

Optimalisasi Penggunaan Bahan Bakar Pada Generator Set Dengan Menggunakan Proses Elektrolisis

Gabriel Paul Tumilar⁽¹⁾, Fielman Lisi⁽²⁾, Marthinus Pakiding⁽³⁾
 (1)Mahasiswa (2)Pembimbing 1 (3)Pembimbing 2

Jurusan Teknik Elektro-FT, UNSRAT, Manado-95115, Email: billytumilaar@yahoo.com

Abstrak

Generator Set atau Genset adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut generator set adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu *engine* dan generator atau alternator. *Engine* biasanya mesin diesel sebagai perangkat pemutar sedangkan generator atau alternator sebagai perangkat pembangkit listrik.

Masalah yang sering ditemukan dalam penggunaan listrik cadangan (Genset) yaitu pemakaian bahan bakar yang boros dan tidak efisien. Karena pada zaman sekarang ini bahan bakar minyak sedang dalam masa-masa sulit sehingga harganya pun ikut naik. Berkaitan dengan hal tersebut, maka diperlukan suatu peralatan listrik cadangan (genset) yang irit bahan bakar untuk mendapat menyelesaikan persoalan diatas. Maka disusunlah karya tulis ilmiah dengan judul Optimalisasi Penggunaan Bahan Bakar Pada Generator Set Dengan Proses Elektrolisis.

Proses elektrolisis pada Genset bermula dari bahan bakar masuk melalui karburator dan manifold pada genset yang diinjeksi dengan hidrogen dari hasil pemanasan *Electrolizer* HHO pada plat stainless steel yang diberi tegangan 12 VDC dengan arus ± 6 ADC. Alat *electrolizer* HHO bertugas mempercepat penguraian Air yang sudah dicampurkan dengan natrium bikarbonat menjadi gas hidrogen dan oksigen. Tabung berfungsi menampung pemisahan gas hidrogen dan oksigen yang berupa air dengan gravitasi oksigen dibawah hidrogen. Setelah disaring gas hidrogen diinjeksi ke dalam manifold mesin melalui selang vakum. Ketika gas hidrogen masuk pada generator set, akan terdengar perbedaan kerja mesin generator set menjadi lebih baik. Ketika diuji terdapat perbedaan konsumsi bahan bakar antara sebelum menggunakan dan setelah menggunakan proses elektrolisis. Kata kunci : *Electrolizer HHO*, Elektrolisis, *Engine*, Generator Set

Abstract

Set or Genset generator is a device that serves to generate electric power. Called the generator set is a set of equipment a combination of two different devices, namely the engine and generator or alternator. Engine usually diesel engine as the generator or alternator while the player as a power generation device.

Problems that are often found in the use of backup power (generator) is excessive fuel consumption and inefficient.

Because in this day and age of fuel oil are in tough times, so the price goes up. In this regard, we need a backup electrical equipment (generators) are fuel efficient to get resolve the above issues. Then drafted a scientific paper entitled Optimizing the Use of Fuel At Generator Set With Electrolysis Process.

Genset electrolysis process stems from the fuel through the carburetor and manifold injected with hydrogen generators of heating Electrolyzer HHO on stainless steel plate that was given to the current-voltage 12 VDC \pm 6 ADC. HHO electrolyzer duty tool accelerates decomposition Water that is mixed with sodium bicarbonate into hydrogen and oxygen gas. Tube serves to accommodate the separation of hydrogen and oxygen gas in the form of water by gravity oxygen under hydrogen. Once filtered hydrogen gas was injected into the engine manifold through a vacuum hose. When the hydrogen gas entering the generator set, you will hear the difference engine generator sets work better. When tested fuel consumption difference between before use and after use of the electrolysis process.

Keywords: Electrolyzer HHO, Electrolysis, Engine, Generator Set

I. PENDAHULUAN

Dunia ketenagalistrikan kini mengalami perkembangan yang makin pesat. Berbagai peralatan – peralatan listrik berkembang dari segi efisiensi, fungsi, maupun fisik. Perkembangan tersebut tentunya untuk memenuhi tuntutan dari keandalan, kestabilan dan keunggulan dari peralatan tersebut. Pemanfaatan teknologi terbaru diharapkan mampu menciptakan sebuah alat atau perangkat listrik yang baik dari segala aspek yaitu keandalan, kestabilan dan keunggulan.

Dewasa ini kebutuhan masyarakat akan peralatan listrik cadangan (genset) mulai meningkat, baik untuk keperluan rumah tangga, maupun industri. Keberadaan peralatan listrik cadangan juga terasa sangat membantu pada kelancaran suatu acara, konser musik, dunia penyiaran baik radio maupun televisi, studio rekaman dan juga pasca produksi pembuatan film. Untuk itu dibutuhkan suatu peralatan listrik cadangan yang handal, stabil, unggul dan juga hemat, agar dapat dinikmati dengan baik oleh pengguna listrik cadangan.

Masalah yang sering ditemukan dalam penggunaan listrik cadangan (genset) yaitu pemakaian bahan bakar yang boros dan tidak efisien. Karena pada

zaman sekarang ini bahan bakar minyak sedang dalam masa – masa sulit sehingga harganya pun ikut naik. Juga karena adanya aturan baru dari pemerintah bahwa penggunaan bahan bakar minyak dalam dunia perindustrian tidak akan mendapat subsidi dari pemerintah, sehingga membuat para pengusaha industri kecil – menengah berpikir kembali untuk meneruskan usaha mereka.

Berkaitan dengan hal tersebut, maka diperlukan suatu peralatan listrik cadangan (Genset) yang irit bahan bakar untuk dapat menyelesaikan persoalan diatas. Berdasarkan uraian diatas, maka penulis mencoba menyusun karya tulis ilmiah dengan judul “Optimalisasi Penggunaan Bahan Bakar pada Generator Set Dengan Menggunakan Proses Elektrolisis”.

II. LANDASAN TEORI

A. Pengertian Generator Set

Generator set atau Genset adalah sebuah perangkat yang berfungsi menghasilkan daya listrik. Disebut sebagai generator set dengan pengertian adalah satu set peralatan gabungan dari dua perangkat berbeda yaitu *engine* dan generator atau alternator. *Engine* biasanya mesin diesel sebagai perangkat pemutar sedangkan generator atau alternator sebagai perangkat pembangkit listrik.

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

B. Cara Kerja Generator Set

Cara kerja generator set adalah dengan menyalakan diesel *engine* dari generator set. Penggerak mula (*Prime mover*) merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator. Pada mesin diesel terjadi penyalan sendiri, karena proses kerjanya berdasarkan udara murni yang dimampatkan di dalam silinder pada tekanan yang tinggi. Ketika bahan bakar disemprotkan dalam silinder yang bertemperatur dan bertekanan tinggi melebihi titik nyala bahan bakar maka bahan bakar (dalam penelitian ini adalah bahan bakar cair, bensin atau premium) akan menyala secara otomatis.

Ada dua langkah kerja pendek dari disesel masing – masing mempunyai dua proses kerja. Yang pertama adalah

Proses pertama :

Langkah pertama adalah langkah pemasukan dan penghisapan. Disini udara dan bahan bakar masuk sedangkan poros engkol berputar ke bawah. Langkah kedua merupakan langkah kompresi, poros engkol terus berputar menyebabkan piston naik dan menekan bahan bakar sehingga terjadi pembakaran. Proses 1 dan 2 termasuk proses pembakaran.

Proses kedua :

Langkah 3 merupakan langkah ekspansi, disini katup isap dan buang tertutup sedangkan proses engkol terus berputar dan menarik kembali piston ke bawah. Langkah keempat merupakan langkah pembuangan, disini katub buang terbuka menyebabkan gas sisa pembakaran terbuang keluar. Gas keluar karena pada langkah keempat ini piston kembali bergerak naik dan membuka katub pembuangan yang berada di atas tabung silinder piston. Setelah proses tersebut, maka proses berikutnya akan mengulang kembali proses pertama yaitu proses pembakaran, dilanjutkan dengan proses pembuangan.

Setelah *engine* menyala, poros dari *engine* terhubung langsung dengan poros rotor pada generator set sehingga poros *engine* dan poros rotor berputar secara bersamaan. Ketika terjadi putaran di poros rotor, maka akan terjadi induksi medan magnet dan akan membangkitkan gaya gerak listrik (GGL) seperti halnya hukum Faraday.

Generator set ini berputar pada kecepatan sinkron, yang diberikan oleh persamaan berikut :

$$N_s = \frac{120 \cdot f}{p} \quad (1)$$

Kecepatan putaran (N_s)
frekuensi (f)
Jumlah kutub per lilitan fasa (p)

C. Teori Pembakaran

Berikut ini akan dijelaskan teori tentang pembakaran yang baik dan kurang baik, berdasarkan jenis bahan bakar atau kandungan bahan bakar tersebut.

Bahan Bakar

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

Bahan bakar yang digunakan dalam motor bakar dapat dibedakan menurut wujudnya menjadi 3

kelompok, yaitu gas, cair, dan padat. Bahan bakar gas pada saat ini biasanya berasal dari gas alam, sedangkan bahan bakar cair berasal dari hasil penyulingan minyak bumi. Bahan bakar padat biasanya berupa batu bara. Adapun kriteria utama yang harus dipenuhi bahan bakar yang akan digunakan dalam motor bakar adalah sebagai berikut : Proses pembakaran bahan bakar dalam silinder harus secepat mungkin dan panas yang dihasilkan harus tinggi, bahan bakar yang digunakan harus tidak meninggalkan endapan atau deposit setelah proses pembakaran, karena akan menyebabkan kerusakan pada dinding silinder, dan Gas sisa pembakaran harus tidak berbahaya pada saat dilepaskan ke atmosfer. Bensin, atau Petrol (biasa disebut *gasoline* di Amerika Serikat dan Kanada) adalah cairan bening, agak kekuning - kuning, dan berasal dari pengolahan minyak bumi yang sebagian besar digunakan sebagai bahan bakar di mesin pembakaran dalam. Bensin dengan rumus molekul C_8H_{18} ini termasuk senyawa Alkana karena memiliki rumus molekul C_nH_{2n+2} , ia juga dapat melarutkan zat. Sebagian besar bensin tersusun dari hidrokarbon alifatik yang diperkaya dengan iso-oktana atau benzena untuk menaikkan nilai oktan. Kadang-kadang, bensin juga dicampur dengan etanol sebagai bahan bakar alternatif.

Premium

Reaksi pembakaran pada bensin adalah termasuk reaksi pembakaran yang tidak sempurna, yaitu oksigen tidak mencukupi untuk berlangsungnya reaksi yang sempurna, maka pembakaran tidak sempurna terjadi. Dalam hal ini, karbon pada hidrokarbon teroksidasi hanya sampai pada tingkat karbon monoksida atau bahkan hanya sampai karbon saja.

Ketika kita membakar bensin, pada pembakaran yang sempurna akan terjadi reaksi kimia yang menghasilkan karbondioksida (CO_2) dan uap air (H_2O). Reaksi ini akan berlangsung terus sampai jumlah bensin yang ada habis, sementara gas CO_2 dan uap air makin bertambah. Reaksi tersebut dikatakan reaksi berkesudahan, sebab meskipun produk CO_2 dan H_2O ditampung dalam satu wadah tidak akan bereaksi membentuk bensin dan oksigen kembali. Reaksi seperti itu juga disebut sebagai reaksi searah atau reaksi tidak dapat balik (*irreversible*). semua reaksi pembakaran minyak bumi adalah reaksi berkesudahan

Bahan bakar bensin adalah senyawa hidrokarbon yang kandungan oktana atau isooktananya tinggi. Senyawa oktana adalah senyawa hidrokarbon yang digunakan sebagai patokan untuk menentukan kualitas bahan bakar bensin yang dikenal dengan istilah angka oktana. Untuk itu dalam pengertian ini bahan bakar bensin di bandingkan dengan campuran isooktana atau 2,3,4 trimetilpentana dengan heptana. Isooktana dianggap sebagai bahan bakar paling baik karena hanya pada kompresi tinggi saja isooktana memberikan bunyi ketukan (detonasi) pada mesin. Sebaliknya, heptana dianggap sebagai bahan bakar paling buruk. Angka oktana 100, artinya bahan bakar bensin tersebut setara dengan isooktana murni. Angka oktana 80, artinya

bensin tersebut merupakan campuran 80% isooktana (C_7H_{16}) dan 20% heptana (C_8H_{16}). Gambar di bawah ini merupakan rumus struktur kedua senyawa tersebut.

Konsep Reaksi Pembakaran

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

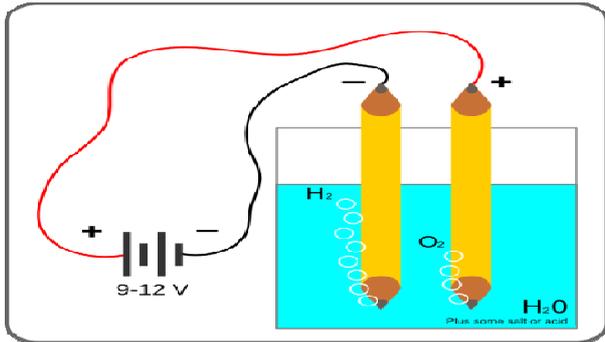
Karbon + Oksigen \rightarrow Karbon dioksida + panas

Hidrogen + Oksigen \rightarrow uap air + panas

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

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

D. Proses Elektrolisis Air



Gambar 1. Ilustrasi proses elektrolisis

Elektrolisis air adalah peristiwa penguraian senyawa air (H_2O) menjadi oksigen (O_2) dan hidrogen gas (H_2) dengan menggunakan arus listrik yang melalui air tersebut (Gambar 1). Di daerah katode, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H_2 dan ion hidroksida (OH^-). Sementara itu pada anode, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O_2) melepaskan 4 ion H^+ serta mengalirkan elektron ke katode. Ion H^+ dan OH^- mengalami netralisasi sehingga terbentuk beberapa molekul air. Berikut ini akan dijelaskan manfaat dan keuntungan dari penggunaan *Brown* gas (HHO) pada mesin yang berkaitan dengan penelitian penulis.

Manfaat dan Keuntungan

Berkembang dan makin banyaknya alat penghemat bahan bakar menggunakan air ini akan menolong kekhawatiran kita akan makin mahalnya harga bahan bakar minyak sekarang ini, serta kelangkaannya pula. Karena banyak manfaat yang dapat diperoleh dari penggunaan alat ini. Salah satunya juga menguntungkan bagi kebersihan lingkungan. Berikut akan dibahas lebih lanjut lagi beberapa keuntungan dari alat pengirit bahan bakar ini pada mesin bakar.

Menghemat Penggunaan Bahan Bakar pada Mesin Bakar

Ketika penggunaan alat ini pada mesin bakar maka akan menambah efisiensi bahan bakar yang digunakan. Karena *brown* gas yang dihasilkan dari alat ini, saat bercampur dengan bahan bakar bensin dalam ruang bakar mesin, maka gas tersebut akan menaikkan tingkat bilangan oktan pada bahan bakar. Akibatnya bahan bakar yang digunakan menjadi optimal dan efisien digunakan. Karena makin tinggi nilai oktan suatu bahan bakar maka pembakaran yang terjadi makin sempurna.

Meningkatkan Tenaga Mesin

Penggunaan alat ini pada mesin dapat meningkatkan *power*/tenaga mesin. Hal ini terjadi karena *brown* gas yang dihasilkan alat pengirit bahan bakar tersebut yang menyebabkan pembakaran mesin lebih sempurna. Akibat sempurna pembakaran, kinerja mesin juga lebih meningkat dari biasanya.

Dapat Merawat Mesin Menjadi Lebih Awet

Keuntungan lain yaitu, penggunaan alat ini pada mesin dapat membuat mesin menjadi lebih awet. Hal ini terjadi karena *brown* gas hasil alat penghemat bahan bakar tersebut meningkatkan pembakaran menjadi makin sempurna membuat bahan bakar yang digunakan pada mesin habis dibakar dan sempurna untuk menggerakkan mesin. Sehingga berdampak mengurangi sisa – sisa karbon akibat pembakaran pada kendaraan dan dapat memperlambat keausan pada komponen serta kerusakan yang terjadi pada mesin. Gas *brown* ini juga dapat pula membersihkan deposit karbon yang ada dalam ruang bakar mesin dan membuat suhu mesin tetap stabil dan lebih dingin.

Membuat Suara Mesin Jadi Lebih Halus

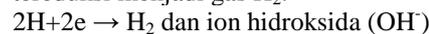
Suara mesin makin halus karena penggunaan alat ini yang menghasilkan HHO, dapat meningkatkan dan mengoptimalkan kerja mesin. Serta melindungi mesin dari kotoran karbon sisa pembakaran, menyebabkan suara kerja mesin menjadi lebih halus.

Mengurangi Polusi dari Mesin

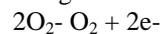
Pembakaran yang sempurna terjadi dengan penggunaan alat ini di mesin. Hasilnya membuat sisa - sisa pembakaran dalam mesin berkurang juga mengurangi karbon sisa pembakaran. Gas CO yang dihasilkan dan dikeluarkan melalui knalpot berkurang dan terganti dengan sedikit hidrogen yang dihasilkan dari elektrolisis.

Proses dalam elektrolisis

Proses yang terjadi dalam alat penghemat bahan bakar ini yaitu proses penguraian unsur – unsur pembentuk air, yang disebut elektrolisis air. Proses ini berlangsung agar air dapat digunakan sebagai campuran bahan bakar. Menggunakan arus listrik, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron. Di daerah katoda, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H_2 .



Sementara itu pada anoda, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O_2), melepaskan 4 ion H^+ serta mengalirkan elektron ke katoda.

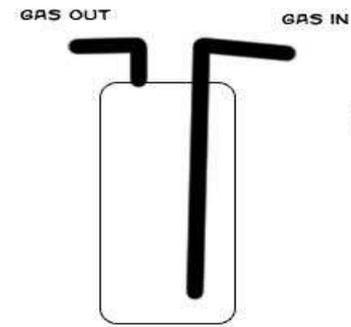
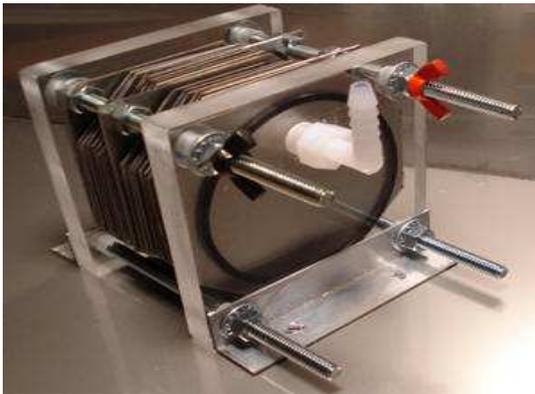
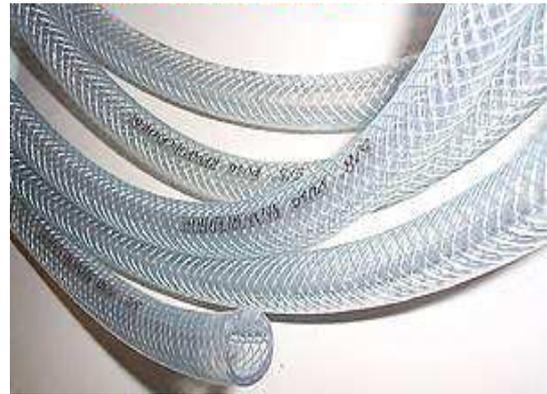


Ion H^+ dan OH^- mengalami netralisasi sehingga terbentuk kembali beberapa molekul air. Reaksi elektrolisis air dapat dituliskan sebagai berikut.

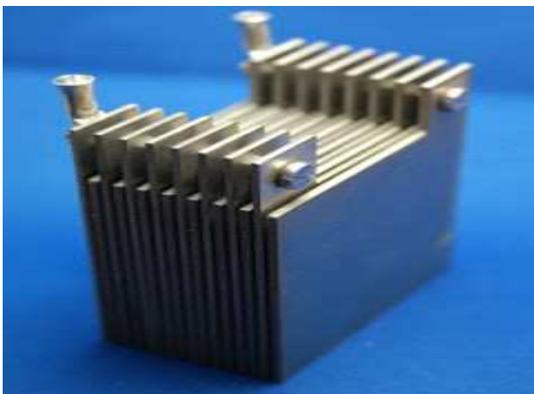
Gas hidrogen yang dihasilkan oleh reaksi tersebut membentuk berupa gelembung – gelembung yang mengumpul di sekitar elektroda. Elektrolisis ini merupakan proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Komponen yang paling terpenting dari proses ini adalah elektroda (katoda dan anoda) dan larutan elektrolit.

E Komponen – Komponen Electrolizer HHO

Komponen penting yang menunjang proses elektrolisis dalam alat pengirit bahan bakar menggunakan air untuk menghasilkan *brown* gas adalah sebagai berikut

Gambar 2. Alat *elektrolizer* HHO berbentuk tabungGambar 6. Ilustrasi *Water trap*Gambar 3. Alat *elektrolizer* HHO berbentuk persegi

Gambar 7. Selang injeksi HHO



Gambar 4. Elektroda plat persegi



Gambar 8. Elbow plastik



Gambar 5. Air elektrolit aquades



Gambar 9. Nipel kuningan

Electrolizer HHO

Electrolizer (pada gambar 2 dan 3), merupakan tempat penampungan larutan elektrolit, sekaligus tempat berlangsungnya proses elektrolisis untuk menghasilkan gas *brown* (HHO). Di dalam tabung ini terdapat 2 elektroda yaitu + dan - yang berfungsi sebagai pemisah molekul air. Tabung tersebut harus berupa kaca atau plastik tebal karena dalam proses pemisahan, akan terjadi panas yang terjadi karena arus yang masuk ke dalam tabung dan juga ada isapan dari mesin. Hal ini dapat membuat tabung berubah bentuk. Untuk menghindari hal itu maka digunakan tabung yang kuat. *electrolizer* juga ada berbagai jenis, yaitu berbentuk tabung dan berbentuk segi empat dan sebagainya tergantung keinginan si pembuat alat *electrolizer*

Elektroda

Gas *brown* yang dihasilkan dalam proses elektrolisis terjadi karena adanya arus listrik yang melewati elektroda (pada gambar 4) yang berfungsi untuk menguraikan unsur - unsur air. Elektroda yang digunakan terdiri dari 2 kutub yaitu negatif (-) dan positif (+) yang dimasukkan ke dalam larutan elektrolit (akuades). Jika elektroda tersebut diberi arus listrik, maka akan timbul gelembung - gelembung kecil putih (*brown gas*). Elektroda yang digunakan pada proses elektrolisis harus dari material *stainless steel* agar supaya menghindari korosi yang terlalu cepat. Elektroda di buat berjarak atau diberi isolasi. Hal ini berguna untuk menghindari arus pendek atau *short circuit*. Ada berbagai macam jenis atau model elektroda yang bisa digunakan dalam proses elektrolisis tergantung keinginan pembuat alat. tapi bentuk dan ukuran elektroda tersebut bisa mempengaruhi cepat lambatnya pembuatan gas HHO/pemisahan H₂O.

Jika *electrolizer* di pakai untuk sebagai percobaan di laboratorium dan tujuannya hanya mengamati cara pemisahan air, bisa digunakan elektroda tabung minimal 2 elektroda, 1 negatif dan 1 positif. Tapi jika *electrolizer* dibuat untuk keperluan menghasilkan gas secara banyak, kita harus membuat tabung *electrolizer* dengan banyak elektroda. Contohnya *electrolizer* memiliki 30 plat elektroda dengan 15 plat positif dan 15 plat negatif. *Electrolizer* jenis ini, dapat menghasilkan gas yang banyak dalam waktu yang singkat. Hal ini terjadi karena semakin banyak kalor yang mengalir ke elektroda akan semakin cepat pula terjadi pemisahan air menjadi gas HHO.

Elektrolit

Elektrolit (pada gambar 5) digunakan untuk menghasilkan gas *brown* pada proses elektrolisis. Elektrolit terdiri dari air murni atau air destilasi dan katalisator yang akan larut bersama air murni dan akan membentuk larutan elektrolit. Katalisator dalam hal ini berupa Natrium hidroksida (NaOH) atau soda kue (natrium bikarbonat).

Water Trap

Water trap atau *vaporizer* (pada gambar 6) ini digunakan untuk meningkatkan kinerja alat elektrolisa.

Alat ini menampung *brown gas* yang dihasilkan sebelum masuk ke mesin, agar tidak terlalu banyak air yang dikandung dalam *brown gas* yang dihasilkan sebelum masuk ke mesin. Caranya yaitu dengan mengisi air setengah tabung pada *water trap*, dan gas yang masuk dari *electrolizer* HHO di beri selang ke dasar tabung supaya kandungan air tertahan bersama air pemancing dan gas hidrogen terus menuju ke bagian atas tabung pemancing. Hal ini terjadi karena perbedaan berat secara gravitasi antara oksigen dan hidrogen. Menurut teori hidrogen lebih ringan daripada oksigen.

Selang Injeksi Gas HHO

Selang injeksi (pada gambar 7) ini berfungsi untuk menyalurkan dan menginjeksikan gas HHO dari tabung perangkap air (*water trap*) ke *manifold* mesin yang kita inginkan. Selang ini harus diberi pengikat selang di kedua ujungnya agar tidak terjadi rugi - rugi gas, atau terjadi kebocoran gas di ujung selang pada sambungan.

Elbow dan nepel (sambungan selang)

Alat ini akan dipakai di permukaan tabung *electrolizer* dan tabung - tabung penampungan gas HHO lainnya. Ini untuk mempermudah menyambung selang agar mengurangi kebocoran gas HHO. *Elbow* atau sambungan ini harus terbuat dari kuningan atau pelastik karena air elektrolit yang akan digunakan bisa membuat korosi pada material yang berupa besi. *Elbow* dan *nepel* bisa dilihat pada gambar 8 dan 9.

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Dan Waktu Penelitian

Proses pelaksanaan tugas akhir ini penulis mengambil tempat penelitian dan perancangan alat di laboratorium Tenaga Listrik Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) dan kediaman penulis, dengan waktu antara November 2013 hingga April 2014, penulis melakukan penelitian untuk memperoleh data guna penulisan tugas akhir ini.



Gambar 10. Generator set untuk percobaan

B. Prosedur Percobaan

Langkah – langkah dalam mengoptimalkan penggunaan bahan bakar pada generator set dengan menggunakan proses elektrolisis, yaitu :

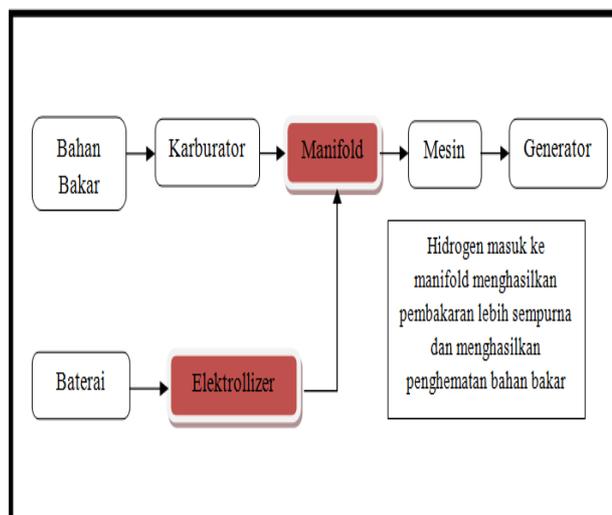
Perancangan alat elektrolisis untuk menguraikan H_2O menjadi HHO, Mengamati hasil penguraian HHO memisahkan hidrogen & oksigen , Menyiapkan generator set sebagai alat uji penelitian, Pengambilan data kerja generator set tanpa menggunakan proses elektrolisis dengan percobaan berapa pemakaian bahan bakar terhadap waktu, Pengambilan data kerja generator set dengan menggunakan 2 perbandingan yaitu tanpa proses elektrolisis (kerja standart genset) dengan menggunakan proses elektrolisis dengan cara *inject* gas hidrogen ke *manifold* mesin generator set, Mengamati perbedaan data dari ke dua percobaan, Membuat laporan penelitian

C. Alat Dan Bahan

Generator Set 1200 VA 1unit (gambar 10), *Electrolizer* HHO 1 unit, Selang plastik & vakum 4 meter, *Elbow* 10 buah, Air akuades 2 Liter, Kabel 10 meter, Jepit buaya 2 buah, *Skun* 10 buah, Keran minyak 2 buah, Tabung ukur 3 buah, Baterai / *Accu* 1 buah, Soda kue 1 botol, Ampere meter 1 buah Baut & mur 12 pasang.

D. Konsep Dasar Perancangan

Perancangan untuk mengoptimalkan penggunaan bahan bakar pada generator set dengan menggunakan proses elektrolisis ini memerlukan konsep yang matang guna menghasilkan kerja sistem yang sesuai dengan tujuan. Penambahan proses elektrolisis atau lebih tepatnya penambahan gas hidrogen H_2 dari hasil elektrolisis pada mesin generator set akan membuat kerja mesin/pembakaran dalam mesin akan lebih sempurna sehingga pemakaian bahan bakar akan semakin sedikit dari standar.

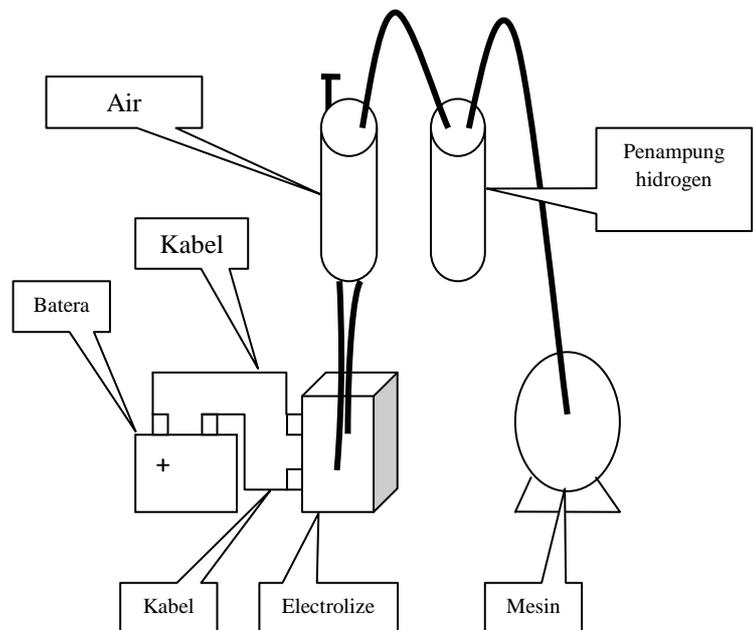


Gambar 11. Diagram blok optimalisasi penggunaan bahan bakar pada generator set dengan menggunakan proses elektrolisis

Cara kerja dari diagram blok di atas (gambar 11) ialah bermula dari bahan bakar, masuk melalui karburator mesin genset dan di *manifold* (tempat masuk udara yang telah melewati saringan udara) di injeksikan dengan hidrogen dari hasil proses elektrolisis. Proses elektrolisis dimulai dengan menggunakan sumber tegangan 12 volt DC dengan arus ± 6 A DC untuk memanaskan *electrolizer* HHO yang terbuat dari 30 plat *stainless steel*. Mengapa memilih *stainless steel*? karena material tersebut tahan dari karat. Kita bisa juga menggunakan besi tapi umur dari *electrolizer* HHO tersebut tidak akan lama karena akan terjadi korosi.

Air yang masuk ke dalam *electrolizer* dicampur dengan natrium bikarbonat yang terdapat dalam soda kue. Gunanya untuk membantu mempercepat penguraian air menjadi gas hidrogen dan oksigen. Setelah itu gas hidrogen ditampung dalam tabung untuk pemisahan hidrogen dengan oksigen yang berupa air dengan perbedaan gravitasi oksigen berada di bawah hidrogen. Setelah disaring gas hidrogen diinjeksi ke dalam *manifold* mesin melalui selang vakum. Ketika gas hidrogen masuk, akan terdengar perbedaan kerja mesin, menjadi lebih baik dari sebelumnya.

Pada gambar 12 di bawah ini dapat dilihat skema pemisahan gas hidrogen dan oksigen dalam *electrolizer* HHO. Alurnya dimulai dari air elektrolit (*aquades*) dicampur natrium bikarbonat yang diisi di dalam tabung kemudian turun ke dalam *electrolizer* HHO dan keluar berupa gas Hidrogen H_2 dan Oksigen O_2 dan kemudian ditampung ke dalam tabung penyanggas gas hidrogen dan oksigen. Setelah melewati tabung penyanggas, gas hidrogen dikirim ke *manifold* mesin generator set dengan selang vakum.



Gambar 12. Skema *electrolizer* HHO (penguraian H_2O menjadi HHO)

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pendahuluan

Pengujian ini saya menggunakan metode perbandingan kerja genset yaitu antara pemakaian bahan bakar terhadap waktu, tanpa menggunakan proses elektrolisis dengan menggunakan proses elektrolisis. Masing – masing mempunyai tiga variabel beban, yaitu beban nol, beban ringan, dan beban berat. Dengan menggunakan tiga variabel atau lebih, kita bisa lebih mudah mengamati perbedaan dalam pengujian

B. Data Kerja Genset Sebelum Menggunakan Proses Elektrolisis

Tabel – tabel data di bawah adalah hasil pengujian berapa banyak pemakaian bahan bakar pada generator set, tanpa menggunakan proses elektrolisis atau kerja normal.

Tabel kerja genset dengan beban nol

Data di bawah ini adalah tabel pengujian kerja genset sebelum menggunakan proses elektrolisis dengan beban nol atau tanpa beban. Pengambilan data waktu dengan satuan menit, jumlah konsumsi bahan bakar per 50 ml liter, dan beban pemakaian dengan satuan (A).

Analisa data tabel I dengan perhitungan tiap menit

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui berapa banyak penggunaan bahan bakar dalam 1 menit dengan rumus :

$$\text{Jumlah konsumsi/menit} \left[\frac{\text{ml}}{\text{mnt}} \right] = \frac{\text{Jumlah konsumsi (ml)}}{\text{waktu (mnt)}}$$

- Data no 1 :

Dik : jumlah konsumsi : 50 ml

Waktu : 8.15 mnt

Peny : Jumlah konsumsi/menit = $\frac{50}{8.15} = 6.13 \text{ ml/mnt}$

Analisa di atas bisa kita amati pada tabel I No 1 Berdasarkan tabel I kita bisa melihat konsumsi bahan bakar per 50 mili liter. Pada saat start awal konsumsi bahan bakar lebih besar dibandingkan dengan kerja genset setelah pemakaian melebihi 100 mili liter.

Tabel kerja genset dengan beban ringan

Data di bawah ini adalah tabel kerja genset sebelum menggunakan proses elektrolisis dengan beban ringan. Beban yang diambil adalah ± 0.35 A.

Analisa data tabel II dengan perhitungan tiap menit

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui berapa banyak penggunaan bahan bakar dalam 1 menit dengan rumus :

$$\text{Jumlah konsumsi/menit} \left[\frac{\text{ml}}{\text{mnt}} \right] = \frac{\text{Jumlah konsumsi (ml)}}{\text{waktu (mnt)}}$$

- Data no 1 :

Dik : jumlah konsumsi : 50 ml

Waktu : 6.22 mnt

Peny : Jumlah konsumsi/menit = $\frac{50}{6.22} = 8.03 \text{ ml/mnt}$

Analisa di atas bisa kita amati pada tabel II No 1 Berdasarkan tabel II atas bisa dilihat bahwa pemakaian bahan bakar per 50 mili liter lebih cepat dibandingkan dengan kerja genset beban 0 A. Genset mengkonsumsi 50 mili liter dengan waktu 6.22 detik, dan menghabiskan 100 mili liter dalam waktu 15.24 detik.

Tabel kerja genset dengan beban berat

Tabel di bawah ini adalah tabel kerja genset dengan beban berat. Nilai beban yang diambil adalah ± 4.5 A.

Analisa data tabel III dengan perhitungan tiap menit

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui berapa banyak penggunaan bahan bakar dalam 1 menit dengan rumus :

$$\text{Jumlah konsumsi/menit} \left[\frac{\text{ml}}{\text{mnt}} \right] = \frac{\text{Jumlah konsumsi (ml)}}{\text{waktu (mnt)}}$$

- Data no 1 :

Dik : jumlah konsumsi : 50 ml

Waktu : 5.10 mnt

Peny : Jumlah konsumsi/menit = $\frac{50}{5.10} = 9.80 \text{ ml/mnt}$

Analisa di atas bisa kita amati pada tabel III No 1 Berdasarkan tabel III kita bisa melihat bahwa rata – rata konsumsi bahan bakar per 50 mili liter adalah ± 5 menit. Dalam pengujian beban berat, konsumsi bahan bakar generator set, lebih besar daripada konsumsi bahan bakar dengan beban ringan. Hal ini wajar terjadi, karena semakin besar beban, maka kerja mesin generator set akan semakin berat. bila kerja mesin generator lebih berat, maka generator harus mempunyai tenaga lebih besar pula untuk memenuhi beban yang ada.

C. Data Kerja Genset Setelah Menggunakan Proses Elektrolisis

Adapun beberapa tabel di bawah ini adalah tabel – tabel data hasil pengujian berapa banyak pemakaian bahan bakar pada generator set, setelah menggunakan proses elektrolisis.

Tabel kerja genset dengan beban nol

Tabel di bawah ini adalah tabel pengujian kerja genset setelah menggunakan proses elektrolisis dengan beban nol atau tanpa beban. Pengambilan data waktu dengan satuan menit, jumlah konsumsi bahan bakar per 50 ml liter, dan beban pemakaian dengan satuan (A).

Analisa data tabel IV dengan perhitungan tiap menit

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui berapa banyak penggunaan bahan bakar dalam 1 menit dengan rumus :

$$\text{Jumlah konsumsi/menit} \left[\frac{\text{ml}}{\text{mnt}} \right] = \frac{\text{Jumlah konsumsi (ml)}}{\text{waktu (mnt)}}$$

- Data no 1 :

Dik : jumlah konsumsi : 50 ml

Waktu : 9.52 mnt

Peny : Jumlah konsumsi/menit = $\frac{50}{9.52} = 5.25 \text{ ml/mnt}$

Analisa di atas bisa kita amati pada tabel IV No 1 Berdasarkan tabel IV maka kita bisa melihat konsumsi bahan bakar genset sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrolisis, hampir sama karena genset bekerja tidak dengan beban sehingga kerja genset normal.

Tabel kerja genset dengan beban ringan

Tabel di bawah ini adalah tabel kerja genset setelah menggunakan proses elektrolisis dengan beban ringan. Nilai beban yang diambil adalah ± 0.35 A.

Analisa data tabel V dengan perhitungan tiap menit

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui berapa banyak penggunaan bahan bakar dalam 1 menit dengan rumus :

$$\text{Jumlah konsumsi/menit } [\text{ml}/\text{mnt}] = \frac{\text{Jumlah konsumsi (ml)}}{\text{waktu (mnt)}}$$

- Data no 1 :

Dik : jumlah konsumsi : 50 ml

Waktu : 9.32 mnt

Peny : Jumlah konsumsi/menit = $\frac{50}{9.32} = 5.36 \text{ ml}/\text{mnt}$

Analisa di atas bisa kita amati pada tabel V No 1. Berdasarkan data dari tabel di atas, kita bisa melihat konsumsi bahan bakar pada saat start awal, lebih banyak dibanding pemakaian bahan bakar pada data tabel no 2 yaitu penggunaan bahan bakar 100 mili liter. Setelah pemakaian 100 mili liter, pemakaian bahan bakar menjadi stabil dengan menghabiskan 50 mili liter bensin dalam waktu kurang lebih 10 menit

TABEL I. KERJA GENSET SEBELUM MENGGUNAKAN PROSES ELEKTROLISIS DENGAN BEBAN 0 A

No	Waktu (menit)	Jumlah Pemakaian Bahan Bakar (mili liter)	Beban (A)
1	8.15	50	0
2	17.52	100	0
3	27.36	150	0
4	38.04	200	0
5	49.20	250	0
6	60.03	300	0
7	70.02	350	0
8	81.10	400	0
9	91.30	450	0
10	104.20	500	0

Tabel di bawah ini adalah tabel kerja genset setelah menggunakan proses elektrolisis dengan beban ringan. Nilai beban yang diambil adalah ± 4.5 A.

Analisa data tabel VI dengan perhitungan tiap menit

Berdasarkan tabel di atas dapat diketahui berapa banyak penggunaan bahan bakar dalam 1 menit dengan rumus :

$$\text{Jumlah konsumsi/menit } [\text{ml}/\text{mnt}] = \frac{\text{Jumlah konsumsi (ml)}}{\text{waktu (mnt)}}$$

- Data no 1 :

Dik : jumlah konsumsi : 50 ml

Waktu : 8.28 mnt

Peny : Jumlah konsumsi/menit = $\frac{50}{8.28} = 6.03 \text{ ml}/\text{mnt}$

Analisa di atas bisa kita amati pada tabel VI No 1. Berdasarkan tabel VI No 1 bisa kita amati perbedaan konsumsi bahan bakar genset sebelum dan sesudah menggunakan elektrolisis dengan beban berat. Pada start awal ketika belum menggunakan proses elektrolisis konsumsi bahan bakar 50 mili liter, bisa mencapai waktu 5,1 menit sedangkan konsumsi bahan bakar setelah menggunakan elektrolisis pada 50 mili liter bisa mencapai waktu 8,28 menit. Ketika kerja genset sudah stabil lewat 10 menit pertama, bisa dilihat perbedaan yang cukup besar dari kerja sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrolisis. Hal itu biasa terjadi karena pada dasarnya start awal *engine* saat mengkopel generator berbeban, start awalnya berat karena torka kejut dari beban mempunyai arus start yang bisa mencapai 1 – 4 kali lipat arus nominal.

TABEL II. KERJA GENSET SEBELUM MENGGUNAKAN PROSES ELEKTROLISIS DENGAN BEBAN RINGAN 0.35 A

No	Waktu (menit)	Jumlah Pemakaian Bahan Bakar (mili liter)	Beban (A)
1	6.22	50	0.35
2	15.24	100	0.35
3	25.02	150	0.36
4	33.52	200	0.35
5	42.41	250	0.35
6	51.23	300	0.35
7	59.37	350	0.36
8	68.37	400	0.36
9	78.22	450	0.34
10	86.45	500	0.35

TABEL III. KERJA GENSET SEBELUM MENGGUNAKAN PROSES ELEKTROLISIS DENGAN BEBAN BERAT ± 4.5 A

No	Waktu (menit)	Jumlah Pemakaian Bahan Bakar (mili liter)	Beban (A)
1	5.10	50	4.58
2	10.5	100	4.54
3	15.20	150	4.48
4	21.02	200	4.51
5	26.48	250	4.52
6	33.20	300	4.46
7	39.12	350	4.49
8	45.30	400	4.5
9	52.34	450	4.49
10	58.23	500	4.52

TABEL V. KERJA GENSET SETELAH MENGGUNAKAN PROSES ELEKTROLISIS DENGAN BEBAN RINGAN 0.35 A

No	Waktu (menit)	Penggunaan Bahan Bakar (mili liter)	Beban (A)
1	9.32	50	0.37
2	20.50	100	0.36
3	30.04	150	0.37
4	41.52	200	0.37
5	51.05	250	0.36
6	61.58	300	0.36
7	72.24	350	0.36
8	82.36	400	0.37
9	93.12	450	0.36
10	104.23	500	0.36

TABEL IV. KERJA GENSET SETELAH MENGGUNAKAN PROSES ELEKTROLISIS DENGAN BEBAN 0 A.

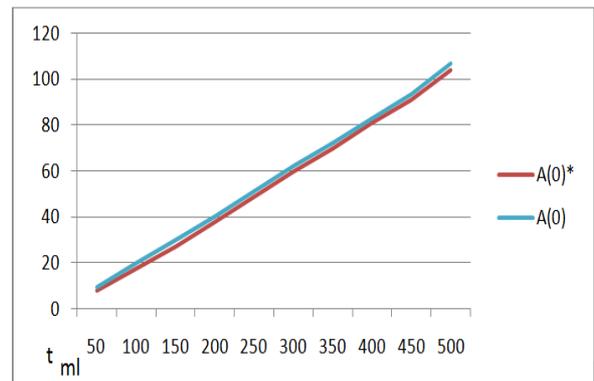
No	Waktu (menit)	Penggunaan Bahan Bakar (mili liter)	Beban (A)
1	9.52	50	0
2	20.12	100	0
3	30.22	150	0
4	40.36	200	0
5	51.26	250	0
6	62.16	300	0
7	72.57	350	0
8	83.12	400	0
9	93.55	450	0
10	107.06	500	0

TABEL VI. KERJA GENSET SETELAH MENGGUNAKAN PROSES ELEKTROLISIS DENGAN BEBAN BERAT ± 4.5 A

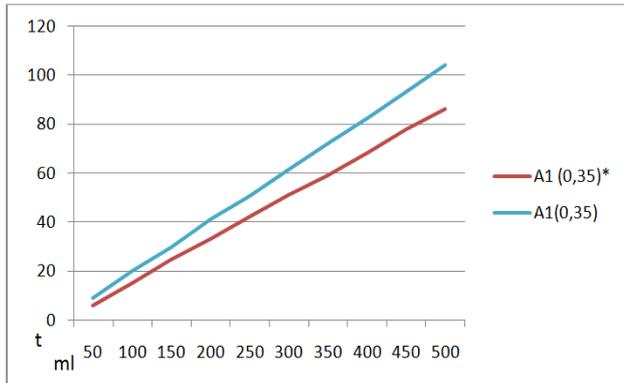
No	Waktu (menit)	Jumlah Pemakaian Bahan Bakar (mili liter)	Beban (A)
1	8.28	50	4.58
2	15.03	100	4.54
3	24.09	150	4.48
4	35	200	4.51
5	43.33	250	4.52
6	54.40	300	4.46
7	64.23	350	4.49
8	74.45	400	4.5
9	84.53	450	4.49
10	94.28	500	4.52

TABEL VII. PERBANDINGAN WAKTU DALAM MENGHABISKAN 500 MILI LITER BENSIN ANTARA SEBELUM DAN SESUDAH MENGGUNAKAN PROSES ELEKTROLISIS

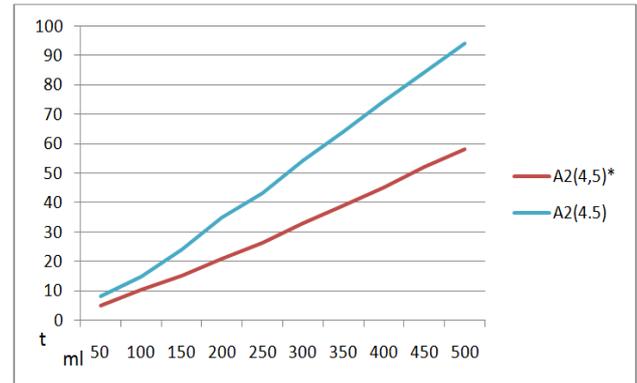
ml BB	sebelum elektrolisis			sesudah elektrolisis		
	A(0)*	A1(0,35)*	A2(4,5)*	A(0)	A1(0,35)	A2(4,5)
50	8,15	6,22	5,1	9,52	9,32	8,28
100	17,52	15,24	10,5	20,12	20,5	15,03
150	27,36	25,02	15,2	30,22	30,04	24,09
200	38,04	33,52	21,02	40,36	41,52	35
250	49,2	42,41	26,48	51,26	51,05	43,33
300	60,03	51,23	33,2	62,16	61,58	54,4
350	70,02	59,37	39,12	72,57	72,24	64,23
400	81,1	68,37	45,3	83,12	82,36	74,45
450	91,3	78,22	52,34	93,55	93,12	84,53
500	104,2	86,45	58,23	107,06	104,23	94,28



Gambar 13. Grafik Perbandingan beban nol sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrolisis



Gambar 14. Grafik perbandingan beban ringan sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrolisis



Gambar 15. Grafik perbandingan beban berat sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrolisis

Tabel perbandingan penggunaan bahan bakar terhadap waktu

Pada tabel VII kita dapat melihat perbandingan penggunaan bahan bakar terhadap waktu yaitu beban nol (0 A) sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrolisis berwarna merah, beban ringan (0.35 A) berwarna biru, dan beban berat (4,5 A).

Grafik perbandingan beban nol sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrolisis

Berdasarkan garis merah dan biru pada gambar 13 di atas, kita bisa mengamati perbedaan konsumsi bahan bakar generator set, sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrolisis. Perbedaan sebelum dan setelah menggunakan proses elektrolisis, tidak terlalu jauh karena genset bekerja tidak dengan beban dalam hal ini listrik yang dihasilkan tidak disalurkan.

Grafik perbandingan beban ringan sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrolisis

Berdasarkan gambar 14 di atas, dapat kita lihat perbedaan konsumsi bahan bakar antara sebelum menggunakan proses elektrolisis dan setelah menggunakan proses elektrolisis. Garis biru menunjukkan konsumsi bahan bakar setelah menggunakan proses elektrolisis. Bisa kita amati kerja genset menjadi lebih optimal mulai dari start awal hingga akhir.

Grafik perbandingan beban berat sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrolisis

Berdasarkan gambar 15 di atas, bisa kita amati perbedaan yang cukup besar antara konsumsi bahan bakar sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrolisis. Semakin lama genset bekerja, semakin besar perbedaannya.

Hal ini terjadi karena Generator bekerja pada sekitar 70 % daya mampu sehingga genset bekerja dengan baik. Karena pada teori mesin akan bekerja dengan baik ketika diberi beban kurang lebih 70% dari kemampuan mesin. Hal inilah yang membuat perbandingan yang cukup besar antara penggunaan bahan bakar sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrolisis pada generator set.

Mewakili Grafik pada gambar 13,14,dan 15 akan dijelaskan kenapa terjadi perbandingan sebelum dan setelah menggunakan proses elektrolisis. Hal itu terjadi sesuai dasar teori dari BAB II yaitu mengenai teori pembakaran yang sempurna. Yaitu ketika bensin yang masuk ke ruang bakar mesin ditambahkan/diinjeksikan gas hidrogen dan oksigen, maka sesuai teori pembakaran akan menjadi lebih sempurna. Hal ini dikarenakan oleh H_2 (Hidrogen) yang bersifat mudah terbakar membantu pembakaran bensin sehingga bensin menjadi lebih mudah terbakar. Begitu juga dengan O_2 (Oksigen) membantu memperbanyak oksigen yang dibutuhkan dalam pembakaran sehingga oksigen dalam ruang bakar menjadi banyak (rich) yang membuat pembakaran menjadi lebih besar dan sempurna. Dari penambahan H_2 dan O_2 dari hasil elektrolisis tersebut, terbukti membuat pembakaran menjadi lebih sempurna sehingga dapat mengoptimalkan penggunaan bahan bakar pada generator set.

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil data penelitian penulis membuat perbandingan pemakaian bahan bakar terhadap waktu. Perbandingan pertama yaitu beban nol sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrolisis kita mendapat perbandingan yaitu

Sebelum : 104.2 menit/ 500 mili liter

Sesudah . 107.6 menit/ 500 mili liter

Penghematan setelah memakai proses elektrolisis : 3.26%

Perbandingan kedua yaitu beban ringan sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrolisis kita mendapat perbandingan yaitu

Sebelum : 86.45 menit/ 500 mili liter

Sesudah . 104.23 menit/ 500 mili liter

Penghematan setelah memakai proses elektrolisis : 20.56%

Pada perbandingan ketiga yaitu beban berat sebelum dan sesudah menggunakan proses elektrolisis kita mendapat perbandingan yaitu

Sebelum : 58.23 menit/ 500 mili liter

Sesudah : 94.28 menit/ 500 mili liter

Penghematan setelah memakai proses elektrolisis : 61.90%

Penambahan elektrolisis air (H_2O) menjadi HHO yang diinjeksikan pada mesin generator set melalui *manifold*, terbukti membuat penggunaan bahan bakar (bensin) semakin irit.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. Boulouchos, K. "Influence of Hydrogen-Rich-Gas Addition on Combustion, Pollutant Formation and Efficiency of an IC-SI Engine, March, 2004.
- [2] Houseman, J, Cerini, D, "On-Board Hydrogen Generator for Partial Hydrogen Injection Internal Combustion" Society of Automotive engineers, Troy, MI. Publication 1974,
- [3] M. Djiteng. "Pembangkit Energi Listrik". Penerbit Erlangga, Jakarta 2005
- [4] M.L. Wyszynski, "Onboard Generation of Hydrogen Rich Gaseous Fuels", School of Manufacturing and Mechanical Engineering University of Birmingham, Birmingham UK
- [5] Rasiawan, "Rancang Bangun Elektronik Kontrol Sistem ElektroserBrown Gas Pada Kendaraan", *Thesis S2 Teknik Mesin FTI-ITS*, Surabaya, 2009