

**PEMBUATAN REAKTOR *ELEKTROLYZER* SEBAGAI UPAYA
PENGHEMATAN BAHAN BAKAR DAN PENURUNAN KADAR
EMISI GAS BUANG HC DAN CO PADA TOYOTA KIJANG 5K**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Memenuhi Gelar Sarjana Pendidikan
Strata Satu Universitas Negeri Padang*



Oleh:

**FARDA PEGA LIBRA GOJANDRA
13842/2009**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2014**

PERSETUJUAN SKRIPSI

PEMBUATAN REAKTOR *ELEKTROLYZER* SEBAGAI UPAYA PENGHEMATAN BAHAN BAKAR DAN PENURUNAN KADAR EMISI GAS BUANG HC DAN CO PADA TOYOTA KIJANG 5K

Nama : Farda Pega Libra Gojandra
NIM : 13842/2009
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, Agustus 2014

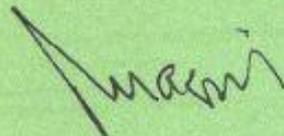
Disetujui Oleh

Pembimbing I



Drs. Bahrul Amin, ST, M.Pd
NIP.19630212 198603 1 026

Pembimbing II



Drs. M. Nasir, M.Pd
NIP. 19590317 198010 1 001

Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Otomotif



Drs. Martias, M.Pd
NIP: 19640801 199203 1 003

PENGESAHAN

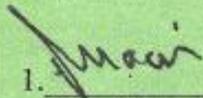
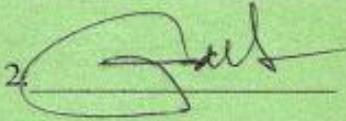
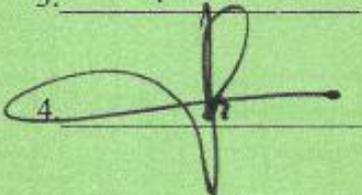
**Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang**

**Judul : Pembuatan Reaktor *Elektrolyzer* Sebagai Upaya
Penghematan Bahan Bakar Dan Penurunan
Kadar Emisi Gas Buang HC Dan CO Pada Toyota
Kijang 5K**

Nama : Farda Pega Libra Gojandra
NIM : 13842/2009
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, Agustus 2014

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	Drs. M Nasir, M.Pd	1. 
2. Sekretaris	Dr. Wakhinuddin S, M.Pd	2. 
3. Anggota	Irma Yulia Basri, S.Pd, M.Eng	3. 
4. Anggota	Wagino, S.Pd	4. 



DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus UNP Air Tawar Padang 25171
Telp. (0751) 7055922 FT: (0751) 7055644, 445118 Fax .7055644
E-mail : info@ft.unp.ac.id



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

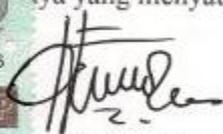
Nama : **Farda Pega Libra Gojandra**
NIM/TM : 13842/2009
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : FT UNP

Dengan ini menyatakan, bahwa skripsi saya dengan judul **“Pembuatan Reaktor Elektrolyzer Sebagai Upaya Penghematan Bahan Bakar Dan Penurunan Kadar Emisi Gas Buang HC Dan CO Pada Toyota Kijang 5K”** adalah benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Apabila suatu saat terbukti saya melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum dan ketentuan yang berlaku, baik di institusi UNP maupun di masyarakat dan negara.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, Agustus 2014

Saya yang menyatakan,



Farda Pega Libra Gojandra
NIM. 13842/2009



ABSTRAK

Farda Pega L.G. 2014. Pembuatan Reaktor Elektrolizer Sebagai Upaya Penghematan Bahan Bakar Dan Penurunan Kadar Emisi Gas Buang HC Dan CO Pada Toyota Kijang 5K

Ketergantungan akan bahan bakar fosil telah membawa masyarakat pada keadaan dimana harus mengeksploitasi sumber bahan bakar fosil yang masih tersisa di alam. Sehingga sumber energi ini sudah semakin langka dan mengalami kenaikan harga dari tahun ke tahun. Bahan bakar ini digunakan mulai dari kegiatan rumah tangga, industri serta transportasi. Kebutuhan bahan bakar yang paling besar yaitu pada sektor transportasi. Hal ini dapat dilihat terjadi peningkatan jumlah kendaraan setiap tahunnya. Konsumsi bahan bakar secara besar-besaran ini menimbulkan masalah lain yaitu emisi gas buang dari hasil pembakarannya. Pada dasarnya, emisi gas buang yang ideal tidak akan menghasilkan gas yang berbahaya bagi lingkungan dan kehidupan manusia. Namun, untuk mencapai kondisi ini sangatlah sulit untuk dilakukan. Lebih dari seabad yang lalu, orang sudah mengembangkan bahan bakar alternatif yang lebih ramah lingkungan. Energi tersebut ialah berupa hidrogen yang terdapat di air. Prinsipnya kita hanya perlu menguraikan senyawa air menjadi unsur pembentuknya yaitu H₂O menjadi Hidrogen dan Oksigen. Untuk melakukan pemisahan unsur air ini ialah melalui proses elektrolisis.

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Penelitian ini dilakukan pada tanggal 5 Mei 2014 dengan menggunakan Toyota Kijang 5K. Untuk pengujian konsumsi bahan bakar dan emisi gas buang dilakukan pada putaran 800 rpm, 1500 rpm, dan 2300 rpm. Dengan pengujian tanpa menggunakan tambahan reaktor elektroliser dan menggunakan reaktor elektroliser untuk menghasilkan gas hidrogen.

Dari hasil penelitian yang dilakukan didapatkan besar konsumsi bahan bakar terjadi penurunan. Penurunan yang terjadi yaitu sebesar 25,47% pada putaran 800 rpm, 17,17% pada putaran 1500 rpm dan 12,69% pada putaran 2300 rpm. Pada gas CO dan HC juga terjadi penurunan saat pemakaian reaktor elektroliser ini. Untuk gas CO penurunannya sebesar 19,42% pada putaran 800 rpm, 17,01% pada putaran 1500 rpm dan 11% pada putaran 2300 rpm. Sedangkan untuk gas HC penurunannya sebesar 31,34% pada putaran 800 rpm, 20,24% pada putaran 1500 rpm dan 18,98% pada putaran 2300 rpm.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah rabbil'alamin, puji syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT, yang senantiasa melimpahkan rahmat, nikmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul "**Pembuatan Reaktor Elektrolyzer Sebagai Upaya Penghematan Bahan Bakar Dan Penurunan Kadar Emisi Gas Buang HC Dan CO Pada Toyota Kijang 5K**". Shalawat dan salam semoga selalu teruntuk Nabi Muhammad SAW. Skripsi ini merupakan salah satu rangkaian syarat dalam menyelesaikan jenjang studi Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Padang.

Terimakasih yang tulus penulis ucapkan kepada Kedua Orang tua yang telah memberikan semangat dalam menempuh studi. Kemudian kepada Bapak Drs. Bahrul Amin, ST, M.Pd sebagai Pembimbing I, yang telah memberikan pengarahan, masukan serta waktu bimbingan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, dan Bapak Drs. M Nasir, M.Pd selaku Pembimbing II sekaligus sebagai Pembimbing Akademik, atas perhatian dan waktu serta bimbingan dalam pembuatan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada berbagai pihak yang berperan dalam mendorong penulis untuk menyelesaikan pembuatan skripsi ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terimakasih pada:

1. Bapak Drs. Martias, M.Pd dan Ibu Irma Yulia Basri, S.Pd, M.Eng selaku Ketua dan Sekretaris Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak-Bapak dan Ibu-Ibu dosen di lingkungan Fakultas Teknik khususnya Prodi Pendidikan Teknik Otomotif serta karyawan, yang telah membantu penulis selama proses pembuatan proposal ini.
3. Keluarga dan orang tua tercinta atas segala doa dan motivasinya.
4. Teman-teman seperjuangan serta semua pihak yang telah membantu baik moril maupun materil kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, yang tidak mungkin disebutkan namanya satu persatu.

Semoga segala bantuan yang telah diberikan menjadi kebaikan dan diridhoi oleh Allah SWT.

Penulis menyadari sepenuhnya skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan baik sistematika penulisan maupun dari pemilihan kata-kata yang digunakan. Untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritikan yang membangun demi penyempurnaan skripsi ini.

Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Atas perhatian dari semua pihak penulis mengucapkan terimakasih.

Padang, Agustus 2014

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	
HALAMAN PENGESAHAN	
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	
HALAMAN PERSEMBAHAN	
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah	6
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	7
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Kajian Teori	8
B. Penelitian yang relevan	31
C. Kerangka Konseptual	32
D. Pertanyaan Penelitian	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
A. Metode Penelitian	34
B. Definisi Operasional.....	34
C. Variabel Penelitian	35
D. Tempat Penelitian	35
E. Objek Penelitian.....	35

F. Jenis dan Sumber Data	36
G. Instrumen Penelitian.....	37
H. Prosedur Penelitian.....	37
I. Metode Pengumpulan Data	41
J. Teknik Analisis Data.....	42
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	44
B. Pembahasan	46
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	55
B. Saran.....	55

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Cadangan Minyak Bumi di Dunia	1
2. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis	2
3. Nilai Oktan Berbagai Bahan Bakar	10
4. Perkiraan Prosentasi Pencemar Udara Dari Sumber Pencemar Transportasi Di Indonesia	25
5. Pengaruh Konsentrasi CO di Udara dan Pengaruhnya pada Tubuh Bila Kontak Terjadi pada Waktu yang Lama	27
6. Pola penelitian	34
7. Spesifikasi Mesin Yang Digunakan.....	36
8. Bahan Reaktor Elektrolyzer	39
9. Alat Pembuatan Reaktor Elektrolyzer.....	39
10. Format Pengambilan Data Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Tanpa Perlakuan Dan Menggunakan Reaktor Elektroliser	41
11. Format Pengambilan Data Pengujian Emisi Gas CO Tanpa Perlakuan Dan Menggunakan Reaktor Elektroliser	41
12. Format Pengambilan Data Pengujian Emisi Gas HC Tanpa Perlakuan Dan Menggunakan Reaktor Elektroliser	41
13. Data Rata-Rata Pengujian Perbandingan Konsumsi Dan Emisi Gas Buang	42
14. Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Tanpa Perlakuan	44
15. Data Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar Menggunakan Reaktor Elektroliser	44
16. Data Hasil Pengujian Emisi Gas CO Tanpa Perlakuan	45
17. Data Hasil Pengujian Emisi Gas CO Menggunakan Reaktor Elektroliser	45
18. Data Hasil Pengujian Emisi Gas HC Tanpa Perlakuan	45

19. Data Hasil Pengujian Emisi Gas HC Menggunakan Reaktor	
Elektroliser	45
20. Hasil Pengujian Konsumsi Bahan Bakar	49
21. Hasil Pengujian Emisi Gas CO	51
22. Hasil Pengujian Emisi Gas HC	52

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Sifat Kemampuan Bakar Berbagai Jenis Bahan Bakar	11
2. Reaksi Penguraian Hidrogen	16
3. Elektroda Pada Elektrolyzer Air	17
4. Water Trap.....	20
5. Skema Pemasangan Elektrolyzer Pada Kendaraan.....	22
6. Desain Reaktor Elektrolyzer.....	38
7. Proses Daur Ulang Bahan Bakar Fosil	48
8. Proses Daur Ulang Bahan Bakar Fosil	48
9. Grafik Perbandingan Konsumsi Bahan Bakar Antara Mesin Standar dan Pemakaian Reaktor Elektroliser	49
10. Grafik Perbandingan Kadar Emisi Gas CO Antara Mesin Standar dan Pemakaian Reaktor Elektroliser	51
11. Grafik Perbandingan Kadar Emisi Gas HC Antara Mesin Standar dan Pemakaian Reaktor Elektroliser	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan Konsumsi Bahan Bakar	59
2. Mean Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang	61
3. Persentase Konsumsi Bahan Bakar Dan Emisi Gas Buang	67
4. Lembar Pengesahan Penelitian	70
5. Surat Ijin Penelitian.....	71
6. Surat Peminjaman Alat.....	72
7. Surat Keterangan Selesai Penelitian	73
8. Hasil Penelitian	74
9. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Tanpa Reaktor Elektroliser.....	76
10. Hasil Pengujian Emisi Gas Buang Menggunakan Reaktor Elektroliser.....	77
11. Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	78

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Ketergantungan masyarakat saat ini masih tergolong tinggi terhadap bahan bakar yang berasal dari fosil. Mulai dari kegiatan di rumah tangga, industri dan transportasi hampir semuanya menggunakan bahan bakar fosil. Akibat dari perilaku ini, masyarakat dunia terpaksa mengeksploitasi secara terus-menerus yang berimbas pada menipisnya ketersediaan bahan bakar fosil. Seperti diketahui, sumber bahan bakar yang berasal dari fosil ini merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui. Sumber bahan bakar ini akan terbentuk dari mikroorganisme yang mengalami perubahan komposisi dan struktur karena proses biokimia di bawah pengaruh tekanan dan suhu tertentu dalam waktu yang sangat lama. Ketersediaan minyak bumi di dunia dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 1. Cadangan Minyak Bumi di Dunia

Tahun	Terbukti	Potensial	Total (Milyar Barel)
2009	4,30	3,70	8,00
2010	4,23	3,53	7,76
2011	4,04	3,69	7,63
2012	3,74	3,66	7,40

Sumber: Ditjen Migas (2012)

Dari sekian banyak kegiatan manusia yang menggunakan bahan bakar fosil, pada sektor transportasi yang merupakan pemakai terbesar dan selalu mengalami peningkatan dari hari ke hari. Hal ini dapat dilihat dari

pertumbuhan kebutuhan akan kendaraan dari tahun ke tahun.

Tabel 2. Perkembangan Jumlah Kendaraan Bermotor Menurut Jenis

Tahun	Mobil Penumpang	Bis	Truk	Sepeda Motor	Jumlah
2008	7.489.852	2.059.187	4.452.343	47.683.681	61.685.063
2009	7.910.407	2.160.973	4.452.343	52.767.093	67.336.644
2010	8.891.041	2.250.109	4.687.789	61.078.188	76.907.127
2011	9.548.866	2.254.406	4.958.738	68.839.341	85.601.351
2012	10.432.259	2.273.821	5.286.061	76.381.183	94.373.324

Sumber: Badan Pusat Statistik (2012)

Sehubungan dengan peningkatan jumlah kendaraan bermotor, hal ini akan menyebabkan peningkatan emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor. Hal ini dapat terjadi karena pada kendaraan bermotor terjadi proses pembakaran yang nantinya hasil sisa pembakaran tersebut akan dikeluarkan oleh kendaraan bermotor berupa gas buang. Emisi gas buang sebagian besar merupakan gas yang berbahaya bagi kesehatan manusia apabila masuk kedalam tubuh melebihi batas normal yang ditetapkan. Menurut Srikandi (1992:95) “Sumber polusi yang utama berasal dari sektor transportasi, di mana hampir 60% dari polutan yang dihasilkan terdiri dari Karbon Monoksida (CO) dan sekitar 15% terdiri dari Hidrokarbon (HC)”.

Berbagai upaya dilakukan untuk menghemat bahan bakar minyak bahkan beralih pada bahan bakar alternative lainnya. Saat ini berbagai jenis alat untuk menghemat bahan bakar pun banyak bermunculan di pasaran. Namun di samping harganya yang cukup mahal, hasilnya pun juga kurang maksimal dan tidak begitu signifikan. Telah banyak dikembangkan berbagai bahan bakar alternatif diantaranya biodiesel untuk bahan bakar mesin diesel, dan bioethanol untuk bahan bakar mesin bensin. Pemakaian bahan bakar baik

biodiesel maupun bioethanol di negara maju seperti Amerika dan Eropa yang pengendalian lingkungannya sangat ketat sudah lama dilakukan bahkan terus semakin intensif karena semakin ketatnya persyaratan lingkungan yang diterapkan.

Indonesia juga mengembangkan biodiesel dan bioethanol ini, namun masih belum secepat di negara lain karena beberapa faktor diantaranya adalah sumber bahan bakunya belum memadai secara kuantitas dan kualitas, sebagian dari bahan bakunya adalah bahan pangan yang masih mungkin mengganggu ketersediaan bahan pangan. Selain itu, peraturan tentang kualitas emisi belum seketat di negara lain, kesiapan dari segi budi daya, kesiapan teknologi proses, kesiapan sarana-prasarana pemasaran termasuk kesiapan masyarakatnya masih belum memadai. Hal ini didukung pernyataan oleh Menteri Ristek Prof Gusti Muhammad Hatta dalam ristek.go.id bahwa pemenuhan kebutuhan energi di Indonesia saat ini didominasi energi fosil. Minyak masih merupakan penyedia porsi terbesar disusul batubara dan gas, sedangkan sumber EBT (energi baru dan terbarukan) masih relatif minim.

Bahan bakar gas seperti LPG (*Liquefied Petroleum Gas*) dan CNG (*Natural Compressed Gas*) telah juga banyak dikembangkan sebagai bahan bakar alternatif untuk pengganti bahan bakar minyak. Converter untuk merubah penggunaan minyak ke gas sudah juga banyak dikembangkan. Di negara kita, penggunaan bahan bakar gas ini sebagai bahan alternatif masih juga mengalami kendala diantaranya ketersediaan gas yang terbatas, ketersediaan infrastruktur seperti SPBU untuk gas sangat terbatas, sesuai

pernyataan Menteri Perekonomian Hatta Rajasa bersama Menteri ESDM Jero Wacik bahwa Pemerintah menargetkan hingga akhir 2014, jumlah Stasiun Pengisian Bahan Bakar Gas (SPBG) ditingkatkan jadi 69 unit, dari yang ada sekarang 21 unit (www.indopos.co.id). Selain itu, converter masih cukup mahal karena masih import, dan jaminan keamanan yang masih dikawatirkan oleh masyarakat karena gas dengan tekanan tinggi dikawatirkan meledak. Oleh karena itu dibutuhkan inovasi penggunaan energi alternatif yang lebih hemat dalam pemakaian dan lebih rendah emisi polusinya.

Salah satu yang paling menarik perhatian adalah penghemat bahan bakar dengan menggunakan air melalui proses elektrolisis. Ini disebabkan ketersediaan air yang cukup melimpah di bumi ini. Meskipun teknologi ini telah lama diciptakan, bahkan telah ada sebelum minyak bumi ditemukan. Teknologi ini mulai diteliti oleh orang sejak abad ke-19, tepatnya tahun 1884 (Poempida dan Mustari, 2008:37). Dengan menggunakan alat elektrolisis maka akan dapat dipisahkan hidrogen dari air. Hidrogen yang dihasilkan akan diambil untuk tambahan campuran bahan bakar, sehingga akan mengurangi konsumsi bahan bakar fosil. Selain itu penambahan hidrogen akan menghasilkan pembakaran yang cenderung lebih sempurna. Namun masih banyak orang yang belum mengetahui cara mengaplikasikannya di berbagai mesin, termasuk kendaraan dengan bahan bakar bensin, solar, maupun diaplikasikan pada mesin pembangkit tenaga lainnya.

Ketersediaan air yang cukup melimpah di bumi ini dapat dimanfaatkan sebagai energi alternatif, hal ini yang merupakan pertimbangan untuk

pemanfaatan air sebagai energi terbarukan karena sebagian besar air terdapat di lautan dan di lapisan-lapisan es yaitu di kutub dan puncak-puncak gunung. Air bergerak mengikuti suatu siklus, yaitu penguapan, hujan, aliran air di atas permukaan tanah (seperti mata air, sungai, dan muara yang mengalir menuju ke laut), demikian seterusnya, jika dikelola dengan baik, air merupakan sumber daya alam yang tidak ada habisnya. Saat ini, air belum digunakan secara utuh untuk bahan bakar. Masih terbatas pada penambahan untuk memperbaiki kualitas pembakaran bahan bakar fosil.

Berdasarkan perilaku masyarakat yang masih bergantung pada energi yang berasal dari fosil tersebut, maka perlu dilakukan penelitian yang dapat mengungkapkan bagaimana pengaruh gas hasil elektrolisa air terhadap penghematan bahan bakar dan pengurangan emisi gas buang. Selain itu, bagaimana juga cara membuat dan mengaplikasikan alat pada kendaraan namun dengan bahan-bahan yang baik serta terjangkau dikalangan masyarakat.

B. Identifikasi Masalah

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

1. Perilaku masyarakat dunia yang masih bergantung pada bahan bakar yang bersumber dari fosil yang ketersediannya semakin menipis.
2. Hasil pembakaran dari bahan bakar fosil menimbulkan emisi gas buang yang masih tinggi sehingga merusak lingkungan.
3. Upaya pencarian energi alternatif untuk mengganti sumber dari fosil

yang masih belum optimal baik dari masyarakat maupun dari dukungan pemerintah.

4. Masih banyak yang belum mengetahui energi yang bersumber dari air untuk dijadikan pelengkap maupun pengganti bahan bakar fosil.
5. Masyarakat belum mengetahui pengaruh atau dampak apa yang akan dihasilkan dari penambahan gas hidrogen pada sebuah kendaraan.
6. Masyarakat masih banyak yang belum mengetahui cara membuat sebuah alat yang bisa menghasilkan gas hidrogen.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi yang ada di atas, agar penelitian ini berjalan lebih terarah, maka peneliti membatasi masalah yang akan dibahas pada pengaruh penambahan gas hidrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis air untuk menghemat bahan bakar dan mengurangi kadar emisi gas buang.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah yang ada di atas, maka peneliti dapat menarik rumusan masalah untuk penelitian ini, yaitu berapa besar pengaruh gas hidrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis air untuk menghemat bahan bakar dan mengurangi kadar emisi gas buang pada mesin empat tak.

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian yang akan dilaksanakan ini yaitu:

1. Mengetahui seberapa besar pengaruh yang diberikan reaktor *elektrolyzer* terhadap penghematan bahan bakar pada Toyota Kijang 5K.

2. Mengetahui seberapa besar pengaruh yang diberikan reaktor *elektrolizer* terhadap pengurangan emisi gas buang pada mesin Toyota Kijang 5K.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan baik secara teoritis maupun secara praktis. Secara teoritis berupa pengembangan ilmu yang relevan dengan masalah penelitian, serta memperkuat teori-teori yang berhubungan dengan masalah penelitian yang telah banyak dikemukakan para ahli serta dapat memperkaya khasanah pengetahuan tentang variabel yang diteliti.

Secara praktis penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat bagi masyarakat luas agar dapat memanfaatkan pengetahuan energi alternatif ini untuk keperluan pribadi secara mandiri. Selain itu, sebagai acuan bagi pemerintah agar bisa mendukung secara penuh pengembangan penggunaan energi ini agar bisa digunakan pada segala aspek, sehingga ketergantungan terhadap energi dari fosil dapat dikurangi bahkan digantikan secara utuh.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Kajian Teori

1. Hidrogen

Hidrogen adalah unsur kimia pada tabel periodik yang memiliki simbol H dan nomor atom 1. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Dengan massa atom 1,00794 amu hidrogen adalah unsur teringan di dunia.

Hidrogen juga adalah unsur paling melimpah dengan persentase kira-kira 75% dari total massa unsur alam semesta. Kebanyakan bintang dibentuk oleh hidrogen dalam keadaan plasma. Senyawa hidrogen relatif langka dan jarang dijumpai secara alami di bumi, dan biasanya dihasilkan secara industri dari berbagai senyawa hidrokarbon seperti metana. Hidrogen juga dapat dihasilkan dari air melalui proses elektrolisis, namun proses ini secara komersial lebih mahal daripada produksi hidrogen dari gas alam.

Isotop hidrogen yang paling banyak dijumpai di alam adalah protium, yang inti atomnya hanya mempunyai proton tunggal dan tanpa neutron. Senyawa ionik hidrogen dapat bermuatan positif (kation) ataupun negatif (anion). Hidrogen dapat membentuk senyawa dengan kebanyakan unsur dan dapat dijumpai dalam air dan senyawa-senyawa

organik. Hidrogen sangat penting dalam reaksi asam basa yang mana banyak reaksi ini melibatkan pertukaran proton antar molekul terlarut. Oleh karena hidrogen merupakan satu-satunya atom netral yang persamaan Schrödingernya dapat diselesaikan secara analitik, kajian pada energetika dan ikatan atom hidrogen memainkan peran yang sangat penting dalam perkembangan mekanika kuantum (id.wikipedia.org).

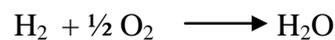
a. Penemuan dan Penggunaan Hidrogen

Gas hidrogen (H_2) pertama kali dihasilkan secara artifisial oleh T. Von Hohenheim (dikenal juga sebagai Paracelsus, 1493–1541) melalui pencampuran logam dengan asam kuat. Dia tidak menyadari bahwa gas mudah terbakar yang dihasilkan oleh reaksi kimia ini adalah unsur kimia yang baru. Pada tahun, Robert Boyle menemukan kembali dan mendeskripsikan reaksi antara besi dan asam yang menghasilkan gas hidrogen.

Pada tahun 1766, Henry Cavendish adalah orang yang pertama mengenali gas hydrogen sebagai zat diskret dengan mengidentifikasi gas tersebut dari reaksi logam asam sebagai "udara yang mudah terbakar". Pada tahun 1781 dia lebih lanjut menemukan bahwa gas ini menghasilkan air ketika dibakar. Pada tahun 1783, Antoine Lavoiser memberikan unsure dengan nama hidrogen (dari bahasa Yunani *hydro* yang artinya air atau genes yang artinya membentuk) ketika dia dan Laplace mengulang kembali penemuan Cavendish yang mengatakan pembakaran hidrogen menghasilkan air.

b. Hidrogen Sebagai Bahan Bakar

Dengan sifatnya yang mudah terbakar seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, maka sangat baik untuk menjadikan hidrogen sebagai bahan bakar. Baik untuk penambahan atau pencampuran pada bahan bakar fosil maupun menggunakan hidrogen ini sebagai bahan bakar sepenuhnya. Karena selain melimpah di alam, hasil pembakaran dari hidrogen ini akan menghasilkan air. Menurut Charles (1999:360) reaksi pembakaran hidrogen dan oksigen akan menghasilkan air:



Dari reaksi pembakaran gas hidrogen tersebut sudah pasti tidak akan mencemari udara seperti yang ditimbulkan pada pembakaran bahan bakar fosil saat ini. Selain itu, keunggulan dari hidrogen bila dijadikan bahan bakar dibandingkan dengan bahan bakar lain ialah nilai oktan yang lebih besar, perbedaannya dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini yaitu:

Tabel 3. Nilai Oktan Berbagai Bahan Bakar

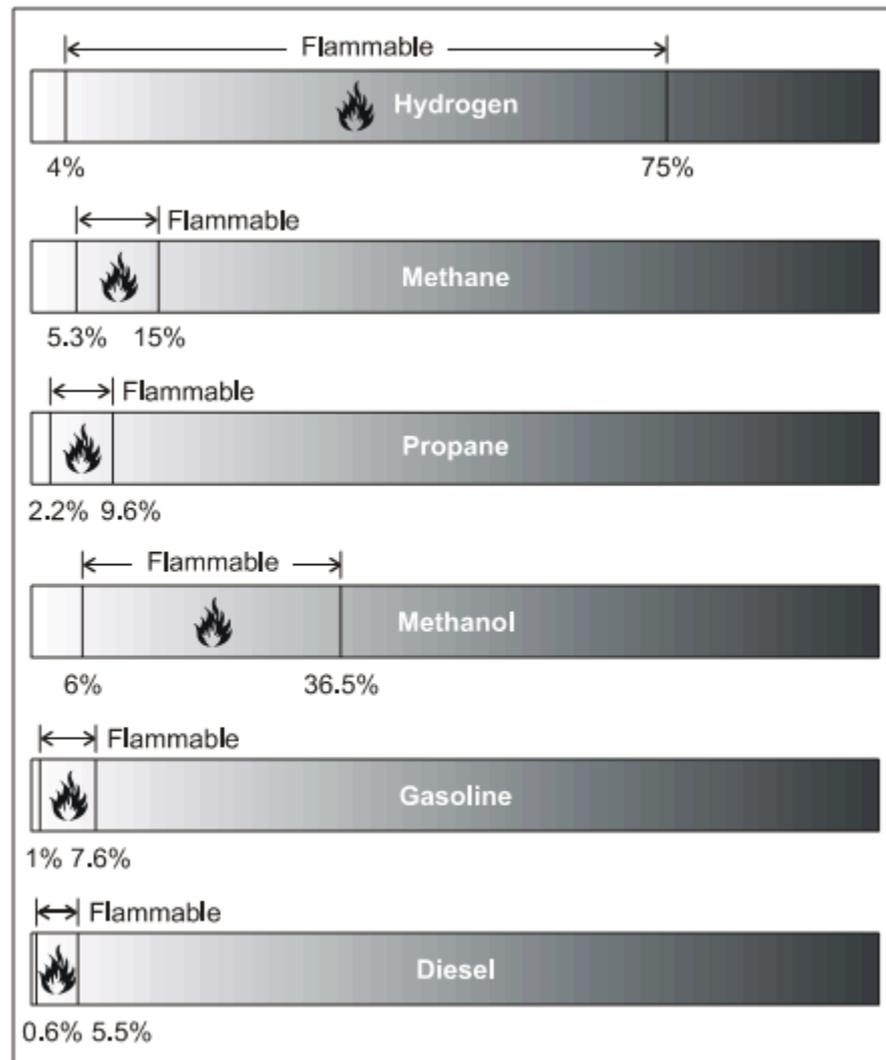
<i>Fuel</i>	<i>Octane Number</i>
<i>Hydrogen</i>	130 + (<i>lean burn</i>)
<i>Methane</i>	125
<i>Propane</i>	105
<i>Octane</i>	100
<i>Gasoline</i>	87
<i>Diesel</i>	30

Sumber: *Module 1: Hydrogen Properties:21(Hydrogen Fuel Cell Engines, 2001)*

Gas hidrogen yang sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasi serendah 4% di udara bebas. Ketika dicampur dengan

oksigen dalam berbagai perbandingan, hidrogen akan meledak seketika disulut dengan api dan akan meledak sendiri pada temperature 560°C .

Kemampuan bakar hidrogen dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 1. Sifat Kemampuan Bakar Berbagai Jenis Bahan Bakar

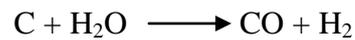
Sumber: *Module 1: Hydrogen Properties:20 (Hydrogen Fuel Cell Engines, 2001)*

c. Proses Produksi Hidrogen

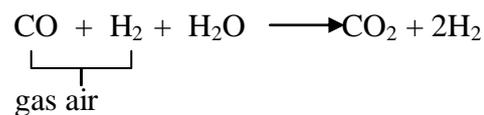
Menurut Charles (1999:355), ada tiga metoda untuk memperoleh unsur yang semakin berharga ini adalah dengan metoda

gas air, metoda kukus-hidrokarbon, dan elektrolisa air.

- (1) Metoda gas air. Bila kukus dilewatkan di atas arang panas, akan terbentuk karbon monoksida dan hidrogen.

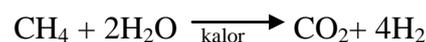


Campuran karbon monoksida dan hidrogen ini yang disebut gas air, merupakan bahan bakar yang bernilai karena kedua zat ini dapat dibakar. Jika diinginkan hidrogen murni, campuran ini diolah dengan kukus dan ditambah dengan katalis, untuk mengoksidasi karbon monoksida menjadi karbon dioksida:

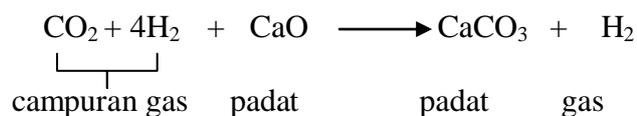


Karbon dioksida mudah dipisahkan dengan melewati campuran kedua gas itu dalam air dibawah tekanan, karena karbon dioksida larut sedangkan hidrogen tidak.

- (2) Metoda kukus-Hidrokarbon. Hidrogen komersial dalam jumlah besar dibuat dengan melewati hidrokarbon dan lewat katalis nikel pada temperatur tinggi. Persamaan untuk reaksi yang menggunakan hidrokarbon tersederhana metana adalah:



Karbon dioksida dan hidrogen dapat dipisahkan seperti yang diterangkan pada rangkaian diatas, atau karbon dioksida dapat diambil dengan melewati campuran pada kapur tohor:



(3) Elektrolisa air

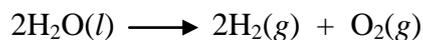
Karena sumber hidrogen yang berlimpah adalah air, maka akan ideallah bila air dapat diuraikan menjadi hidrogen dan oksigen dengan murah. Suatu cara yang cukup memuaskan untuk menguraikan air ini adalah dengan melewatkan arus searah pada air yang telah ditambah sedikit asam sulfat atau zat lain. Penggunaan arus listrik bertujuan untuk melakukan suatu reaksi redoks disebut elektrolisis.

2. Elektrolisis Air

a. Pengertian Elektrolisis Air

Menurut Raymond (2004:219) “elektrolisis ialah proses yang menggunakan energi listrik agar reaksi kimia nonspontan dapat terjadi. Sel elektrolitik ialah alat untuk melaksanakan elektrolisis”. Sedangkan menurut Charles (1993:355) “Penggunaan arus listrik untuk melakukan reaksi redoks disebut elektrolisis”. Selanjutnya, dengan aliran arus listrik, kedua molekul air bereaksi dan pada katoda menangkap dua elektron yang tereduksi menjadi H₂ dan ion hidroksida (OH⁻). Pada anoda air terurai menjadi gas oksigen (O₂) dengan melepaskan 4 ion H⁺ dan mengalirkan elektron ke katoda. Dari reaksi tersebut ion ion H⁺ dan OH⁻ mengalami netralisasi dan membentuk molekul air kembali. Menurut Charles (1999:356), reaksi elektrolisis

air dapat dituliskan sebagai berikut:



Elektrolisis air merupakan pemanfaatan arus listrik untuk menguraikan air menjadi unsur-unsur pembentuknya, yaitu H_2 dan O_2 . Gas hidrogen akan muncul di kutub negatif atau katoda sedangkan gas oksigen berkumpul di kutub positif atau anoda. Hidrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis ini berpotensi menghasilkan *zero emission*.

Sel elektrolitik mempunyai sepasang elektroda yang dihubungkan ke baterai. Baterai berfungsi sebagai pompa elektron, yang menggerakkan elektron ke katoda (tempat terjadinya reduksi), dan menarik elektron dari anoda (tempat terjadinya oksidasi).

Berdasarkan dari beberapa pendapat dari para ahli di atas, dapat disimpulkan bahwa elektrolisis air merupakan proses pemisahan molekul pembentuk air menjadi gas hidrogen dan oksigen dengan memanfaatkan arus listrik sebagai pompa elektron yang dilewatkan oleh dua jenis elektroda (elektroda positif dan elektroda negatif).

b. Cara Kerja Elektrolisis

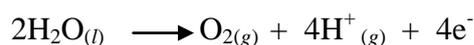
Elektrolisis berasal dari kata elektro (listrik) dan lisis (penguraian). Jadi elektrolisis adalah peristiwa penguraian suatu elektrolit oleh arus listrik, dan alatnya disebut elektroliser. Menggunakan prinsip elektrolisis, merubah energi listrik menjadi energi kimia. Arus listrik searah digunakan untuk memaksa

berlangsungnya reaksi redoks yang tidak spontan (dialiri arus listrik dari luar).

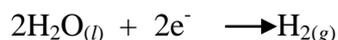
Dalam reaksi elektrolisis memerlukan elektroda-elektroda yang dicelupkan ke dalam larutan elektrolit dan dihubungkan dengan terminal sumber arus listrik searah (DC). Elektroda tempat terjadinya oksidasi (pelepasan elektron) disebut anoda, dan elektroda tempat terjadi reduksi (penangkapan elektron) disebut katoda.

Jika arus listrik dialirkan dari anoda ke katoda melewati larutan elektrolit, akan memecah ikatan molekul H_2O sehingga bereaksi. Maka akan terjadi proses pelepasan dan penangkapan elektron, menyebabkan H_2O dapat diuraikan menjadi 2 atom H_2 dan 1 atom O_2 . Dimana pada anoda, molekul H_2O akan terurai menjadi gas O_2 dengan melepas 4 ion H^+ dan mengalirkan elektron ke katoda.

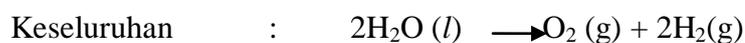
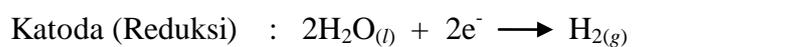
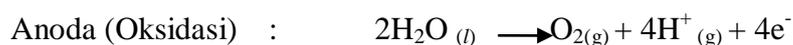
Adapun persamaan reaksinya adalah:



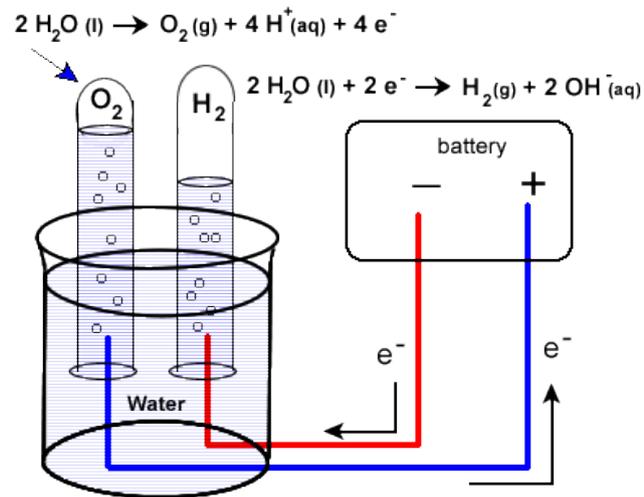
Sedangkan pada katoda, molekul H_2O bereaksi dengan menangkap dua elektron pada katoda yang tereduksi menjadi gas H_2 dan ion hidroksida (OH^-).



Sehingga reaksi keseluruhannya adalah (Charles, 1999:356):



Reaksi penguraian tersebut dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. Reaksi Penguraian Hidrogen

c. Komponen Elektrolisis

1) Tabung Elektroliser

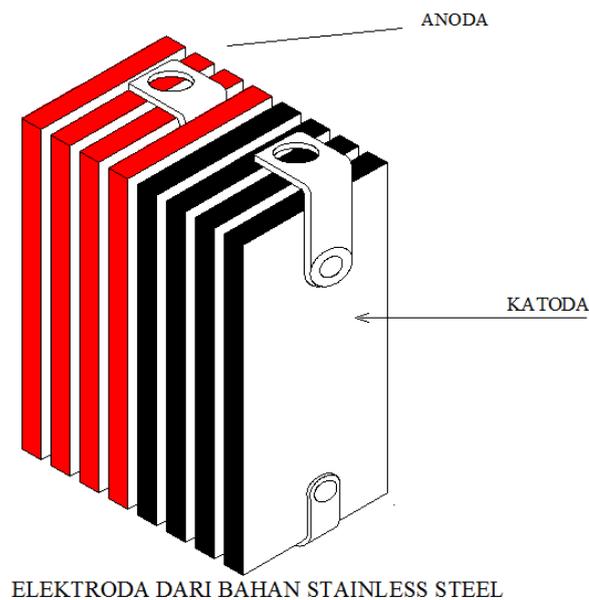
Tabung elektroliser merupakan tempat elektrolit, sekalipun tempat berlangsungnya proses elektrolisis untuk menghasilkan gas H_2 dan O_2 . Bagian-bagian dari tabung elektrolizer antara lain:

a) Tabung

Tabung berfungsi sebagai tempat penampungan elektrolit. Tabung elektroliser yang digunakan ini terbuat dari bahan kaca atau plastik tahan panas. Sebab proses elektroliser air pada prinsipnya menggunakan reaksi elektrokimia yang menghasilkan panas. Adanya isapan yang cukup kuat dari mesin juga bisa menyebabkan terjadinya perubahan bentuk tabung, sehingga tabung elektrolisis harus kuat.

b) Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non logam dari sebuah sirkuit. Gas H_2 dan O_2 yang dihasilkan dalam proses elektrolisis terjadi akibat adanya arus listrik yang melewati elektroda dan akan menguraikan H_2O menjadi H_2 dan O_2 . Elektroda terdiri dari dua kutub yaitu anoda (+) dan katoda (-) yang dimasukkan ke dalam larutan elektrolit.



Gambar 3. Elektroda Pada Elektrolizer Air

Elektroda yang dipakai pada proses elektrolisis haruslah logam non reaktif (tidak ikut bereaksi) dan tahan karat seperti platina, stainless steel. Tetapi, harga platina sedikit lebih mahal dari stainless steel, sehingga stainless steel lebih sering digunakan. Bentuk elektroda ini bisa berbentuk batang, spiral

ataupun lempengan. Namun, salah satu yang mempengaruhi laju reaksi adalah luasan dari permukaan sentuh (antara elektroda dan elektrolit), dimana semakin luas elektroda maka laju reaksinya semakin cepat.

c) Dudukan Elektroda

Dudukan elektroda berfungsi sebagai isolator, sehingga antara anoda dan katoda tidak saling bersinggungan atau bersentuhan. Pada bagian sisi dudukan elektroda diberi alur penahan, agar kawat elektroda tetap pada posisinya. Jika anoda dan katoda tersebut saling bersentuhan, akan menyebabkan hubungan pendek listrik. Ukuran dudukan elektroda disesuaikan dengan ukuran tabung yang digunakan.

Dudukan elektroda terbuat dari bahan aklirik (plastik mika) yang tahan terhadap air, tahan panas, sebagai isolator yang baik serta mudah diperoleh.

d) Terminal Elektroda

Terminal elektroda berfungsi untuk menghubungkan dan mengalirkan arus listrik dari sumber arus (baterai atau alternator AC sepeda motor/mobil) ke kawat elektroda. Tiap tabung elektroliser mempunyai dua terminal, yaitu positif (+) dan negative (-).

e) Elbow (Neeple Selang)

Elbow yang ditempatkan juga pada tutup tabung elektroliser. Komponen ini berfungsi untuk menghubungkan tabung elektroliser ke water trap kemudian ke selang penyalur gas, sehingga gas H_2 dan O_2 dari tabung dapat mengalir menuju intake manifold.

2) Larutan Elektrolit

Larutan adalah campuran homogen yang terdiri dari dua atau lebih zat yang bisa berupa padatan, cairan atau gas. Larutan terdiri dari pelarut dan zat terlarut. Larutan yang dapat menghantarkan arus listrik disebut larutan elektrolit, dan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik disebut larutan non elektrolit.

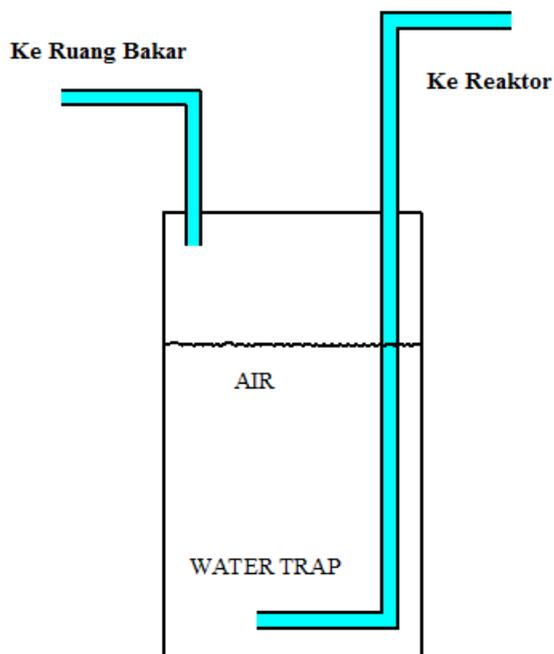
Air murni atau air destilasi (suling) boleh dikatakan tidak bisa menghantarkan arus listrik dengan baik, atau lebih tepatnya daya hantar listrik dari air murni sangat lemah sehingga dapat diabaikan. Maka penambahan katalis bisa membuat air dapat menghantarkan arus listrik. Campuran antara air suling dan katalis disebut larutan elektrolit. Katalis akan larut dalam air suling dan menyatu membentuk larutan elektrolit yang homogen.

Katalis adalah zat-zat yang dapat mempercepat reaksi tetapi tidak ikut bereaksi secara permanen. Reaksi yang berlangsung lambat dapat dipercepat dengan member zat lain. Katalis digunakan pada proses elektrolisis menggunakan sodium

bikarbonat atau kalium hidroksida (KOH) atau soda kue. Larutan elektrolit digunakan untuk menghasilkan gas H_2 dan O_2 pada proses elektrolisis.

3) Water Trap

Water trap yang digunakan alat penghemat bahan bakar dari air ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja elektroliser. Alat ini dibuat sebagai penangkap uap air agar tidak masuk ke ruang bakar. Jika gas H_2 dan O_2 langsung disalurkan ke intake manifold tanpa menggunakan water trap, kemungkinan besar uap air akan ikut terhisap ke dalam ruang bakar maka akan menurunkan nilai kalor, titik nyala, dan memperlambat proses pembakaran. Selain itu, alat ini berfungsi sebagai tangki penampung gas H_2 dan O_2 sebelum masuk ke ruang bakar.



Gambar 4. Water Trap

Meskipun sama-sama menggunakan tabung seperti elektroliser, water trap tidak dilengkapi dengan kawat elektroda dan tidak dapat menghantarkan arus listrik. Water trap hanya diisi air suling tanpa katalis yang dimasukkan ke dalam tabung sekitar $\frac{1}{2}$ isi tabung. Namun, water trap dilengkapi pipa atau selang penyalur gas H_2 dan O_2 yang menuju intake manifold (sistem karburator) dan saringan udara (sistem EFI atau diesel).

4) Selang Penyalur Gas

Selang penyalur gas digunakan untuk menyalurkan gas H_2 dan O_2 yang dihasilkan di tabung elektroliser ke intake manifold.

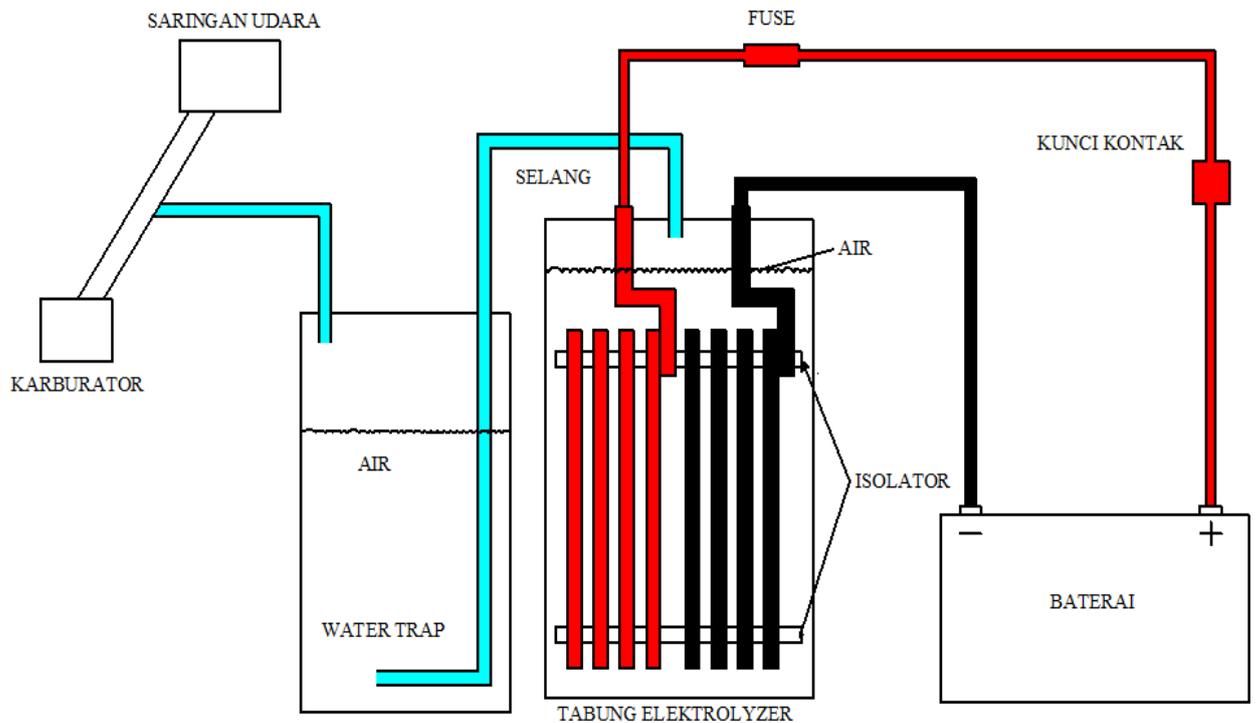
5) Kabel Listrik

Dalam proses elektrolisis, kabel listrik berfungsi sebagai penyalur arus listrik dari baterai atau alternator AC ke kawat elektroda. Panjang kabel yang digunakan tergantung pada jarak baterai atau alternator ke terminal elektroda dari elektroliser.

3. Cara Kerja dari Alat Elektroliser pada Kendaraan

Arus listrik DC disupply dari baterai, kutub anoda dihubungkan ke terminal positif, sedangkan kutub katoda dihubungkan ke ground. Dari kutub anoda, arus listrik mengalir menuju kutub katoda selanjutnya menuju ground. Antara anoda dan katoda dihubungkan melalui larutan elektrolit, karena larutan elektrolit mampu menghantarkan arus listrik. Dengan adanya aliran listrik pada elektroda, menyebabkan timbulnya gelembung-gelembung kecil berwarna putih. Ini menandakan air

mengalami reaksi, sehingga pada anoda terbentuk gas O_2 dan katoda terbentuk gas H_2 .

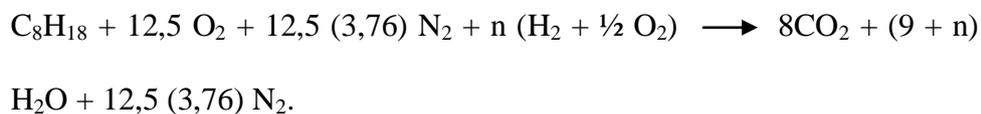


Gambar 5. Skema Pemasangan Elektrolyzer Pada Kendaraan

Gas-gas tersebut kemudian mengalir menuju tabung water trap lalu menuju intake manifold akibat dari isapan piston. Gas tersebut kemudian bercampur dengan bahan bakar dan udara yang telah dicampur di karburator dan berikatan dengan rantai karbonnya. Reaksi pembakaran yang terjadi yaitu campuran udara dan bahan bakar ditambah gas hasil elektrolisa air. Reaksi pembakarannya dapat dirumuskan sebagai berikut:

Restu (2012:27) menyatakan dalam percobaan yang dilakukan dengan penambahan gas hasil elektrolisa air ($H_2O + \frac{1}{2}O_2$) dan dengan asumsi

bahwa jumlah gas $H_2 + O_2$ yang dihasilkan reaktor elektrolisa air adalah proporsional maka stokiometri pembakaran yang terjadi adalah:



Dengan menambah sejumlah $n (H_2 + \frac{1}{2} O_2)$, dimana n adalah jumlah mol gas elektrolisa yang masuk ke ruang bakar.

4. Aspek Kuantitatif Elektrolisis

Segi kuantitatif dari elektrolisis dikembangkan terutama oleh Faraday. Ia mengamati bahwa massa periodik yang terbentuk (reaktan yang dikonsumsi) pada suatu elektoda berbanding lurus dengan banyaknya listrik yang ditransfer ke elektroda dan massa molar zat terkait. Raymond (2004:222) menyatakan:

“Dalam suatu percobaan elektrolisis, kita biasanya mengukur arus (dalam ampere) yang melewati sel elektrolitik dalam jangka waktu tertentu. Hubungan antara muatan (dalam *coloumb*, C) dan arus ialah $1 C = 1 A \times 1 s$. Satu *coloumb* ialah kuantitas muatan listrik yang melewati sembarang titik pada rangkaian dalam 1 detik jika arusnya 1 *ampere*”.

Kuantitas dari arus listrik bisa dinyatakan sebagai sejumlah elektron. Banyaknya dari suatu zat yang mengalami perubahan kimia sebuah elektroda berhubungan dengan jumlah elektron yang terlibat pada perubahan dan bisa dinyatakan dalam mol zat atau dinyatakan berat jenis dari zat. Berat jenis dari sebuah zat adalah massa zat (gr) dikalikan dengan pelepasan satu mol elektron.

Persamaannya adalah:

$$M = \frac{Q \times A}{F}$$

Dimana:

M = massa zat yang dihasilkan (g)

Q = jumlah muatan listrik (Coulomb)

Q = I x t

I = besar arus listrik

t = waktu (s)

A = massa atom relative (g/mol)

F = konstanta Faraday 96.500 C

5. Emisi Gas Buang

Udara merupakan campuran beberapa gas yang perbandingannya tidak tetap, tergantung pada keadaan suhu, tekanan udara dan lingkungan sekitar. Dalam udara terdapat oksigen (O₂) untuk bernafas, karbondioksida untuk proses fotosintesis oleh klorofil daun dan ozon (O₃) untuk menahan sinar ultraviolet. Beberapa susunan udara bersih dan kering terdiri dari:

Nitrogen (N₂) = 78,09%

Oksigen (O₂) = 21,49%

Argon (Ar) = 0,93%

Karbondioksida (CO₂) = 0,032%

Gas buang kendaraan merupakan salah satu sumber pencemaran udara yang berasal dari pembakaran bahan bakar. Bahan-bahan atau zat

yang dihasilkan dari sisa pembakaran ini menyebabkan perubahan susunan (komposisi) udara dari keadaan normalnya. Kehadiran bahan atau zat ini di dalam udara pada jumlah tertentu dan waktu yang cukup lama akan mengganggu kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya (Wisnu, 2004:27).

Beberapa bahan atau zat yang bersumber dari sisa pembakaran pada kendaraan yang paling berpengaruh dalam mencemari udara adalah: Karbonmonoksida (CO), Nitrogen Oksida (NO_x), Hidro Karbon (HC) dan Partikel (Wisnu, 2004:31).

Tabel 4. Perkiraan Prosentasi Pencemar Udara Dari Sumber Pencemar Transportasi Di Indonesia

Komponen Pencemar	Prosentase
CO	76,50
NO _x	8,89
Sox	0,88
HC	18,34
Partikel	1,33
Total	100

(Wisnu, 2004:33)

a. Karbon Monoksida (CO)

Karbon monoksida adalah suatu gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan tidak berasa. Gas ini dapat terbentuk cairan pada suhu dibawah -192⁰ C. Komponen ini mempunyai berat sebesar 95% dari berat air dan tidak larut didalam air (Srikandi, 1992:94).

Menurut Wisnu (2004:41), karbon monoksida dapat terbentuk karena melalui proses berikut ini:

- 1) Pembakaran bahan bakar fosil dengan udara reaksinya tidak stoikiometris adalah pada harga $ER > 1$.
- 2) Pada suhu tinggi terjadi reaksi antara karbon dioksida (CO_2) dengan karbon (C) yang menghasilkan gas CO.
- 3) Pada suhu tinggi, CO_2 dapat terurai lagi menjadi CO dan O.

Telah lama diketahui bahwa kontak antara manusia dan CO pada konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kematian. Tetapi ternyata kontak dengan CO pada konsentrasi yang relative rendah (≤ 100 ppm) juga dapat mengganggu kesehatan. Hal ini penting untuk diketahui karena pada umumnya konsentrasi CO di udara memang kurang dari 100 ppm (Srikandi, 1992:99).

Pengaruh racun CO terhadap tubuh terutama disebabkan oleh reaksi antara CO dan hemoglobin (Hb) di dalam darah. Hemoglobin di dalam darah secara normal berfungsi dalam sistem transportasi untuk membawa oksigen dalam bentuk oksihemoglobin (O_2Hb) dari paru-paru ke sel tubuh dan membawa CO_2 dalam bentuk CO_2Hb dari sel tubuh ke paru-paru. Dengan adanya CO, hemoglobin dapat membentuk karboksihemoglobin. Jika hal ini terjadi, maka kemampuan darah untuk mentranspor oksigen menjadi berkurang atau terganggu.

Afinitas CO terhadap hemoglobin adalah 200 kali lebih tinggi daripada afinitas O_2 terhadap hemoglobin, akibatnya jika CO dan O_2 terdapat bersama-sama di udara maka akan terbentuk COHb dalam jumlah jauh lebih banyak dari pada O_2Hb . Menurut Srikandi

(1992:99), faktor penting yang menentukan pengaruh CO terhadap tubuh manusia adalah konsentrasi COHb yang terdapat di dalam darah, dimana semakin tinggi presentase hemoglobin yang terikat dalam bentuk COHb, semakin parah pengaruhnya terhadap kesehatan manusia. Hubungan antara konsentrasi COHb di dalam darah dan pengaruhnya terhadap kesehatan manusia dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel 5. Pengaruh Konsentrasi CO di Udara dan pengaruhnya pada tubuh bila kontak terjadi pada waktu yang lama

Konsentrasi CO Di Udara (ppm)	Konsentrasi COHb di dalam darah (%)	Gangguan pada tubuh
3	0,89	Tidak ada
5	1,3	Belum begitu terasa
10	2,1	Sistem syaraf sentral
20	3,7	Panca indera
40	6,9	Fungsi jantung
60	10,1	Sakit kepala
80	13,3	Sulit bernafas
100	16,5	Pingsan-Kematian

(Wisnu, 2004:120)

Gusti (2002:96) menjelaskan “Karbon monoksida (CO) sebagai gas yang cukup banyak terdapat di udara, dimana gas ini terbentuk adanya suatu pembakaran yang tidak sempurna”. Toyota Step 2 (1994:2-11) mengemukakan bahwa “Pada kenyataannya gas CO yang dikeluarkan oleh mesin kendaraan banyak dipengaruhi oleh perbandingan campuran dari jumlah suplay antara udara dengan bahan bakar yang dihisap oleh mesin”. Jalius, dkk (2008:5) menjelaskan “Gas karbon monoksida ini adalah racun, masuk ke dalam paru-paru

melalui pernafasan yang dapat mematikan manusia”. Dari penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa karbon monoksida terbentuk akibat campuran bahan bakar dan udara pada engine serta gas yang dapat menyerang organ tubuh manusia.

b. Hidrokarbon

Penyusun utama hidrokarbon adalah atom karbon dan atom hidrogen yang dapat terikat dengan secara ikatan lurus (ikatan rantai) atau secara ikatan cincin (ikatan tertutup). Hidrokarbon merupakan pencemar udara yang dapat berupa gas, cairan maupun padatan. Sifat fisik ini dipengaruhi oleh jumlah atom karbon. Pada suhu kamar, hidrokarbon suku rendah (jumlah atom karbon sedikit) akan berbentuk gas, hidrokarbon suku menengah (jumlah atom karbon sedang) akan berbentuk cairan dan hidrokarbon suku tinggi (jumlah atom karbon banyak) akan berbentuk padatan (Wisnu, 2004:51).

Penyebab utama yang dapat menimbulkan hidrokarbon (HC) adalah (Toyota Step 2):

- 1) Sekitar dinding-dinding ruang bakar yang bertemperatur rendah dimana temperature itu tidak mampu melakukan pembakaran.
- 2) *Missfire*
- 3) Adanya *over lap intake*

Menurut Srikandi (1992:115), sumber hidrokarbon terbesar ialah dari transportasi, sedangkan sumber lainnya dari pembakaran gas, minyak, arang dan kayu, proses-proses industri, pembuangan sampah,

kebakaran hutan dan lading. Bensin yang merupakan suatu campuran kompleks antara hidrokarbon-hidrokarbon sederhana dengan sejumlah bahan tambahan nonhidrokarbon, bersifat sangat volatile dan segera menguap dan terlepas di udara. Pelepasan hidrokarbon dari kendaraan bermotor juga disebabkan oleh emisi bahan bakar yang belum terbakar.

Gusti (2002:96) menjelaskan bahwa "Hidrokarbon (HC) merupakan gas yang tidak begitu merugikan manusia, akan tetapi merupakan penyebab terjadinya kabut campuran asap (smog). Pancaran hidrokarbon yang terdapat pada gas buang berbentuk gasoline yang tidak terbakar". Dapat disimpulkan dari pernyataan diatas bahwa gas hidrokarbon merupakan hasil dari pembakaran yang tidak sempurna. Menurut Richard dan Jeffrey (2004:41) emisi hidrokarbon (HC) yang tidak terbakar timbul dari beberapa sumber:

- 1) Kebocoran sirkuit, yang mana tidak terbakarnya campuran bahan bakar dan udara yang keluar melalui exhaust manifold pada periode akhir katup mulai menutup.
- 2) Lapisan oli yang masuk melalui celah – celah saat tekanan silinder naik dan keluar melalui celah – celah saat tekanan turun. Dimana waktu pembakaran temperatur gas menjadi terlalu rendah untuk oksidasi yang lengkap terjadi dalam waktu yang singkat.
- 3) Kesalahan pada pengapian yang terlalu lambat.
- 4) Campuran yang kurus

Bagus dan Subri (2005:90) menjelaskan bahwa bahan bakar yang terbakar dan keluar menjadi minyak mentah dinyatakan dalam HC atau normal heksana (C_6H_{14}). Persamaannya yaitu:



Unsur C dari persamaan di atas adalah sisa pembakaran yang ada pada dinding ruang bakar berupa arang. Emisi HC banyak bersumber dari ruang pembakaran atau silinder yaitu pergerakan piston saat melakukan 4 langkah kerja mesin. Dapat disimpulkan bahwa timbulnya arang berasal dari pembakaran yang tidak sempurna, akibat bahan bakar yang terbakar secara sendirinya sehingga menghasilkan karbon-karbon yang mengendap pada kepala silinder.

6. Konsumsi Bahan Bakar

Indikator untuk mengukur ekonomis atau tidaknya suatu kendaraan adalah dengan melihat banyaknya bahan bakar yang dikonsumsi saat beroperasi untuk menghasilkan tenaga. Kinerja kendaraan biasanya tidak akan mencapai hasil yang sama pada setiap kondisi operasi mesin.

Untuk mengukur banyaknya bahan bakar yang terpakai maka digunakan gelas ukur yang merupakan fluks volume dari bahan bakar dikali dengan massa jenis bahan bakar yang menghasilkan fluks massa atau dinyatakan dalam kg/jam. Fluks massa bahan bakar dapat ditulis dalam persamaan berikut ini:

$$\dot{m}_f = \frac{V}{t} \cdot \rho_{bb} \cdot \frac{3600}{1000} \text{kg/jam} \quad (\text{David J 1993: 266})$$

Dimana: \dot{m}_f = pemakaian bahan bakar $\left(\frac{kg}{jam}\right)$

ΔV = jumlah bahan bakar (cm^3)

ρ_{bb} = massa jenis bahan bakar ($0,7329 \text{ gr}/cm^3$)

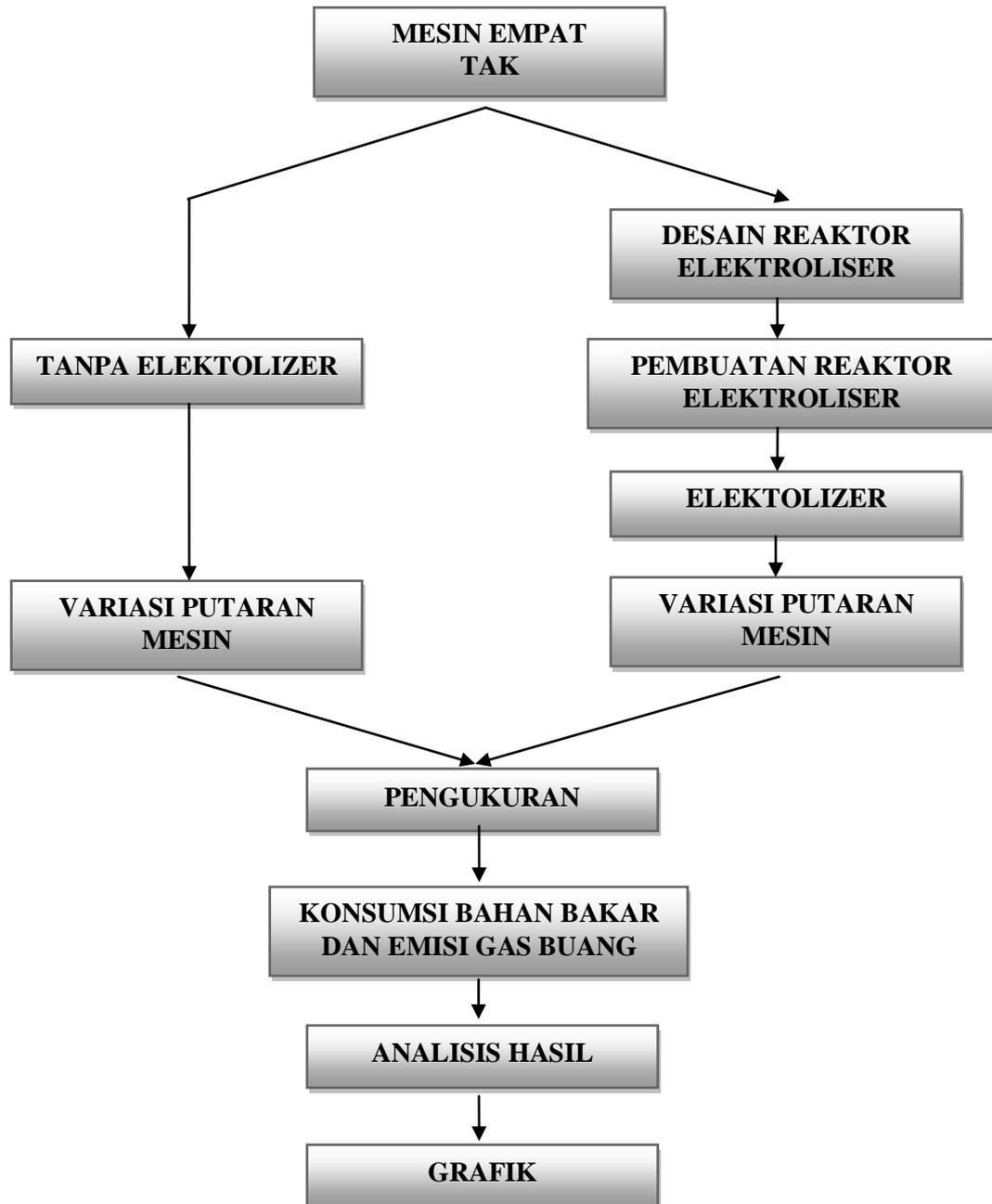
$\frac{3600}{1000}$ = bilangan konversi

B. Penelitian Yang Relevan

Terdapat beberapa penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penggunaan elektroliser air. Adapun penelitian yang relevan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Indrawan Fardiansah pada jurnalnya yang berjudul pengaruh penggunaan elektroliser kawat tembaga dan jenis busi terhadap emisi gas buang CO dan HC pada sepeda motor Honda Beat tahun 2010. Hasil penelitiannya adalah terdapat pengaruh yang signifikan pada penggunaan elektroliser kawat tembaga dan jenis busi terhadap emisi gas buang jika dibandingkan dengan keadaan standar.
2. Roziq Faizin pada jurnalnya yang berjudul pengaruh penggunaan elektroliser air dan pemanasan bahan bakar bensin melalui pipa kapiler bersirip transversal profil persegi di dalam *upper tank* radiator terhadap konsumsi bahan bakar pada mesin Toyota Kijang. Hasil penelitiannya adalah terjadi penurunan konsumsi bahan bakar sebesar 5,4% tiap siklusnya. Sedangkan pada penggunaan pemanasan bahan bakar terjadi penurunan 13% tiap siklusnya.

Kerangka Konseptual



C. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan uraian dan gambaran penelitian di atas, maka dapat dikemukakan beberapa pertanyaan penelitian:

1. Berapa besar pengaruh penambahan reaktor elektroliser terhadap konsumsi bahan bakar pada Toyota Kijang 5K?
2. Berapa besar pengaruh penambahan reaktor elektroliser terhadap emisi gas buang yang dihasilkan pada Toyota Kijang 5K?

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan pada penelitian yang telah dilaksanakan, dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu:

1. Konsumsi bahan bakar akan semakin bertambah seiring bertambahnya putaran mesin. Namun pada pemakaian reaktor elektroliser, konsumsi bahan bakar terjadi penurunan. Penurunan yang terjadi yaitu sebesar 25,47% pada putaran 800 rpm, 17,17% pada putaran 1500 rpm dan 12,69% pada putaran 2300 rpm.
2. Semakin tinggi putaran mesin, semakin rendah kandungan emisi gas buang CO dan HC yang dihasilkan oleh Toyota Kijang 5K. Namun terdapat penurunan saat pemakaian reaktor elektroliser ini. Untuk gas CO penurunannya sebesar 19,42% pada putaran 800 rpm, 17,01% pada putaran 1500 rpm dan 11% pada putaran 2300 rpm. Sedangkan untuk gas HC penurunannya sebesar 31,34% pada putaran 800 rpm, 20,24% pada putaran 1500 rpm dan 18,98% pada putaran 2300 rpm.

B. Saran

1. Untuk menghemat bahan bakar dan penurunan kadar emisi gas buang disarankan menggunakan reaktor elektroliser pada kendaraan.
2. Pada kendaraan yang belum dilengkapi teknologi injeksi dengan pengontrol elektronik, agar mencoba menggunakan reaktor elektroliser ini

sebagai upaya penghematan bahan bakar dan penurunan emisi gas buang.

3. Untuk penelitian selanjutnya bisa dilakukan pada variabel yang lebih luas lagi yaitu pada daya dan torsi yang dihasilkan. Dapat juga dicoba dengan menjalankan kendaraan sesuai dengan kondisi jalan yang ada.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas Sudijono. (2012). *Pengantar Statistik Pendidikan*. Jakarta: Rajawali Pers.
- Charles, W. Keenand. (1993). *Ilmu Kimia Untuk Universitas jilid I*. Jakarta: Erlangga
- College of the Desert. (2001). *Hydrogen Fuel Cell and Related Technologies*. USA
- I Gusti Bagus Wijaya Kusuma. (2002). *Alat Penurun Emisi Gas Buang Pada Motor, Mobil, Motor Tempel Dan Mesin Pembakaran Tak Bergerak*. Jurnal Makara, Teknologi. (Vol. 6, no.3). Halaman 95-101.
- Jalius Jama, dkk. (2008). *Teknik Sepeda Motor Jilid 1*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Jalius Jama, dkk. (2008). *Teknik Sepeda Motor Jilid 2*. Jakarta: Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan.
- Poempida Hidayatullah dan F. Mustari. (2008). *Rahasia Bahan Bakar Air*. Jakarta: Ufuk Press.
- Raymond Chang. (2004). *Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Edisi Ketiga Jilid 2*. Jakarta: Erlangga.
- Restu Indra Waskto (2012). *Analisis Penggunaan Gas Hidrogen Hasil Elektrolisis Air Pada Motor Bakar 4 Langkah Yang Diinjeksikan Setelah Karburator Dengan Variasi Lubang Mixer*. Jakarta: UI
- RM.Bagus Irwan & Muhammad Subri. (2005). *Unjuk Kemampuan Catalytic Converter Dengan Katalis Kuningan Untuk Mereduksi Gas Hidro Carbon Motor Bensin*. Jurnal Traksi. (Vol.3, No.2). Halaman 90.