

RANCANGAN ALAT PENGHEMAT BAHAN BAKAR MINYAK KENDARAAN BERMOTOR DENGAN MENGGUNAKAN AIR SEBAGAI SUPLEMENNYA

M. Derajat Amperajaya, Arief Suwandi, Mukhamad Abduh, Kurniawan Resmanto,
Rizky Ramadhan

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Esa Unggul, Jakarta
Jalan Arjuna Utara Nomor 9, Kebon Jeruk, Jakarta Barat - 11510
derajat.amperajaya@esaunggul.ac.id

Abstract

Transportation equipment in the form of motor vehicles is one of the largest fossil FUEL consumption in Indonesia. Various efforts are made to reduce the FUEL consumption rate, so that FUEL saving equipment that can be easily installed in a motor vehicle at an affordable price is one solution to improve FUEL consumption efficiency. The research aims to produce a FUEL-saving equipment design for motor vehicles, using the Brown water Electrolisa process as well as Mayer's injection method through the modification of material use and the form of various components of the tool design to get the most optimal Brown gas bubble. The optimal Gas produced causes a more perfect combustion process so that the results are cleaner and environmentally friendly. The design-forming component uses material that is easily obtained domestically. Through 2 (two) tests on the progress of 70% of this first year of research was achieved that: first, some metal material on the Electroliser device proved to be not made of stainless steel as expected so rusty. Secondly, there are 5 (five) variables and 12 (twelve) attributes that affect the amount of Brown gas that can be produced in the FUEL saving device for motor vehicles that use water as its supplies. The research was continued to acquire the most optimal variable and attribute combinations of drafts.

Keywords: *electrolisa water, brown gas, water for fuel cell*

Abstrak

Alat transportasi berupa kendaraan bermotor merupakan salah satu pengonsumsi BBM fosil terbesar di Indonesia. Berbagai upaya dilakukan untuk dapat mengurangi tingkat konsumsi BBM tersebut, maka alat penghemat BBM yang dapat dengan mudah dipasang di kendaraan bermotor dengan harga terjangkau merupakan salah satu solusi untuk meningkatkan efisiensi konsumsi BBM. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan rancangan alat penghemat BBM bagi kendaraan bermotor, dengan menggunakan proses elektrolisa air Brown serta metode injeksi Mayer melalui modifikasi penggunaan material maupun bentuk berbagai komponen rancangan alatnya untuk mendapatkan gelembung Brown gas yang paling optimal. Gas optimal yang dihasilkan menyebabkan proses pembakaran yang lebih sempurna sehingga hasil pembakarannya pun menjadi lebih bersih dan ramah lingkungan. Komponen pembentuk rancangan menggunakan material yang mudah didapat di dalam negeri. Melalui 2 (dua) kali pengujian pada progres 70 % penelitian ditahun pertama ini diperoleh hasil bahwa: Pertama, beberapa material logam pada perangkat elektroliser ternyata terbukti tidak terbuat dari stainless steel seperti yang diharapkan sehingga berkarat. Kedua, ada 5 (lima) variable dan 12 (dua belas) atribut yang berpengaruh terhadap banyaknya gas Brown yang dapat di produksi Perangkat Penghemat BBM Kendaraan Bermotor yang menggunakan air sebagai suplemennya ini. Penelitian dilanjutkan untuk memperoleh kombinasi variable dan atribut yang paling optimal dari draft rancangan yang dibuat.

Kata kunci : *elektrolisa air, brown gas, water for fuel cell*

Pendahuluan

Semakin menipisnya cadangan minyak bumi yang berasal dari fosil, memaksa perlu dilakukannya pencarian berbagai sumber energi baru/ terbarukan (*new/ renewable energy*) ataupun berbagai upaya untuk meminimumkan/ mengefisienkan penggunaan bahan bakar konvensional yang bersumber dari fosil tersebut.

70 % responden pengguna kendaraan bermotor menyatakan bahwa faktor mesin adalah faktor yang paling mempengaruhi tingkat efisiensi konsumsi BBM, maka solusi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan BBM kendaraan bermotor dapat di fokuskan pada factor mesin kendaraan (Sudrajat, Indonesia, & Penelitian, 2012). Kendaraan bermotor baik milik pribadi maupun kendaraan umum seperti mobil dan sepeda motor merupakan

salah satu pengkonsumsi bahan bakar fosil yang terbesar di Indonesia. Para produsen kendaraan bermotor terus berupaya untuk mengembangkan mesin kendaraannya yang makin irit bahan bakar sekaligus ramah lingkungan. Instansi riset pemerintah seperti BPPT, Puspiptek, LIPI, serta berbagai Perguruan Tinggi termasuk Perguruan Tinggi Swasta juga terus berupaya mengembangkan penggunaan BBM terbarukan maupun BBM yang hemat. Pemerintah melalui kebijakan yang dibuat oleh kementerian terkait seperti Kementerian ESDM hingga Kemenristek Dikti secara operasional masih belum dapat memberikan hasil yang optimal. Berbagai kendala yang dihadapi terkait dengan pengembangan energi baru dan terbarukan khususnya untuk BBM kendaraan bermotor ini sangat kompleks. Berbagai kendala yang dapat disebutkan di sini seperti masih sangat terbatasnya ketersediaan SPBU untuk kendaraan Biogas dan Biodiesel, bahkan Biofuel masih sebatas riset. Biaya proses pengolahan bahan baku/ material energi baru dan terbarukan untuk siap digunakan sebagai BBM yang masih mahal karena membutuhkan jumlah/ volume yang besar. Biaya modifikasi mesin untuk menyesuaikan dengan spesifikasi BBM yang digunakan juga mahal karena beberapa material komponen mesin masih harus diimpor. Bahan kimia tambahan/ penunjang yang berfungsi sebagai katalis yang juga masih harus diimpor. Dan lain sebagainya. Kondisi dan situasi inilah yang menyebabkan alat transportasi di Indonesia khususnya kendaraan bermotor masih sepenuhnya menggunakan BBM yang bersumber dari fosil tersebut.

Menurut Wiranto Aris Munandar (1988) secara umum pengertian motor bakar diartikan sebagai pesawat yang dapat mengubah suatu bentuk energi *thermal* menjadi energi mekanik. Motor bakar dapat pula diartikan sebagai pesawat dan energi dimana kerja mekaniknya diperoleh dari pembakaran bahan bakar dalam pesawat itu sendiri. Oleh karena itu, motor bakar yang pembakarannya terjadi di dalam pesawat itu sendiri disebut pesawat tenaga dengan pembakaran dalam (*Internal Combustion Engine*).

Pada tahun 1876, Nichollus Otto menemukan motor bakar torak dengan motor bakar bensin. Karena bentuknya kecil, tenaganya besar, dan mudah dihidupkan, serta sangat praktis, maka memberinya kemungkinan untuk dapat digunakan diberbagai lapangan kerja dengan beragam fungsi kerja.

Motor bakar torak (*piston*) menggunakan torak tunggal atau beberapa torak. Fungsi torak adalah sebagai komponen pemampat udara untuk proses pembakaran pada ruang bakar. Ledakan yang terjadi akibat percikan api (mesin bensin) atau

kompresi/ tekanan udara yang sangat tinggi (mesin diesel) bertemu dengan bahan bakar dan udara pada ruang bakar saat proses pembakaran, menghasilkan gaya dorong yang besar dari torak ke batang torak (*connecting rod*), kemudian gaya dorong tersebut diteruskan ke poros engkol (*crank shaft*) mengakibatkan poros engkol berputar. Motor bakar terbagi menjadi 2 (dua) jenis utama, yaitu motor diesel dan motor bensin. Perbedaan umum terletak pada sistem penyalaan. Penyalaan pada motor bensin dinyalakan oleh loncatan bunga api listrik yang dipercikan oleh busi (*spark plug*). Mesin jenis ini sering juga disebut *Spark Ignition Engine*. Sedangkan pada motor diesel penyalaan terjadi karena kompresi yang tinggi di dalam ruang bakar kemudian bahan bakar disemprotkan melalui *nozzle*. Mesin jenis ini sering juga disebut *Compression Ignition Engine*.

Bersumber dari http://teknologi.kompasiana.com/terapan/2010/05/25/_bahan_bakar-air/ diakses pada tanggal 9 April 2017. Yull Brown (1974) professor dari Sydney, Australia berhasil menemukan campuran sempurna gas hidrogen dan oksigen yang diperolehnya melalui suatu proses elektrolisa air (hidrolisa) yang tidak membutuhkan energi listrik terlalu besar, bahkan menghasilkan daya ledakan (*explosivity*) yang cukup besar yang dapat dimanfaatkan untuk motor bakar. Profesor Brown kemudian menamakan campuran gas yang eksplosif tadi sebagai Gas Brown (*Brown Gas*). “Bahan Bakar dari Air” (Eddie Santosa, Detik News) telah dipatenkan Stanley Mayer pada 1990 dengan mendesain mobil yang bergerak dengan bahan bakar air. Mayer telah mematenkan temuannya di AS dengan nomor US Patent 4.936.961 yang berjudul “*Method For The Production Of a Fuel Gas* “. Mayer mengklaim bahwa temuannya yang dipopulerkan dengan nama “*Water For Fuel Cell*” itu mampu memecah air (H₂O) menjadi Hidrogen (H) dan Oksigen (O₂). Mobil bermesin Volkswagen itu mampu melesat dengan menggunakan air sebagai pengganti bensin. Mayer membuat injeksi untuk menyemprotkan uap ke silinder (ruang bakar), dimana uap air itu kemudian dipecah menjadi Hidrogen dan Oksigen, yang kemudian bersama-sama dengan bahan bakar dan udara dibakar seperti pada motor bakar konvensional.

Berdasarkan “Menghemat BBM dengan Air” – Green Skitech. Sutrisno, D (2006) uji coba dapat dilakukan dengan memisahkan hidrogen dalam air melalui proses elektrolisa yang ditandai dengan keluarnya gelembung – gelembung udara di dalam air tersebut. Hidrogen yang dihasilkan oleh elektrolisa pada dasarnya untuk meningkatkan efisiensi proses pembakaran yang terjadi di dalam silinder (ruang bakar) mesin.

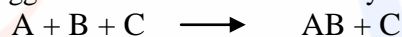
Water For Fuel adalah sebuah alat elektrolisa air (*electrolyser*) dengan proses mengalirkan arus listrik searah (DC) ke arah katoda dan anoda yang memiliki desain tertentu. Elektroda tersebut direndam di dalam air suling yang telah ditambah oleh katalis di dalam tabung vakum. Ketika arus listrik mengalir, timbul magnet pada elektroda yang dapat memecah unsur pada air (H₂O) menjadi gas HHO (gas Brown). Gas HHO yang telah berhasil dipecah dari unsur H₂O dialirkan menuju ruang bakar, yang akan dicampur dengan bahan bakar minyak dan udara yang kemudian dibakar. Dengan demikian maka volume bahan minyak yang dibakar menjadi lebih sedikit karena telah tergantikan oleh gas HHO yang juga mudah terbakar. Sehingga proses pembakaran ini membutuhkan volume bahan bakar minyak yang lebih sedikit akan tetapi terjadi pembakaran lebih sempurna serta gas buang yang lebih ramah lingkungan karena rendahnya kadar CO yang terbentuk.

Katalis dapat dibedakan ke dalam dua golongan utama, yaitu: katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis heterogen adalah katalis yang ada dalam fase berbeda dengan pereaksi dalam reaksi yang dikatalisinya, sedangkan katalis homogen berada dalam fase yang sama. Satu contoh sederhana untuk katalisis heterogen yaitu bahwa katalis menyediakan suatu permukaan di mana pereaksi-pereaksi (atau substrat) untuk sementara terjerat. Ikatan dalam substrat-substrat menjadi lemah sedemikian sehingga memadai terbentuknya produk baru. Ikatan antara produk dan katalis lebih lemah, sehingga akhirnya terlepas. Katalis homogen

umumnya bereaksi dengan satu atau lebih pereaksi untuk membentuk suatu perantara kimia yang selanjutnya bereaksi membentuk produk akhir reaksi, dalam suatu proses yang memulihkan katalisnya. Berikut ini merupakan skema umum reaksi katalitis, di mana C melambangkan katalisnya:



Meskipun katalis (C) termakan oleh reaksi 1, namun selanjutnya dihasilkan kembali oleh reaksi 2, sehingga untuk reaksi keseluruhannya menjadi,



Berdasarkan http://id.wikipedia.org/wiki/Baja_tahan_karat yang diakses pada tanggal 26 april 2017. *Stainless Steel* atau yang lebih dikenal sebagai baja tahan karat adalah senyawa besi yang mengandung setidaknya 10,5% kromium untuk mencegah proses korosi (berkaratnya logam). Kemampuan tahan karat diperoleh dari terbentuknya lapisan film oksida kromium, dimana

lapisan oksida ini menghalangi proses oksidasi besi (Ferum). Pada http://www.chem-is-try.org/tanya_pakar/mengapa_stainless_steel_tidak_berkarat/.com yang diakses pada tanggal 26 april 2017. Di dapat bahwa *Stainless steel* dapat bertahan dari serangan karat berkat interaksi bahan-bahan campurannya dengan alam. *Stainless steel* terdiri dari besi, *chrome*, *mangan*, *silikon*, *carbon* dan seringkali *nikel* and *molibdenum* dalam jumlah yang cukup banyak.

Metode Penelitian

Penelitian dimulai dari identifikasi masalah yaitu semakin menipisnya cadangan minyak bumi dunia yang berasal dari fosil menyebabkan dibutuhkannya perangkat yang dapat menghemat penggunaannya.

Penelitian di tahun pertama ini bertujuan untuk menghasilkan draft rancangan alat penghemat BBM kendaraan bermotor. Dimana melalui studi literature dirumuskanlah lebih dahulu variable-variabel yang mempengaruhi konsumsi BBM serta analisa kemudahan proses pembuatan perangkatnya.

Tahap berikutnya memilih jenis perangkat penghemat BBM yang akan dirancang dengan menggunakan material yang mudah didapat serta mempertimbangkan spesifikasi kendaraan yang menggunakannya.

Tahapan selanjutnya menyusun rencana kerja untuk proses pembuatan serta menyediakan dan mengadakan material dan peralatan kerja yang dibutuhkan. Lalu proses pembuatan rancangan alat penghemat BBM ini mulai di lakukan. Rancangan alat akan dikaji melalui beberapa kali evaluasi yaitu mengevaluasi kinerja alat dan mengukur dampaknya pada tingkat konsumsi BBM kendaraan yang menggunakannya.

Target luaran wajib di tahun pertama adalah draft purwarupa rancangan alat penghemat BBM ini dan draft paten sederhana. Sedangkan luaran tambahannya adalah draft artikel jurnal internasional.

Hasil dan Pembahasan

Rancangan alat penghemat BBM ini akan diinstalasi pada kendaraan bermotor jenis roda empat SUV buatan tahun 1992 bermesin bensin 2300 CC Carburator. Pemilihan jenis mobil ini karena berteknologi konvensional (tanpa ECU), memiliki ruang mesin relative besar, dan boros BBM. Dari hasil pengukuran penggunaan BBM kendaraan tersebut diperoleh rasio konsumsinya sebesar 1 : 5,32, yang artinya 5,32 km perliter.

Dengan mempertimbangkan bahwa penelitian ini adalah kelanjutan dari penelitian terdahulu yang berjudul "Rancangan Perangkat *Water For Fuel* Sebagai Upaya Peningkatan Efisiensi

Konsumsi Bahan Bakar Minyak Kendaraan Bermotor” (Amperajaya & Sudrajat, 2012) yang diperuntukkan bagi sepeda motor Honda Vario tahun produksi 2012 dan berdasarkan analisa serta diskusi dengan para pakar maka diperoleh tahapan pembuatan rancangan alat penghemat BBM dengan menggunakan air sebagai suplemennya adalah sebagai berikut:

1. Penentuan variable dan atribut dasar alat rancangan.

Diperoleh hasil bahwa ada 2 (dua) variable dasar alat rancangan, yaitu

- a. Alat rancangan harus menggunakan material yang mudah didapat di sekitar area penelitian dengan harga yang terjangkau.
- b. Alat rancangan harus menggunakan material yang tahan karat terutama perangkat yang bersentuhan dengan air.

Adapun atribut kedua variable dasar ini adalah penggunaan material- material yang mudah didapat, harga terjangkau, serta tahan karat tersebut akan di terapkan pada perangkat tabung elektroliser, perangkat *water trap*, instalasi kelistrikan, instalasi distribusi gas *Brown*, serta jenis katalis yang digunakan. Pada tahapan ini juga dilakukan perencanaan sekaligus pembuatan dudukan (bracket) pemegang berbagai perangkat alat penghemat BBM yang digunakan terutama dudukan pemegang perangkat tabung Elektroliser dan perangkat tabung *Water Trap*. Selain karena kedua perangkat ini berukuran relative besar yang membutuhkan area relative luas di dalam ruang mesin kendaraan, dudukan pemegang kedua perangkat ini juga direncanakan akan dipasang pada posisi-posisi mur baut yang telah ada di dalam ruang mesin kendaraan. Pada tahapan ini juga dilakukan pemasangan pelat pelindung panas pada bagian *manifold* kendaraan untuk mengurangi panas yang mengarah pada kedua tabung.



Gambar 1
Tampak Samping Posisi Dudukan Pemegang Tabung, Tabung Elektroliser dan *Water Trap*

2. Pembuatan perangkat tabung elektroliser.
Pada tahapan ini dimulai dengan pengadaan material yang dibutuhkan. Material yang dipilih adalah yang mudah didapat dengan harga yang terjangkau dan tahan karat. Beberapa komponen utama pada perangkat tabung elektroliser adalah sebagai berikut:
 - a. Tabung elektroliser yang biasa digunakan untuk tabung filter air tanah rumah tangga, isi maks. 1250 ml. Dimensi tabung \varnothing 120 mm x 280 mm. Tabung ini memiliki sekat karet di sekeliling tutupnya yang berarti tabung ini bersifat vakum.
 - b. Pelat *stainless steel* untuk elemen anoda berukuran 170 mm x 50 mm x 0,4 mm.
 - c. Pelat *stainless steel* untuk elemen katoda berukuran 140 mm x 45 mm x 1,5 mm.
 - d. Pelat *stainless steel* pemegang anoda dan katoda berukuran 175 mm x 20 mm x 2 mm.
 - e. Baut panjang berukuran M6 x 70 mm dan mur M6 *stainless steel* pengikat elemen anoda dan katoda.
 - f. Seal penyekat yang terbuat dari selang karet.

Gambar 2 dan 3 di bawah ini menunjukkan beberapa bentuk komponen utama yang dibuat dan digunakan pada perangkat tabung elektroliser.



Gambar 2
Pelat katoda



Gambar 3
Pelat anoda

Komponen-komponen tersebut di atas dirakit menjadi 2 (dua) kelompok pelat yaitu anoda dan katoda yang dipasang berselang-seling. Dimulai dari pemasangan baut panjang pada pelat pemegang disalah satu sisi kemudian pemasangan pelat anoda.

Selanjutnya baut panjang yang dipasang di sisi lainnya digunakan untuk tempat pemasangan pelat-pelat katoda. Pelat anoda dan katoda di pasang berselang seling yang tidak boleh saling bersentuhan. Untuk menghindari tersentuhnya pelat anoda dan katoda maka pada baut panjang di masing-masing pelat di pasang seal penyekat. Gambar 4 di bawah ini tampak pelat elemen anoda-katoda terpasang pada pelat pemegang.



Gambar 4

Pelat elemen anoda-katoda terpasang pada pelat pemegang

Jumlah pelat anoda dan katoda yang di pasang pada perangkat elektroliser ini disesuaikan dengan diameter tabung sebesar 120 mm. Pada penelitian ini masing-masing menggunakan 6 lembar pelat. Makin banyak pelat yang dipasang berpotensi menghasilkan gelembung gas *Brown* makin banyak. Pelat-pelat pemegang elemen anoda katoda selanjutnya di pasang pada tutup tabung elektroliser, lalu tabung di pasang seperti tampak pada gambar 5 di bawah ini.



Gambar 5

Elemen anoda-katoda terpasang pada tabung elektroliser

3. Pembuatan perangkat tabung *water trap*.

Tabung *water trap* berfungsi untuk menangkap molekul air yang belum terurai yang masih terbawa gas *Brown*. Tabung *water trap* yang dipilih adalah tabung yang memiliki 2 lapis tabung dengan alasan bahwa tabung ini

menampung gas *Brown* sebelum dipasok ke dalam ruang bakar dimana gas tersebut merupakan gas bertekanan tinggi. Tabung *water trap* ini berukuran $\text{Ø}75 \text{ mm} \times 220 \text{ mm}$, sedangkan tabung yang di bagian dalam berukuran $\text{Ø} 53 \text{ mm} \times 170 \text{ mm}$. Pengerjaan yang dilakukan pada tabung *water trap* adalah pembuatan lubang untuk mengalirkan gas *Brown* dari *water trap* ke *inlet* ruang bakar. Sedangkan untuk mengalirkan gas *Brown* yang dari tabung elektroliser ke dalam tabung *water trap* menggunakan lubang pada tutup tabung *water trap* yang sudah tersedia. Pada tabung *water trap* juga terdapat *seal* penyekat seperti halnya pada tabung elektroliser. *Seal* ini berfungsi menjaga tabung tetap vakum. Bentuk tabung *water trap* seperti tampak pada gambar 6 di bawah ini.



Gambar 6

Tabung *water trap*

4. Pembuatan rangkaian instalasi kelistrikan.

Gambar rangkaian kelistrikannya seperti tampak pada gambar 7 di bawah ini.

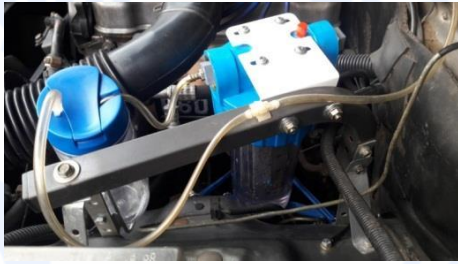


Gambar 7

Instalasi Listrik Alat Penghemat Terpasang di Kendaraan

5. Instalasi distribusi gas *Brown*

Dari *water trap* kemudian gas *Brown* didistribusikan ke *inlet manifold* ruang bakar. Gambar rangkaian instalasi distribusi gas *Brown* seperti tampak pada gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8

Instalasi Distribusi Gas *Brown* terpasang di kendaraan

6. Pemeriksaan dan pengukuran kinerja alat.

Pemeriksaan dan pengukuran kinerja alat dilakukan berdasarkan 2 (dua) kondisi yaitu sebelum dan sesudah penggunaan katalis. Hasil uji coba tahap pertama perangkat \pm 3 hari pemakaian (\pm 150 km) sebelum menggunakan katalis diperoleh hasil sebagai berikut:

 - a. Kondisi tabung elektroliser secara visual:
 - Air keruh karena karat (warna coklat) dan karat mengendap.
 - Pelat pemegang elemen berkarat dan tertutup serbuk kapur.
 - Baut panjang pemegang katoda maupun anoda berkarat dan tertutup serbuk kapur.
 - Baut pemegang pelat ke tutup tabung dalam kondisi baik.
 - b. *Water trap*, instalasi listrik dan instalasi distribusi gas *Brown*, dalam kondisi baik.

Dari hasil pengujian tersebut dapat dipastikan bahwa beberapa pelat yang digunakan pada perangkat elektroliser ternyata bukan terbuat dari *stainless steel* seperti yang diharapkan, hal ini dapat terjadi karena saat pembelian material pelat, informasi mengenai material pelat tersebut hanya disampaikan secara lisan oleh penjaga outlet. Ini menjadi pembelajaran penting bahwa untuk membeli material *stainless steel* hanya dapat dilakukan melalui pembelian/ pemesanan secara langsung ke pemasoknya.

Hasil ujicoba tahap kedua perangkat setelah ditambahkan katalis (sodium bikarbonat merk Asahi sebanyak 2 (dua) sendok teh untuk 1 (satu) liter air suling), adalah sebagai berikut:

- a. Jumlah *bubble* (gelembung) gas *Brown* meningkat pesat (gelembung sangat banyak) dan bergerak di dalam tabung elektroliser sangat cepat.
- b. Instalasi listrik berupa kabel arus (+) dari relay yang menuju ke Anoda meleleh (terbakar). Hal ini menunjukkan bahwa proses elektrolisis ternyata menimbulkan peningkatan temperature yang sangat signifikan pada perangkat elektroliser termasuk instalasi kelistrikkannya.

Berdasarkan hasil uji coba tahap pertama dan kedua tersebut di atas maka variable beserta atribut yang mempengaruhi banyaknya gas *Brown* yang dapat di hasilkan adalah seperti yang tampak pada table 1 di bawah ini:

Tabel 1.
Variabel dan Atribut yang mempengaruhi volume gas *Brown*

No.	Variabel	Atribut (factor yang berpengaruh)
1.	Katalis	- Perbandingan volume katalis dan air. - Konduktivitas air.
2.	Pelat pengelektrolisis	- Jenis material pelat katoda-anoda. - Bentuk/ desain dan dimensi. - Jumlah pelat. - Tebal pelat. - Jarak antar pelat.
3.	Ukuran/ dimensi selang gas	- Selang dan nozzle dari dan ketabung elektroliser serta <i>water trap</i> . - Selang dari <i>water trap</i> ke inlet mesin.
4.	Katub pengaman tekanan/temperature	- Perlu pengendali katub jika terjadi over pressure/ temperature yang dikendalikan dari ruang kabin pengemudi.
5.	Instalasi kelistrikan	- Penggunaan relay pada kelistrikan elektroliser menjadikan berarus besar. - Pemasangan fuse tidak hanya pada posisi saklar ke relay tetapi juga dari relay ke elektroliser.

Dari variable 1 sampai dengan 5 pada tabel 5.1 di atas dapat diketahui bahwa variable 2 merupakan variable yang memiliki atribut dengan peluang kombinasi pilihan yang paling minimal, maka tindak lanjut yang dilakukan:

Dari variable 2:

- Material pelat dudukan pemegang anoda katoda pada tutup tabung diganti menggunakan *Stainless Steel SS-306* agar tidak lagi berkarat.
- Bentuk/ desain dan dimensi pelat anoda-katoda yang digunakan adalah seperti yang diusulkan pada gambar 2 dan 3, sekaligus sebagai target luaran wajib di tahun pertama yaitu draft paten sederhana.
- Jumlah pelat 6 pasang dan jarak antar pelat dibagi rata berdasarkan ukuran \varnothing 120 mm yang digunakan pada purwarupa ini.

Dari variable 1:

- Pengurangan katalis yang digunakan yaitu menjadi 0,5 (setengah) sendok teh sodium bikarbonat untuk 1(satu) liter air suling.
- Air suling yang digunakan memiliki konduktivitas $<$ 1 μ S (tertera pada label kemasan).

Hasil yang Dicapai

Dengan menempuh jarak (1) 153,5 km dan (2) 148,28 km diperoleh hasil sebagai berikut:

- Tidak terjadi perubahan warna kecoklatan pada tabung elektroliser, yang berarti material pelat dudukan pemegang anoda-katoda tidak lagi berkarat.
- Konsumsi BBM untuk jarak (1) 153,5 km membutuhkan 26,15 liter, sehingga rasio BBM : jarak adalah 1 : 5,87. Sedang untuk jarak (2) 148,28 km memerlukan 25,61 liter, maka rasio BBM : jarak adalah 1 : 5,79. Jika dibandingkan dengan rasio sebelum di pasangny alat penghemat BBM yaitu 1 : 5,32, maka telah terjadi penghematan penggunaan BBM sebesar 9,6 %.

Kesimpulan

Melalui tahapan proses penelitian berupa penentuan variable dan atribut dasar alat rancangan, pembuatan perangkat tabung elektroliser, pembuatan perangkat tabung *water trap*, pembuatan rangkaian instalasi kelistrikan, pembuatan rangkaian instalasi distribusi gas *Brown*, dan pemeriksaan serta pengukuran kinerja alat, dapat menghasilkan draft purwarupa.

Pada pengukuran konsumsi BBM kendaraan yang digunakan pada penelitian sebelum pemasangan perangkat pengirit BBM diperoleh hasil rata-rata 1 : 5,32, yang artinya 5,32 km perliter.

Pengujian pertama draft purwarupa memberikan hasil berupa: beberapa komponen pada perangkat elektroliser ternyata berkarat, hal ini membuktikan bahwa material komponen yang digunakan masih bersifat korosif bukan dari jenis *stainless steel* seperti yang diharapkan. Pengukuran konsumsi BBM belum memberikan hasil yang signifikan karena terkendala kondisi perangkat yang berkarat dan belum bekerja secara optimal.

Pengujian kedua draft purwarupa memperoleh hasil berupa 5 (lima) variable dan 12 (dua belas) atribut yang mempengaruhi volume gas *Brown* yang dihasilkan. Variabel katalis dipengaruhi oleh volume katalis pada air di dalam tabung elektroliser serta nilai konduktivitas air yang digunakan. Variabel pelat elektroliser, dipengaruhi oleh jenis material pelat anoda-katoda yang digunakan, bentuk dan dimensi, jumlah pelat, tebal pelat, dan jarak antar pelat. Untuk variable ukuran selang gas *Brown* berupa ukuran selang dari dan ke tabung elektroliser serta *water trap*, maupun selang dari *water trap* ke *inlet* mesin. Adapun variable katub pengaman tekanan/ temperature dipengaruhi oleh kemampuannya untuk dapat dikendalikan dari dalam ruang kabin pengemudi, maka diperlukan perangkat khusus untuk dapat melakukannya. Sedangkan variable Instalasi kelistrikan dipengaruhi

oleh penggunaan *relay* dan pemasangan *fuse* tambahan pada posisi instalasi dari *relay* ke elektroliser.

Dengan penggantian material *stainless steel* pada komponen-komponen yang sebelumnya berkarat, serta *setting* pada variable 2 dan 1, maka diperoleh penghematan konsumsi BBM pada kendaraan yang menggunakan alat penghemat BBM ini sebesar 9,6 %.

Melalui penelitian dan pengujian rancangan perangkat penghemat BBM ini beberapa saran yang dapat diberikan:

- Rancangan alat ini diperuntukkan untuk kendaraan roda empat SUV tahun 1992 bermesin bensin 2300 CC Carburator, dimana dari hasil penelitian menunjukkan bahwa rancangan ini memiliki 5 (lima) variabel dan 12 (dua belas) atribut yang mempengaruhi volume gas *Brown* yang dihasilkannya. Maka perlu dikaji apakah ke 5 (lima) variable dan ke 12 (dua belas) atribut tersebut juga berlaku untuk jenis kendaraan lainnya.
- Perlu dianalisis lebih dalam apakah instalasi kelistrikan rancangan alat yang digunakan tidak memberikan dampak negative pada sistem kelistrikan kendaraan, mengingat bahwa pada proses elektrolisis terjadi hubungan singkat (*short*) antara kutub (+) dan (-) melalui media air.

Daftar Pustaka

- Amperajaya, D., & Sudrajat, P. (2012). Rancangan Perangkat Water For Fuel Sebagai Upaya Peningkatan Efisiensi Konsumsi Bahan Bakar Minyak Kendaraan Bermotor. *Jurnal Inovasi*, 8(2), 51–63.
- Arismunandar, Wiranto. (2008). *Penggerak mula motor bakar torak*, Ganesha ITB, Bandung.
- Bhardwaj, ShrikantMontgomery; Verma, Ajay Singh; Sharma, Subod. (2014). Effect of Brown Gas On The Performance of A Four Stroke Gasoline Engine. *International Kournal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 4 (1).
- Douglas C. (2011). *Introduction to Statistical Quality Control. Fourth Edition*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- D.V.N. Lakshmi, T.R Mishra & R. Das S. S. Mohapatra. (2013). Effects of Brown Gas Performance and Emission in a SI Engine. *International Journal of Scientific & Engineering Research*. 4 (12).

Harus Laksana Guntur; Rasiawan; B. Sampurno; (2010). Pengembangan Sistem Suplai Brown Gas Model 6 Ruang Tersusun pada Mesin Mobil 1300 cc dengan Sistem Karburator. *Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institute Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.*

Kelly, Patrick. (2017). *How to Make A Hydrogen Cells.* Dalam <http://waterpoweredcar.com/hydrobooster2.html>

Leelakrishnan, E dan; Lokesh, N dan; Suriyan, H. (2013). Performance and Emission Characteristics of Brown's Gas Enriched Air In Spark Ignition Engine. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology.* 2 (2).

Marlina Ena, Wahyudi Slamet, Yuliati Lilis. (2013). Produksi Brown's Gas Hasil Elektrolisis H₂O Dengan Katalis NaHCO₃. *Jurnal Rekayasa Mesin.* 4 (1).

Peavey, Michael, A. (2017). *Fuel From Water–Energy Independence With Hydrogen.* Dalam. <https://waterpoweredcar.com/hydrobooster2.html>

Redaksi chem.-istry.org. (2015). *Mengapa Stainless Steel Tidak Berkarat?.* Dalam http://www.chem-istry.org/tanyapakar/mengapa_stainless_steel_tidak_berkarat/.

Turner, Wayne C., Joe H. Mize, dan Kenneth E. Case. (1987). *Introduction to Industrial and Systems Engineering. Second Edition.* USA: Prentice-Hall International, Inc.

Ulrich, Karl T. & Steven D. Eppinger. (2014). *Perancangan & Pengembangan Produk.* Salemba Teknika, Jakarta.