatan 50km/jam dari mesin tanpa *HHO gas*.

$$\frac{268 + 80}{2} = 174 \text{ detik.}$$

- b. Rata-rata nilai konsumsi bahan bakar mulai dari putaran idle sampai dengan kecepatan 50km/jam dari mesin dengan *HHO gas*.

$$\frac{345 + 108}{2} = 226 \text{ detik.}$$

- c. Rata-rata konsumsi bahan bakar dengan *HHO gas* dikurang rata-rata konsumsi bahan bakar tanpa *HHO gas*.

$$226 - 174 = 52 \text{ detik}$$

- d. Hasil pengurangan tersebut dibagi rata-rata konsumsi bahan bakar tanpa *hho gas*, kemudian dikali 100% .

$$\frac{52 \text{ detik}}{174 \text{ detik}} \cdot 100\% = 29,8\%$$

Dari perhitungan di atas diperoleh besarnya penurunan konsumsi bahan bakar pada mesin yang menggunakan *Generator HHO* dengan arus 10 ampere secara keseluruhan adalah 29,8%.

#### 4.4. Pengujian Hipotesis

Pada penelitian ini pengujian hipotesis statistik menggunakan uji t karena untuk mengetahui apakah perbedaannya signifikan atau tidak antara mesin tanpa *HHO gas* dan mesin dengan *HHO gas*. Berikut perhitungannya:

Tabel 4.5. Perhitungan Untuk Memperoleh Harga “t” dari nilai CO

Putaran (rpm)	CO Tanpa <i>HHO gas</i> (%vol.)	CO Dengan <i>HHO gas</i> (%vol.)	D	D <sup>2</sup>
700	3.272	3.096	0,176	0.031
1500	3.022	2.658	0,364	0,132
<b>Jumlah ( )</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>0,54</b>	<b>0.163</b>

Standar deviasi perbedaan nilai dari kedua variabel dengan rumus:

$$SD_D = \sqrt{\frac{\sum D^2}{N} - \left(\frac{\sum D}{N}\right)^2} = \sqrt{\frac{0.163}{2} - \left(\frac{0.54}{2}\right)^2} = \sqrt{0,0815 - 0,0729} = 0,093$$

Selanjutnya substitusi ke dalam rumus t<sup>17</sup>:

$$t_o = \frac{\left(\frac{\sum D}{N}\right)}{\left(\frac{SD_D}{\sqrt{N-1}}\right)} = \frac{\left(\frac{0,54}{2}\right)}{\left(\frac{0,093}{\sqrt{2-1}}\right)} = \frac{0,27}{0,093} = 2,90$$

<sup>17</sup> Hartono, *Statistik Untuk Penelitian* (Yogyakarta: Pustaka Pelajar, 2011), hlm. 181.

Dengan taraf 5% dan  $dk = n_1 + n_2 - 1 = 2 + 2 - 1 = 3$ . Ternyata  $t$  hitung 2,90 lebih besar daripada  $t$  tabel 2,353 sehingga dapat dinyatakan bahwa perbedaan antara nilai CO tanpa *HHO gas* dan nilai CO dengan *HHO gas* signifikan. Dalam hal ini tolak  $H_0$ . Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh penambahan *HHO gas* pada campuran bensin dan udara terhadap emisi gas buang CO.

Tabel 4.6. Perhitungan Untuk Memperoleh Harga “ $t$ ” dari nilai HC

Putaran (rpm)	HC Tanpa <i>hho gas</i> (ppm)	HC Dengan <i>hho gas</i> (ppm)	D	D <sup>2</sup>
700	253,2	222,4	30,8	936,36
1500	204	197	7	49
<b>Jumlah ( )</b>	-	-	<b>37,8</b>	<b>985,36</b>

Standar deviasi perbedaan nilai dari kedua variabel dengan rumus:

$$SD_D = \sqrt{\frac{\sum D^2}{N} - \left(\frac{\sum D}{N}\right)^2} = \sqrt{\frac{985,36}{2} - \left(\frac{37,8}{2}\right)^2} = \sqrt{492,68 - 357,21}$$

$$= 11,6$$

Selanjutnya substitusi ke dalam rumus  $t$ :

$$t_o = \frac{\left(\frac{\sum D}{N}\right)}{\left(\frac{SD_D}{\sqrt{N-1}}\right)} = \frac{\left(\frac{37,8}{2}\right)}{\left(\frac{11,6}{\sqrt{2-1}}\right)} = \frac{18,9}{5,8} = 3,25$$

Dengan taraf 5% dan  $dk = n_1 + n_2 - 1 = 2 + 2 - 1 = 3$ . Ternyata  $t$  hitung 3,25 lebih besar daripada  $t$  tabel 2,353 sehingga dapat dinyatakan bahwa perbedaan antara nilai HC tanpa *HHO gas* dan nilai HC dengan *HHO gas* signifikan. Dalam hal ini tolak  $H_0$ . Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh penambahan *HHO gas* pada campuran bensin dan udara terhadap emisi gas buang HC.



#### 4.5. Biaya Pembuatan

Tabel 4.7. Daftar harga Bahan pembuatan Generator HHO (per maret 2014).

No	Nama komponen / bahan	Jumlah dan ukuran	Harga	Tempat pembelian
	Acrylic mika	2 buah 11x11 cm	Rp 36.000	Cemerlang Plastik, Galur , Senen.
2	Steinless stell	9 buah 9x9 cm	Rp 171.000	Cemerlang Plastik, Galur , Senen
3	Karet lembaran	50x50x1 cm	Rp 70.000	Kenari mas, Senen
4	Mur	M8 x 1	Rp 25.000	Kenari mas, Senen
5	Baut	M8 x 1, 14 cm	Rp 32.000	Kenari mas, Senen
6	Bubbler	1	Rp 40.000	Tip Top Rawamangun
7	Elbow fitting	15	Rp 30.000	Kenari mas, Senen
8	PE tube selang	5 meter, ¼ inchi	Rp 25.000	Kenari mas, Senen
9	Selang Bensin	1	Rp 10.000	Bengkel Sepeda motor
10	Kabel listrik	2 meter	Rp 9.000	Toko alat listrik
11	Filter	1 buah	Rp 7.000	Bengkel Sepeda motor
12	Sekering dan rumah sekering	1 unit	Rp 15.000	Bengkel Sepeda motor
13	Saklar ON/OFF	1 buah	Rp 7.000	Toko alat listrik
14	NaOH	1 plastik	Rp 10.000	Toko Kimia
15	Avometer	1 unit	Rp 110.000	Toko alat listrik
16	Konektor penghubung	3 buah	Rp 15.000	Toko alat listrik
17	Accu kering 5A , 12V	1	Rp 180.000	Bengkel sepeda motor
18	Lem pipa	1	Rp 10.000	Toko material
Jumlah Total Biaya Bahan			Rp 892.000	

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data penelitian yang sudah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa *Generator HHO* bekerja memproses elektrolisis untuk menghasilkan gas *HHO*. Di dalam tabung ini terdapat dudukan elektroda yang akan diberi arus listrik. Tabung elektroliser yang digunakan terbuat dari kaca atau plastik yang tahan panas yang akan memproses elektrolisis yang kemudian menghasilkan gas *HHO*.

*Generator HHO* dibuat dari komponen-komponen akrilik mika, plat elektroda dari stainless steel, karet seal sebagai sekat dan ruang cairan elektrolit bergerak, elbow fitting untuk jalur keluar masuk air dan gas, serta tangki bubler sebagai tempat elektrolit dan pengering gas *HHO*.

Perakitan *Generator HHO* disusun dari komponen yang sudah dibuat. 2 buah mika sebagai chasing depan dan belakang, 3 buah elektroda kutub, 6 buah plat netral, dan 2 elbow fitting. Semua komponen disusun dengan sebuah

Pola – NNN + NNN –.

Besarnya penurunan CO pada mesin yang menggunakan *Generator HHO* dengan arus 5 ampere secara keseluruhan adalah 8,5 %. Besarnya penurunan kadar CO pada mesin yang menggunakan *Generator HHO* dengan arus 10 ampere secara keseluruhan adalah 17,16%. Hal ini juga ditunjukkan pada uji statistik bahwa perbedaannya signifikan di mana dengan taraf

kesalahan 5% dan  $dk = n_1 + n_2 - 1 = 2 + 2 - 1 = 3$ . Ternyata  $t$  hitung 2,90 lebih besar daripada  $t$  tabel 2,353.

HC yang dihasilkan dari mesin dengan *HHO gas* juga mengalami penurunan. Besarnya penurunan HC pada mesin yang menggunakan *Generator HHO* dengan arus 5 ampere secara keseluruhan adalah 11,1 %. Penurunan HC pada mesin yang menggunakan *Generator HHO* dengan arus 10 ampere secara keseluruhan adalah 17,4%. Hal ini juga ditunjukkan pada uji statistik bahwa perbedaannya signifikan di mana dengan taraf kesalahan 5% dan  $dk = n_1 + n_2 - 1 = 2 + 2 - 1 = 3$ . Ternyata  $t$  hitung 3,25 lebih besar daripada  $t$  tabel 2,353.

Kemudian kesimpulan hasil dari dari uji konsumsi bahan bakar adalah besarnya penurunan konsumsi bahan bakar pada mesin yang menggunakan *Generator HHO* dengan arus 5 ampere secara keseluruhan adalah 17,8%.

Besarnya penurunan konsumsi bahan bakar pada mesin yang menggunakan *Generator HHO* dengan arus 10 ampere secara keseluruhan adalah 29,8%.

## 5.2. Saran

Hasil penelitian yang diperoleh adalah hasil emisi dan konsumsi bahan bakar dari mesin yang diuji menggunakan 2 rpm saja. Sedangkan mesin yang beroperasi pada kendaraan yang memiliki beban jika berkendara dapat mempengaruhi emisi dan konsumsi bahan bakar. Oleh karena itu pada pengujian selanjutnya diperlukan:

1. Pengujian emisi mesin menggunakan beban dan diharapkan pada mesin sepeda motor yang digunakan untuk berkendara.
2. Pengujian daya mesin.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar, Wiranto. *Motor Bakar Torak*. Bandung : Penerbit ITB., 1980.
- Hartono. *Statistik Untuk Penelitian*. Yogyakarta : Pustaka Pelajar, 2011.
- Hidayatullah, Poempida, dan Mustari, Futung. *Rahasia Bahan Bakar Air*. Jakarta : Ufuk Press, 2008.
- Nugraha, Beni Setya. “Aplikasi Teknologi Injeksi Bahan Bakar Elektronik (EFI) Untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Sepeda Motor” *Jurnal Ilmiah Populer dan Teknologi Terapan Program Studi D3, Jurusan Teknik Mesin, FT, Universitas Negeri Semarang*. Vol. 5. No. 2. 2007.
- Rubin, Edward S. *Introduction To Engineering and The Environment*. New York : McGraw Hill Companies, 2001.
- Suyanto, Wardan. *Teori Motor Bensin*. Jakarta : Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1989.
- Syukri, *Kimia Dasar Jilid 3*. Bandung : Penerbit ITB., 1999.
- Tjatur W., Rusminto., Nurhayati., dan Supa`at. “Proses Elektrolisa Pada Prototipe Kompor Air Dengan Pengaturan Arus dan Temperatur.” Skripsi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya-ITS, 2009.
- <http://networkedblogs.com/CTvvD?a=share>. Diakses pada 14 Mei 2014
- [http://www.hho4free.com/amperage\\_understanding.htm](http://www.hho4free.com/amperage_understanding.htm). Diakses 22 Mei 2014
- <http://acehnationalnews.blogspot.com/2012/04/eco-power-booster-hemat-bahan-bakar-sd.html>. Diakses pada 26 Mei 2014
- [http://id.wikipedia.org/wiki/Natrium\\_hidroksida](http://id.wikipedia.org/wiki/Natrium_hidroksida). Diakses pada 20 Mei 2014.
- <http://ridomanik.blogspot.com/2013/07/sekilas-mengenai-bensin-premium.html>. Diakses pada 19 April 2014
- <http://kelanakota.suarasurabaya.net/news/2014/129569-Sejak-1990-an-Diwacanakan,-Belum-Pernah-Tereali>. Diakses pada 4 april 2014.