

**PENGARUH VARIASI JUMLAH PLAT ELEKTRODA PADA
ELEKTROLIZER TERHADAP VOLUME DAN LAJU PRODUKSI
GAS HHO (HIDROGEN-HIDROGEN-OKSIGEN)**

SKRIPSI

*Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Program Studi Pendidikan
Teknik Otomotif Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang*



Oleh :

**Rian Arianto
1306499 / 2013**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF
JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2018**

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH VARIASI JUMLAH PLAT ELEKTRODA PADA
ELEKTROLIZER TERHADAP VOLUME DAN LAJU PRODUKSI
GAS HHO (HIDROGEN-HIDROGEN-OKSIGEN)

Oleh :
Nama : Rian Arianto
NIM/ BP : 1306499/ 2013
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif / S1
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, 20 Agustus 2018

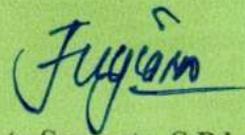
Disetujui Oleh :

Pembimbing I,



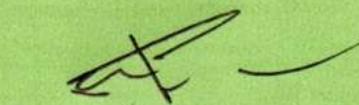
Drs. Martias, M.Pd
NIP. 19640801 199203 1 007

Pembimbing II,



Toto Sugiarto, S.Pd, M.Si
NIP. 19730213 199903 1 005

Diketahui Oleh :
Ketua Jurusan,



Drs. Martias, M.Pd
NIP. 19640801 199203 1 007

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

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

PENGARUH VARIASI JUMLAH PLAT ELEKTRODA PADA ELEKTROLIZER TERHADAP VOLUME DAN LAJU PRODUKSI GAS HHO (HIDROGEN-HIDROGEN-OKSIGEN)

Oleh :

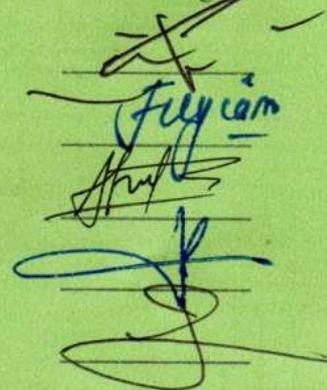
Nama : Rian Arianto
NIM/ BP : 1306499/ 2013
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif / S1
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, 20 Agustus 2018

Disahkan Oleh:
Tim Penguji

1. Ketua : Drs. Martias, M.Pd
2. Sekretaris : Toto Sugiarto, S.Pd, M.Si
3. Anggota : Dwi Sudarno Putra, S.T, M.T
Wagino, S.Pd, M.Pd.T
Drs. Andrizal, M.Pd

Tanda Tangan



SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : **Rian Arianto**
NIM/BP : 1306499/2013
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Jumlah Plat Elektroda Pada Elektrolizer Terhadap Volume dan Laju Produksi Gas HHO (Hidrogen-Hidrogen-Oksigen)”** Adalah 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 Universitas Negeri Padang maupun di masyarakat dan negara.

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

Padang, 13 Agustus 2018
Peneliti,



Rian Arianto
NIM. 1306499

ABSTRAK

Rian Arianto. 2018. “Pengaruh Variasi Jumlah Plat Elektroda Pada Elektrolizer Terhadap Laju Produksi Gas HHO (Hidrogen-Hidrogen-Oksigen)”. Padang: Skripsi Universitas Negeri Padang.

Energi menjadi sumber penggerak awal bagi berbagai kehidupan di bumi. Salah satunya yang membutuhkan energi ialah di bidang otomotif. Dimana di dunia otomotif ada energi yang dapat diperbarui. Energi yang dapat diperbarui itu salah satunya adalah gas hidrogen. Gas hidrogen merupakan bahan bakar berbentuk gas yang memiliki karakteristik tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak beracun. Gas hidrogen bisa diproduksi dengan beberapa cara, salah satunya yaitu elektrolisis air (H_2O). Dimana larutan elektrolit akan direaksi menggunakan arus listrik sehingga menghasilkan gas hidrogen (H_2) dan gas oksigen (O).

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah plat elektroda pada elektrolizer terhadap volume dan laju produksi gas HHO dengan menggunakan gelas ukur sebagai alat ukur volume produksi gas. Pengujian ini dilakukan 3 kali pengujian di setiap variasi plat. Kemudian dirata-ratakan dan dibandingkan untuk mengetahui pengaruh variasi plat elektroda pada elektrolizer terhadap volume dan laju produksi gas HHO.

Berdasarkan data hasil penelitian yang diperoleh, maka didapatkan hasil analisa bahwa pengaruh variasi jumlah plat elektroda pada elektrolizer terhadap volume gas HHO tertinggi terjadi pada variasi 14 plat elektroda dengan kenaikan sebesar 33% jika dibandingkan variasi 10 plat elektroda. Sedangkan untuk laju produksi gas tertinggi terjadi pada variasi 14 plat elektroda dengan kenaikan sebesar 36% jika dibandingkan dengan variasi 10 plat elektroda.

Kata Kunci: Gas Hidrogen, Elektrolisis Air, Variasi Plat Elektroda.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum Wr, Wb,

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur peneliti ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga peneliti dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Variasi Jumlah Plat Elektroda Pada Elektrolizer Terhadap Volume dan Laju Produksi Gas HHO (Hidrogen-Hidrogen-Oksigen)”**.

Penyusunan skripsi ini bertujuan untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif (S1) Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Shalawat dan salam peneliti sampaikan kepada Nabi Muhammad SAW, para sahabat dan orang-orang yang memperjuangkan risalah beliau sampai akhir zaman. Dalam penyusunan skripsi ini, peneliti banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan dukungan dari berbagai pihak, untuk itu peneliti ingin mengucapkan terima kasih dengan hati yang tulus dan ikhlas kepada:

1. Bapak Dr. Sukardi, M.T, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang,
2. Bapak Drs. Martias, M.Pd, selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang dan Dosen Pembimbing I,
3. Bapak Toto Sugiarto, S.Pd, M.Si, selaku Dosen Pembimbing II,
4. Bapak Wagino, S.Pd, M.Pd.T, selaku Dosen Pembimbing Akademik,
5. Bapak/Ibu Dosen Staf Pengajar dan Administrasi di Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang,

6. Teristimewa untuk kedua orang tua dan saudara-saudari yang selalu memberikan semangat, dorongan, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini,
7. Rekan-rekan seperjuangan Jurusan Teknik Otomotif yang telah memberikan saran, dukungan, dan semangat selama penyusunan skripsi ini.
8. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu namanya yang telah ikut memberikan saran, masukan, dukungan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Semoga bantuan yang telah diberikan dapat menjadi amalan yang baik dan mendapat imbalan dari Allah SWT. Aamiin.

Peneliti menyadari bahwa penulisan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, untuk itu segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat peneliti harapkan demi perbaikan penulisan ke depannya. Akhirnya peneliti berharap semoga skripsi ini dapat disetujui sebagai syarat menyelesaikan Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif (S1) Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang. Aamiin.

Wassalamu'alaikum Wr, Wb.

Padang, Agustus 2018

Peneliti

DAFTAR ISI

	Hal.
COVER SKRIPSI	i
HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI	ii
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI	iii
SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GRAFIK	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalah	3
D. Rumusan Masalah	3
E. Tujuan Penelitian	3
F. Asumsi Penelitian	4
G. Manfaat Penelitian	4
BAB II KAJIAN TEORITIS	5
A. Landasan Teori	5
1. Elektrolisis	5
2. Alat Ukur Pengujian Penelitian	28
3. Pengaruh Penambahan Jumlah Plat Elektroda Terhadap	

Volume dan Laju Produksi Gas HHO.....	28
B. Penelitian yang Relevan	29
C. Kerangka Konseptual	31
D. Pertanyaan Penelitian	31
BAB III METODE PENELITIAN	33
A. Desain Penelitian	33
B. Definisi Operasional	34
C. Variabel Penelitian	35
D. Objek Penelitian	36
E. Jenis dan Sumber Data	36
F. Waktu dan Tempat Penelitian	37
G. Instrumen Penelitian	37
H. Prosedur Penelitian	38
I. Teknik dan Alat Pengumpulan Data	39
J. Teknik Analisis Data	40
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	42
A. Hasil Penelitian	42
1. Hasil Pengukuran Volume dan Waktu Produksi Gas HHO	42
2. Rata-rata (mean) Volume Gas HHO	44
3. Hasil Perhitungan Volume Rata-rata di Semua Perlakuan	46
4. Grafik Rata-rata Volume Gas HHO	46
5. Massa Jenis Gas HHO Hasil Produksi	47
6. Laju Produksi Gas HHO	48
B. Analisa Data	52
1. Analisis Data Deskriptif Volume Gas HHO	52
2. Analisis Data Deskriptif Laju Produksi Gas HHO	53
C. Pembahasan	53
D. Keterbatasan Penelitian	54
BAB V PENUTUP	55

A. Kesimpulan	55
B. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	60

DAFTAR GAMBAR

	Hal.
Gambar 1. Elektrolisis Air	5
Gambar 2. Ikatan Kimia Air.....	13
Gambar 3. <i>Cell</i>	15
Gambar 4. 10 Elektroda	16
Gambar 5. 12 Elektroda	16
Gambar 6. 14 Elektroda	16
Gambar 7. Pelat Elektroda	17
Gambar 8. Gasket.....	17
Gambar 9. <i>Connector</i>	17
Gambar 10. Reservoir	18
Gambar 11. Diagram Kerja Elektrolizer	19
Gambar 12. Mengukur Volume Gas	21
Gambar 13. Ikatan Hidrogen.....	23
Gambar 14. Sifat Kemampuan Bakar Berbagai Jenis Bahan Bakar	26
Gambar 15. Kerangka Konseptual	30
Gambar 16. Elektrolizer	35

DAFTAR TABEL

	Hal.
Tabel 1. Kalor yang dihasilkan Bahan Bakar.....	1
Tabel 2. Kandungan Stainless Steel Tipe 304.....	10
Tabel 3. Nilai Tahanan Listrik Material Elektroda	10
Tabel 4. Laju Korosi Material Elektroda	11
Tabel 5. Sifat-sifat Air.....	14
Tabel 6. Karakteristik Kalium Hidroksida (KOH).....	15
Tabel 7. Sifat Kimia dan Fisika Hidrogen	26
Tabel 8. Nilai Oktan Berbagai Bahan Bakar.....	26
Tabel 9. Sifat Kimia dan Fisika Oksigen	28
Tabel 10. Pola Penelitian <i>The Posttest Only Control Design</i>	35
Tabel 11. Pengujian Kecepatan Produksi Gas Hidrogen	40
Tabel 12. Pengukuran Volume dan Waktu Produksi Gas HHO dengan Menggunakan 10 Plat Elektroda	43
Tabel 13. Pengukuran Volume dan Waktu Produksi Gas HHO dengan Menggunakan 12 Plat Elektroda	43
Tabel 14. Pengukuran Volume dan Waktu Produksi Gas HHO dengan Menggunakan 14 Plat Elektroda	44
Tabel 15. Data Rata-rata Volume Produksi Gas HHO Dengan 10 Plat Elektroda.....	45
Tabel 16. Data Rata-rata Volume Produksi Gas HHO Dengan 12 Plat Elektroda.....	45
Tabel 17. Data Rata-rata Volume Produksi Gas HHO Dengan 14 Plat Elektroda.....	46
Tabel 18. Hasil Perhitungan Volume Rata-rata Semua Perlakuan	46
Tabel 19. Massa Jenis Gas HHO Hasil Produksi.....	47
Tabel 20. Laju Produksi Gas HHO Dengan 10 Plat Elektroda.....	48
Tabel 21. Laju Produksi Gas HHO Dengan 12 Plat Elektroda.....	49
Tabel 22. Laju Produksi Gas HHO Dengan 14 Plat Elektroda.....	50

Tabel 23. Grafik Laju Produksi Gas HHO Semua Variasi Plat Elektroda.....	51
Tabel 24. Hasil Perhitungan Volume Rata-rata 10 Plat Elektroda dengan 12 Plat Elektroda	52
Tabel 25. Hasil Perhitungan Volume Rata-rata 10 Plat Elektroda dengan 14 Plat Elektroda	52
Tabel 26. Laju Produksi Gas HHO Dengan 10 Plat Elektroda.....	53
Tabel 27. Laju Produksi Gas HHO Dengan 12 Plat Elektroda.....	53
Tabel 28. Laju Produksi Gas HHO Dengan 10 Plat Elektroda.....	53
Tabel 29. Laju Produksi Gas HHO Dengan 14 Plat Elektroda.....	53

DAFTAR GRAFIK

	Hal.
Grafik 1. Volume Rata-rata Gas HHO.....	45
Grafik 2. Laju Produksi Gas HHO.....	49

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal.
Lampiran 1. Surat Izin Melakukan Penelitian.....	58
Lampiran 2. Data Hasil Penelitian	59
Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian.....	60
Lampiran 4. Dokumentasi Komponen Elektrolizer Tipe Kering.....	62
Lampiran 5. Dokumentasi Nota Pembelian Bahan Elektrolizer	63
Lampiran 6. Dokumentasi Persiapan Komponen Elektrolizer.....	64

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Energi menjadi sumber penggerak awal bagi berbagai kehidupan di bumi. Salah satunya yang membutuhkan energi ialah di bidang otomotif. Dimana di dunia otomotif ada energi yang dapat diperbarui.

Energi yang dapat diperbarui itu salah satunya adalah gas hidrogen. Gas hidrogen merupakan bahan bakar berbentuk gas yang memiliki karakteristik tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berbau. Pada tabel 1, nilai oktan hidrogen memiliki nilai lebih tinggi dari bahan bakar lainnya, serta nilai kalor lebih tinggi dari bahan bakar lainnya. Berdasarkan karakteristiknya hidrogen termasuk bahan bakar yang sangat baik.

Tabel 1. Kalor yang dihasilkan Bahan Bakar

Bahan Bakar	Kalor yang dihasilkan (kJ/gram)	Bilangan Oktan
Hidrogen	141.86	130
Metana	55.53	125
Propana	50.36	105
Oktana	48	100
Bensin	47.5	87
Diesel	44.8	30
Metanol	19.96	

Sumber: (<https://www.scribd.com>)

Gas hidrogen bisa diproduksi dengan beberapa cara, salah satunya yaitu elektrolisis air (H_2O). Dimana larutan elektrolit akan direaksi menggunakan arus listrik sehingga menghasilkan gas hidrogen (H_2) dan gas oksigen (O). Hasil produksi elektrolisis air inilah yang bisa dijadikan bahan bakar utama ataupun pendamping.

Telah dilakukan beberapa penelitian tentang gas hidrogen di Universitas Negeri Padang seperti Fathani (2016 : i) , yang membahas tentang pengaruh penggunaan elektroliser terhadap konsumsi bahan bakar dan ketebalan asap pada motor diesel daihatsu taft hiline, dimana hasil penelitiannya menunjukkan adanya penurunan konsumsi bahan bakar pada putaran 650 RPM sebesar 14,70%, pada putaran 2100 sebesar 34,89%, dan pada putaran 3100 sebesar 30,69%, sedangkan pada ketebalan asap terjadi penurunan rata-rata sebesar 44,98%. Selain itu, ada peneliti lain yaitu Putra (2014 : i), yang membahas tentang pengaruh penambahan gas hasil elektrolisa air terhadap emisi gas buang sepeda motor Honda Vario Techno, dimana hasil penelitiannya menunjukkan adanya penurunan persentase emisi gas karbon monoksida (CO) sebesar 13,04% dan 19,44% pada gas hidrokarbon (HC).

Rovi (2016 : i) juga melakukan penelitian yang membahas penambahan gas *Hydroxy* hasil elektrolisa air menggunakan *electrolyzer* dengan katalis NaHCO_3 serta produksi gas *Hydroxy* 75 ml/menit mampu meningkatkan torsi sebesar 2,23 N.m (21, 03%) dan daya maksimum meningkat sebesar 1,87 HP (28,3%). Khairat (2013 :), juga melakukan penelitian tentang pengaruh penggunaan gas elektrolisa air terhadap konsumsi bahan bakar motor diesel, dimana dari hasil penelitian yang dilakukan diperoleh t_{hitung} lebih besar dari pada t_{tabel} . Hipotesis yang digunakan adalah terdapat pengaruh penggunaan gas elektrolisa air terhadap konsumsi bahan bakar motor diesel, diterima pada taraf signifikan 5%.

Dari beberapa penelitian di atas, dari alat produksi hidrogennya belum dilakukan variasi jumlah elektroda yang digunakan, sehingga belum diketahui seberapa besar pengaruhnya terhadap laju produksi gas HHO. Berdasarkan penjelasan di atas, maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian yang berjudul “Pengaruh Variasi Jumlah Plat Elektroda pada Elektrolizer Terhadap Volume dan Laju Produksi Gas HHO (Hidrogen-Hidrogen-Oksigen)”.

B. Identifikasi Masalah

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

1. belum diketahui seberapa besar pengaruh variasi plat elektroda pada elektrolizer terhadap volume gas HHO yang dihasilkan.
2. Belum diketahui seberapa besar pengaruh penambahan jumlah plat elektrolizer terhadap laju produksi gas HHO.

C. Batasan Masalah

Dalam penelitian ini penulis perlu membatasi pembahasan masalah supaya lebih terarah. Dalam hal ini penulis hanya meneliti mengenai “Pengaruh Variasi Jumlah Plat Elektroda pada Elektrolizer Terhadap Volume dan Laju Produksi Gas HHO (Hidrogen-Hidrogen-Oksigen)”.

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana pengaruh variasi jumlah plat elektroda pada elektrolizer terhadap volume dan laju produksi gas HHO (Hidrogen-Hidrogen-Oksigen)?

E. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui pengaruh variasi jumlah plat elektroda pada elektrolizer terhadap volume dan laju produksi gas HHO (Hidrogen-Hidrogen-Oksigen).

F. Asumsi Penelitian

Agar tujuan penelitian ini dapat tercapai sesuai harapan maka peneliti mengasumsikan beberapa keadaan pada penelitian ini, yaitu:

1. Elektrolizer yang digunakan sebagai objek penelitian berada pada kondisi sama baiknya pada setiap perlakuan penelitian.
2. *Power Supply* yang digunakan sama setiap perlakuan penelitian.
3. Larutan elektrolit yang digunakan sama setiap perlakuan penelitian.
4. Gasket yang digunakan sama setiap perlakuan penelitian.
5. Alat ukur yang digunakan sama setiap perlakuan penelitian.

G. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Membantu memberikan informasi ke masyarakat tentang pengaruh variasi jumlah plat elektroda pada elektrolizer terhadap volume dan laju produksi gas HHO (Hidrogen-Hidrogen-Oksigen).

2. Bagi penulis sebagai pengujian teori dan syarat untuk menyelesaikan program studi strata satu pada Jurusan Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang.
3. Bagi perguruan tinggi sebagai wacana dan referensi untuk penelitian lebih lanjut.

BAB II

KAJIAN TEORITIS

A. Landasan Teori

1. Elektrolisis

Syukri (1999: 548) mengatakan bahwa “elektrolisis berasal dari kata elektro (listrik) dan lisis (penguraian), yang berarti penguraian senyawa oleh arus listrik, dan alatnya disebut sel elektrolisis. Dengan kata lain, sel elektrolisis ini memerlukan energi listrik untuk memompa elektron, dan prosesnya kebalikan dari proses sel Galvani....”. Sedangkan elektrolisis pada air adalah (Barca, 2012 : 28), “proses pemecahan air (H_2O) menjadi oksigen (O_2) dan gas hidrogen (H_2) dengan cara melewatkan arus listrik pada air.

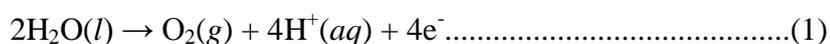


Gambar 1. Elektrolisis Air
(Sumber: <https://chem.libretexts.org>)

Dalam prosesnya arus listrik dihubungkan dengan dua pelat elektroda yaitu anoda (elektroda positif) dan katoda (elektroda negatif). Dimana pelat anoda akan menghasilkan gas hidrogen dan pelat katoda akan menghasilkan oksigen. Pembentukan hidrogen dua kali lebih banyak dari oksigen, dan sesuai dengan jumlah arus listrik yang dialirkan.

a. Reaksi dalam Elektrolisis

Dalam proses elektrolisis terjadi dua reaksi secara bersamaan yaitu oksidasi dan reduksi. Adapun oksidasi adalah reaksi pelepasan elektron, dimana “melepaskan elektron” berarti memberikan elektron kepada atom lain. Sedangkan reduksi adalah reaksi penerimaan atau penangkapan elektron, dimana “menangkap elektron” berarti menerima elektron dari atom lain. Jadi peristiwa oksidasi suatu atom selalu disertai oleh peristiwa reduksi atom yang lain (Barca, 2012 : 29). Seperti proses elektrolisis yang terjadi pada air, kita lihat reaksi oksidasi:



Reaksi ini harus mempunyai pasangan berupa reaksi reduksi agar jelas kepada siapa elektron itu diberikan, reduksinya yaitu:



Dengan demikian, kedua reaksi di atas masing-masing baru merupakan setengah reaksi, sedangkan reaksi lengkapnya adalah:



Reaksi lengkap ini disebut reaksi redoks (reduksi-oksidasi) sebab mengandung dua peristiwa sekaligus : H_2O teroksidasi menjadi O_2 dan 4H^+ tereduksi menjadi 2H_2 . Zat yang mengalami oksidasi (melepaskan elektron) disebut reduktor (pereduksi), sebab ia menyebabkan zat lain mengalami reduksi, sebaliknya zat yang mengalami reduksi disebut oksidator (pengoksidasi). Pada contoh di atas : H_2O merupakan reduktor, sedangkan 4H^+ merupakan oksidator.

b. Faktor Yang Mempengaruhi Elektrolisis

Faktor yang mempengaruhi elektrolisis air diantaranya yaitu katalis (Ardiansyah, 2010: 12-13), luas penampang (Juniansyah, 2015 : 12), elektroda (Juniansyah, 2015 : 18), kuat arus (Barca, 2012 : 36), jarak elektroda (Siregar, 2014: 31), dan larutan elektrolit (Keenan, 1984 : 372).

1) Katalis

a) Pengertian Katalis

Dalam proses elektrolisis dibutuhkan suatu zat yang mampu menunjang cepatnya suatu reaksi kimia yang terjadi, yang biasa disebut katalis. Menurut Ardiansyah (2010: 12), “katalis adalah zat yang ditambahkan ke dalam suatu reaksi untuk mempercepat laju reaksi. Katalis ikut terlibat dalam reaksi tetapi tidak mengalami perubahan kimiawi yang permanen, dengan kata lain pada akhir reaksi katalis akan dijumpai kembali dalam bentuk dan jumlah yang sama seperti sebelum reaksi”. Pulkrabek (2004: 293) mengemukakan bahwa :

“A catalyst is a substance that accelerates a chemical reaction by lowering the energi needed for it to proceed. The catalyst is not consumed in the reaction and so functions indefinitely unless degraded by heat, age, contaminants, or other factors”.

Artinya “katalis adalah zat yang mempercepat suatu reaksi kimia dengan cara menurunkan energi yang dibutuhkan agar bisa berlanjut. Katalis tidak dikonsumsi dalam reaksi sehingga

fungsinya tidak terbatas kecuali, jika terdegradasi oleh panas, usia, kontaminan, atau faktor lainnya.

Dari beberapa kutipan di atas dapat disimpulkan bahwa katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju suatu reaksi sehingga mengurangi waktu dan energi yang digunakan, dimana tidak merusak suatu reaksi dan tidak berkurang oleh reaksi yang telah terjadi.

b) Jenis-jenis Katalis

Menurut Utomo dan Laksono (2007: 111), “interaksi katalis dengan reaktan dapat terjadi secara homogeny (mempunyai fasa yang sama) maupun heterogen (mempunyai fasa yang sama)”. Prianto (2008: 51) mengatakan bahwa “reaksi heterogen adalah reaksi yang berlangsung dalam suatu sistem yang heterogen, yaitu sistem yang di dalamnya terdapat dua atau lebih fasa”.

Menurut Ardiansyah (2010: 13), “Berdasarkan fasa katalis dan reaktan, katalis dapat dibedakan ke dalam dua golongan utama yaitu katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen adalah katalis yang fasenya sama dengan fase reaktan. Sedangkan katalis heterogen adalah katalis yang fasenya berbeda dengan fase reaktan”.

Berdasarkan dari pendapat di atas, katalis terdiri dari dua jenis yaitu katalis homogen, dimana memiliki fase yang sama dengan reaktan, dan katalis heterogen, dimana memiliki fase yang

berbeda dengan reaktan atau lebih dari satu fase. Dalam penelitian ini untuk pembuatan alat elektrolisis hidrogen digunakan katalis homogen, dimana air murni di campur dengan kalium hidroksida (KOH) yang larut menjadi satu fasa.

2) Luas Penampang

Semakin luas penampang maka semakin banyak pula elektrolit yang digunakan, sehingga mempermudah suatu elektrolit untuk mentransfer elektronnya. Sebaliknya, bila luas penampang sedikit maka semakin sulit elektrolit untuk melepaskan elektron, maka transfer elektron bekerja lambat dalam mengelektrolisis elektrolit (Juniansyah, 2015 : 12). Semakin luas permukaan yang tercelup maka semakin mudah suatu elektrolit untuk mentransfer elektronnya, sehingga terjadi hubungan sebanding jika luasan yang tercelup sedikit maka semakin sulit elektrolit untuk melepaskan elektron (Wardi, 2016: 5).

3) Elektroda

Elektroda adalah suatu sistem dua fase yang terdiri dari sebuah penghantar elektrolit (misalnya logam) dan sebuah penghantar ionik (larutan) (Rivai, 1995). Elektroda positif (+) disebut anoda sedangkan elektroda negatif (-) adalah katoda (Svehla, 1985).

Menurut Juniansyah (2015 : 18), “baja tahan karat atau *Stainless Steel* adalah senyawa besi yang mengandung setidaknya 10,5% kromium untuk mencegah proses korosi (pengkaratan logam).

Austenitic Stainless Steel mengandung sedikitnya 16% Chrom dan 6% Nickel". Kandungan kromium tersebut berfungsi untuk mencegah terjadinya korosi pada plat tersebut. Pada penelitian ini *Stainless Steel* yang dipakai dibuat dalam bentuk lempengan supaya luas permukaan pelat yang digunakan untuk menghantarkan listrik semakin besar sehingga suplai arus listrik dapat bekerja dengan baik.

Stainless Steel tipe 304 adalah salah satu jenis variasi dari grade 18-8. Beberapa ketebalan tersedia untuk tipe 304, mulai dari ketebalan 0,025 mm hingga 6,35 mm dan lebar hingga 1.219 mm.

Tabel 2. Kandungan Stainless Steel Tipe 304

	Tipe 304 (%)
Karbon (c)	0,08 maks.
Mangan (mn)	2,00 maks.
Fosfor (p)	0,045 maks.
Sulfur (s)	0,030 maks.
Silikon (Si)	0,75 maks.
Kromium (Cr)	18,00 – 20,00
Nikel (Ni)	8,00 – 12,00
Nitrogen (N)	0,10 maks.
Iron (Fe)	Seimbang

(Sumber: <https://rajapipastainless.wordpress.com>)

Tabel 3. Nilai Tahanan Listrik Material Elektroda

Nama Material	Konduktifitas Termal (cal.cm) pada 20°C	Tahanan Listrik Jenis (Ohm.cm) pada 20°C	Modulus Elastisitas (psi) pada 20°C
Copper	0.95	1.7×10^{-6}	16×10^6
Alumunium	0.53	2.9×10^{-6}	10×10^6
Kuningan	0.3	6.2×10^{-6}	16×10^6
Stainless Steel	0.035	70×10^{-6}	30×10^6

(Sumber: Afif, 2017 : 166)

Tabel 4. Laju Korosi Material Elektroda

Larutan	Maksimum Temp °C			
	<i>Copper</i>	Alumunium	<i>Stainless steel</i>	<i>Brass</i>
Sodium Hidroksida 10%	99	X	99	99
Sodium Hidroksida 50%	X	X	99	X

(Sumber: Afif, 2017 : 166)

Pada tabel xx menjelaskan suhu maksimum variasi material elektroda terkorosi dengan laju dibawah 20mpy. Tanda x menunjukkan variasi material elektroda tidak mampu menahan korosi NaOH.

Besarnya hambatan listrik pada masing-masing elektroda dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$R = \rho \frac{l}{A} \dots\dots\dots(\text{Afif, 2017 : 170})$$

Dimana:

- R: Besarnya hambatan listrik (Ohm)
- ρ : Tahanan jenis material elektroda (Ω .mm)
- l : Tebal material elektroda (mm)
- A: Luas permukaan elektroda

4) Kuat Arus

Hukum Faraday tentang elektrolisis air menjelaskan bahwa massa zat yang terbentuk pada masing-masing elektroda sebanding dengan kuat arus/arus listrik yang mengalir pada elektrolisis tersebut (Barca, 2012 : 36). Adapun rumusnya yaitu:

$$m = e \cdot i \cdot t / F \dots\dots\dots (4)$$

$$q = i \cdot t \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

F : 96.500

m: massa zat yang dihasilkan (gram)

e : berat ekuivalen = $A_r/\text{Valensi} = M_r/\text{Valensi}$

i : kuat arus listrik (ampere)

t : waktu (detik)

q : muatan listrik (coulomb)

5) Jarak Elektroda

Menurut Siregar (2014: 31), mengatakan bahwa “gasket atau bahasa awamnya “paking” merupakan bagian penting dalam konstruksi *dry cell*, tanpa ada gasket proses elektrolisis tidak akan terjadi dan akan terjadinya korsleting pada elektroda”. Gasket merupakan suatu benda yang berfungsi sebagai isolator serta sebagai penyekat dan mengatur jarak antara elektroda untuk melakukan proses elektrolisis. Pengaruh gasket terhadap mesin *dry cell* berdampak pada ketahanan mesin untuk melakukan proses elektrolisis. Semakin tinggi gasket yang digunakan maka suhu untuk melakukan elektrolisis semakin menurun, namun berbanding terbalik dengan laju produksi dari hidrogen yang dielektrolisis, begitu juga sebaliknya.

6) Larutan Elektrolit

Keenan (1984 : 372) mengatakan bahwa, “suatu larutan adalah campuran homogen dari molekul, atom ataupun ion dari dua zat atau lebih. Suatu larutan disebut suatu campuran karena susunannya yang dapat berubah-ubah”. Selanjutnya Keenan (1984 : 390) juga mengatakan bahwa, “jika senyawaan lelehan atau larutannya itu menghantar arus listrik, maka senyawa tersebut disebut

elektrolit; jika tidak, senyawa itu adalah bukan-elektrolit". Dalam penelitian ini yang digunakan sebagai larutan elektrolit adalah campuran air (H_2O) dan kalium hidroksida (KOH) yang termasuk ke jenis basa yang tergolong elektrolit kuat. Elektrolit kuat yaitu zat-zat yang berada dalam larutan seluruhnya atau hampir seluruhnya dalam bentuk ion (Keenan, 1984 : 395).

Siregar (2014: 44), mengatakan bahwa "KOH yang direaksikan dengan air akan membentuk larutan KOH". Besarnya konsentrasi larutan KOH dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\% \text{Konsentrasi larutan} = \text{massa(g) KOH} \times 100 / \text{volume(ml) air} \dots$$

(6)(Siregar, 2014: 44)

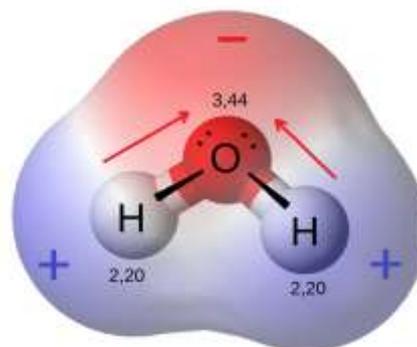
a) Air

Menurut Waskito (2012 : 32-33), "Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O . Satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 273,15 K (0 °C)". Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak molekul organik.

Tabel 5. Sifat-sifat Air

Sifat-sifat Air	
Nama lain	<i>Aqua, dihidrogen monoksida, hidrogen hidroksida</i>
Rumus molekul	H ₂ O
Masa molar	18.0153 g/mol
Densitas dan fase	0.998 g/cm ³ (cairan pada 20 °C), 0.92 g/cm ³ (padatan)
Titik beku	0 °C (273.15 K) (32 °F)
Titik didih	100 °C (373.15 K) (212 °F)
Kalor jenis	4184 J/(kg.K) (cairan pada 20 °C)

(Sumber: Barca, 2012 : 30)



Gambar 2. Ikatan Kimia Air
(Sumber: <https://en.wikipedia.org>)

Alasan mengapa hidrogen berikatan dengan oksigen membentuk fasa cair, adalah karena oksigen lebih bersifat elektronegatif ketimbang elemen-elemen lain tersebut (kecuali fluor). Tarikan atom oksigen pada elektron ikatan jauh lebih kuat daripada yang dilakukan oleh atom hidrogen, dan jumlah muatan negatif pada atom oksigen. Adanya muatan pada tiap-tiap atom tersebut membuat molekul air memiliki sejumlah momen dipol. Gaya tarik-menarik listrik antar molekul-molekul air akibat adanya dipol ini membuat masing-masing molekul saling berdekatan,

membuatnya sulit untuk dipisahkan dan pada akhirnya menaikkan titik didih air. Gaya tarik-menarik ini disebut ikatan hidrogen.

Air sering disebut sebagai pelarut *universal* karena air melarutkan banyak zat kimia. Air berada dalam kesetimbangan dinamis antara fase cair dan padat dibawah tekanan dan temperatur standar. Dalam bentuk ion, air dapat dideskripsikan sebagai sebuah ion hidrogen (H^+) yang berasosiasi (berikatan) dengan sebuah ion hidroksida (OH^-).

b) Kalium Hidroksida (KOH)

Keenan (1984 : 362) mengatakan bahwa, “banyak oksida logam bereaksi dengan air dan membentuk hidroksida yang bersifat senyawa ion, yang dikenal sebagai basa”. Contoh basa ialah KOH di mana zat yang larutannya pahit, membirukan lakmus merah, dan menetralkan asam.

Tabel 6. Karakteristik Kalium Hidroksida (KOH)

No.	Karakteristik	Satuan	Nilai
1.	Berat Molekul	Gr/mol	56,1
2.	Titik Lebur	$^{\circ}C$	360
3.	Titik Didih	$^{\circ}C$	1320
4.	Densitas	Gr/cm^3	2,04
5.	Sangat Korosi		

(Sumber: Siregar, 2014 : 26)

c. Elektrolizer

Saragih (2015 : 20) mengatakan bahwa “generator HHO adalah alat pembangkit bahan bakar air yang merupakan salah satu alternatif penghemat Bahan Bakar Minyak (BBM) yang berfungsi mengurai air (H_2O) menjadi atom hidrogen dan atom oksigen yang kemudian terkenal

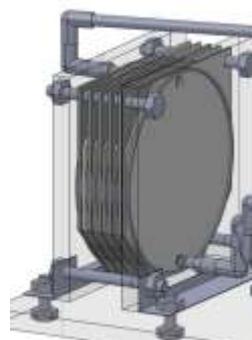
dengan nama gas HHO (*Hydrogen Hydrogen Oksygen*) atau *Oxy-Hydrogen*". Gas HHO yang dihasilkan dapat digunakan sebagai peningkat nilai oktan bahan bakar bensin pada sepeda motor. Gas HHO mampu meningkatkan efisiensi pembakaran tanpa mengurangi unjuk kerja mesin sepeda motor.

Menurut Saragih (2015 : 20), "generator HHO ini terdiri dari dua *type*, yaitu *type Wet Cell* dan *type Dry Cell*". Dimana *type wet cell* lempengan anoda (+) dan katoda (-) di rendam seluruhnya ke dalam air, sehingga *cell* kapasitas satu liter semua air masuk dalam tabung elektrolisis menyebabkan sel HHO terakumulasi selamanya, sehingga sel semakin lama semakin panas. Berbeda dengan *type Dry Cell*, air yang dielektrolisis hanya seperlunya saja, yaitu hanya air yang terjebak diantara lempengan *cell* dan panas yang ditimbulkan relatif kecil, karena selalu terjadi sirkulasi antara air panas dan air dingin di reservoir.

1) Komponen-komponen Elektrolizer

Adapun komponen dasar elektrolizer terdiri dari *Cell*, *Reservoir*.

a) *Cell*

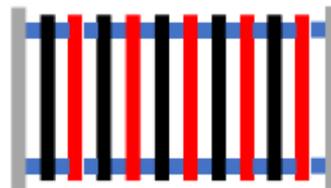


Gambar 3. *Cell*

Cell berfungsi sebagai tempat terjadinya elektrolisa pemisahan molekul H_2O hingga menjadi gas HHO. *Cell* ini memiliki beberapa bagian-bagian yang ikut berperan menghasilkan Gas HHO diantaranya plat elektroda, gasket, *cover*, *connector*.

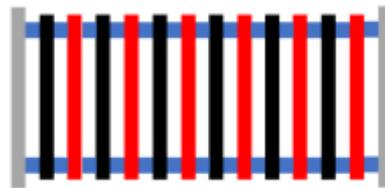
Susunan elektroda yang digunakan yaitu paralel. Adapun susunannya seperti berikut:

- 10 elektroda (5 anoda + dan 5 katoda -)



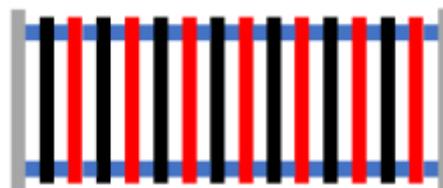
Gambar 4. 10 Elektroda

- 12 elektroda (6 anoda + dan 6 katoda -)



Gambar 5. 12 Elektroda

- 14 elektroda (7 anoda + dan 7 katoda -)

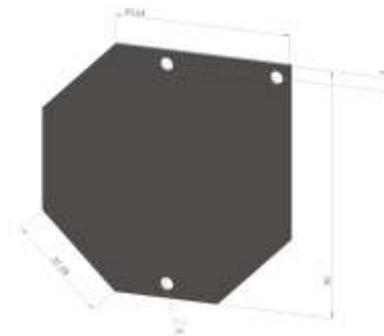


Gambar 6. 14 Elektroda

Keterangan:

-  : Plat akrilik
-  : Karet gasket
-  : Plat katoda -
-  : Plat anoda +

1).Plat Elektroda

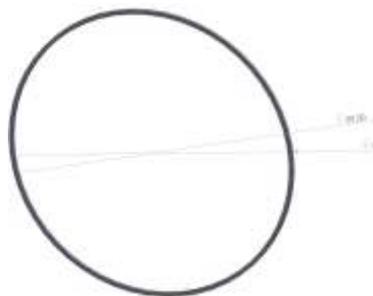


Gambar 7. Pelat Elektroda

Plat elektroda berfungsi sebagai penghantar arus listrik ke air elektrolit dan tempat berlangsungnya elektrolisis. Plat elektroda terdiri dari plat anoda dan plat katoda.

2).Gasket

Gasket berfungsi sebagai pembatas antara plat dan sebagai pencegah kebocoran. Syarat utama untuk gasket ini harus mampu menutup rapat antar celah sehingga tidak adanya kebocoran antara plat.



Gambar 8. Gasket

3).Connector/Nepel

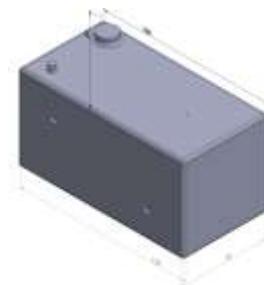


Gambar 9. Connector

Connector terdiri dari dua saluran tempat masuknya air elektrolit dan keluarnya gas HHO. Penempatan *Connector* terletak satu di bagian atas tempat masuknya air elektrolit, satu lagi terletak di bagian bawah tempat keluarnya gas HHO.

b) *Reservoir*

Reservoir berfungsi untuk penampung dan penyuplai air elektrolit ke elektrolizer. Posisi reservoir harus lebih tinggi dari generator untuk turunnya air ke *cell* elektrolizer. Pada reservoir ada tiga selang, satu selang bagian bawah tempat mengalirnya air elektrolit menuju elektrolizer, satu selang terletak di bagian atas samping tabung reservoir tempat mengalirnya gas HHO dari elektrolizer, dan satu selang tempat diteruskannya aliran gas HHO ke reservoir kembali. Selain untuk penampung dan penyuplai air elektrolit, reservoir juga berfungsi sebagai penyaring gas HHO dari uap air yang berlebih. Gas HHO yang disalurkan ke membawa uap air yang tidak baik untuk mesin. Melalui reservoir ini diharapkan air elektrolit yang berada di reservoir mampu untuk memurnikan gas HHO dari uap air. Dari reservoir inilah gas akan di masukan keruang bakar melalui *intake manifold*.



Gambar 10. Reservoir

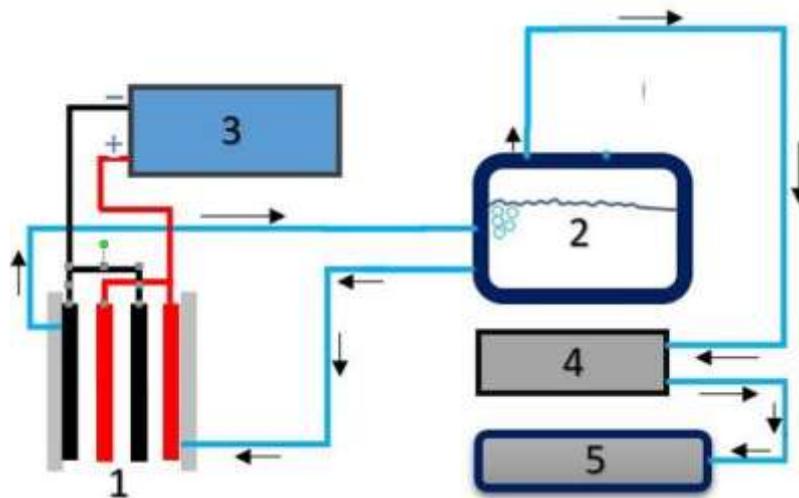
c) *Flashback Arrestor*

Menurut Wardi (2016: 19):

“*Flashback arrestor* adalah alat pengaman gas yang paling umum digunakan dalam pengelasan dengan gas *oxy-fuel* dan memotong/menghentikan jalur api atau mencegah aliran balik gas yang masuk kembali ke dalam tabung gas sehingga mencegah pengguna dan peralatan dari kerusakan atau ledakan”.

Flashback arrestor berfungsi untuk menghambat api untuk kembali masuk ke dalam silinder. Hal ini berperan penting untuk mengurangi potensi peledakan pada tabung gas silinder.

2) Cara Kerja Reaktor HHO



Gambar 11. Diagram Kerja Elektrolizer

Keterangan:

- 1 : Cell
- 2 : Reservoir
- 3 : Baterai
- 4 : *Intake Manifold*
- 5 : Ruang Bakar

Reservoir yang berisi air elektrolit akan mengisi penuh ruang *cell* elektrolizer, lalu dialiri arus listrik 5A dari baterai yang mereaksi

air elektrolit menjadi gas hidrogen dan gas oksigen. Kemudian, gas akan mengalir keluar menuju reservoir kembali, didalam air elektrolit uap air yang dibawa gas akan diserap. Lalu gas akan dihisap dan bercampur dengan bahan bakar bensin di *intake manifold* menuju ruang bakar.

3) Menghitung Energi Digunakan

Energi yang digunakan oleh elektrolizer dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

4) Menghitung Laju Produksi Gas

Menurut Siregar (2014: 56), mengatakan bahwa “pada proses elektrolisis diperoleh waktu untuk memproduksi gas hidrogen dan pada prosesnya terdapat laju aliran produksi gas hidrogen”. Laju aliran produksi dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan:

$$\dot{m} = \frac{Q}{\rho} \dots\dots\dots(7)(\text{Siregar, 2014: 56})$$

Dimana:

\dot{m} : Laju produksi gas (kg/s)
 Q : Debit produksi gas (m³/s)
 ρ : Massa jenis gas (kg/m³)

Dengan, $Q = \frac{V}{t} \dots\dots\dots(8)(\text{Siregar, 2014: 56})$

V : Volume gas terukur (m³)
 t : waktu produksi (detik)

Dimana volume gas hasil elektrolisis yang telah diketahui kemudian diuraikan dan diperoleh volume gas hidrogen dan oksigen dengan persamaan kimia $2\text{KOH} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{K}_2 + 3\text{H}_2 + 2\text{O}_2$. Dalam

100 ml terdapat 60 ml gas hidrogen dan 40 ml gas oksigen (Siregar, 2014: 45).

5) Mengukur Volume Gas dengan Gelas Ukur.

Volume gas dapat diukur berdasarkan perpindahan zat cair dalam gelas ukur. Cara mengukur volume gas dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:



Gambar 12. Mengukur Volume Gas
(Sumber: Abdullah, 2007: 52)

- Isi gelas kimia dengan air (tidak sampai penuh).
- Isi gelas ukur dengan air hingga penuh.
- Celupkan gelas ukur secara terbalik ke dalam gelas kimia.
- Masukkan ujung selang yang ukurannya agak kecil ke dalam mulut gelas ukur.
- Alirkan udara lewat ujung selang yang berada diluar. Air yang berada di dalam gelas ukur akan terdesak ke bawah. Volume ruang yang kelihatan kosong dalam gelas ukur merupakan volume udara yang dialirkan (Abdullah, 2007: 52).

$$\text{Laju alir pompa} = \frac{\text{Volume Udara (Liter)}}{\text{Waktu (Menit)}} \dots (9) \text{ (Lestari, 2010 : 76)}$$

d. Hukum Fisika Dan Kimia

1) Hukum Kekekalan Energi

Energi tidak dapat diciptakan dan juga tidak dapat dimusnahkan. Perubahan bentuk suatu energi dari bentuk yang satu ke bentuk yang lain tidak mengubah jumlah atau besar energi secara keseluruhan. Rumus atau persamaan mekaniknya yaitu:

$$E_m = E_p + E_k \dots \dots \dots (10)$$

Ket:

E_m : Energi mekanik
 E_p : Energi potensial
 E_k : Energi kinetik

2) Hukum Kekekalan Massa (Hukum Lavoisier)

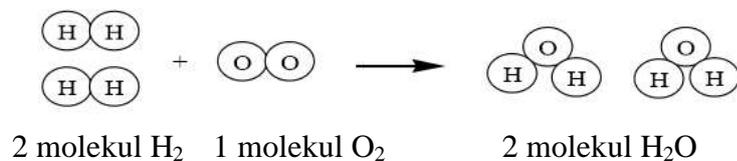
Massa zat-zat sebelum dan sesudah reaksi adalah tetap.

Misalnya: hidrogen + oksigen \rightarrow hidrogen oksida

(4g) (32g) (36g)

3) Persamaan Gas Ideal (Hukum Avogadro)

Pada suhu dan tekanan yang sama, gas-gas yang volumenya sama mengandung jumlah partikel yang sama pula. Misalnya, pada pembentukan molekul H_2O :



e. Hidrogen

1) Pengertian Hidrogen

Menurut Tarigan (2014 : 28), Hidrogen (bahasa Latin: *hydrogenium*, dari bahasa Yunani: *hydro*: air, *genes*: membentuk) 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.



Gambar 13. Ikatan Hidrogen
(Sumber: <http://www.theplanteater.com>)

Syukri (1999: 570) mengatakan hidrogen ”merupakan unsur yang atomnya paling kecil dan ringan. Unsur ini paling banyak di alam semesta, yaitu sekitar 93%.... Air mengandung 11% massa hidrogen karena molekulnya mengandung dua atom hidrogen dan satu oksigen.”

Petrucci (1985 :99) mengatakan “hidrogen, yaitu unsur paling sederhana, menjadi pusat pengembangan teori tentang struktur bahan.

Dari beberapa kutipan di atas disimpulkan bahwa, hidrogen adalah unsur yang membentuk air, paling sederhana, kecil, ringan, dan pertama dengan nomor atom 1. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bervalensi tunggal, dan sangat mudah terbakar. Dengan massa atom 1,00794 amu, dalam air

terkandung 11% massa hidrogen. Unsur yang paling berlimpah di alam semesta sekitar 93%.

2) Karakteristik Hidrogen

Menurut Tarigan (2014 : 30), “hidrogen memiliki berat molekul 2,01594 g. Dalam bentuk gas, hidrogen memiliki kerapatan 0,071 g/l pada 0°C dan 1 atm. Kepadatan relatif hidrogen dibandingkan udara adalah 0,0695. Unsur ini bereaksi dengan oksida dan klorida untuk menghasilkan logam bebas.

Barca (2012 : 31), mengatakan bahwa “gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasi serendah 4% H₂ di udara bebas. Ketika dicampur dengan oksigen dalam berbagai perbandingan, hidrogen meledak seketika disulut dengan api dan akan terbakar sendiri pada temperatur 560 °C”.

Karakteristik lainnya dari api hidrogen adalah nyala api cenderung menghilang dengan cepat diudara, sehingga kerusakan akibat ledakan hidrogen lebih ringan dari ledakan hidokarbon. Hidrogen bereaksi langsung dengan unsur-unsur oksidator lainnya. Ia bereaksi dengan spontan dan hebat pada suhu kamar dengan klorin dan flourin, menghasilkan hidrogen halida berupa hidrogen klorida dan hidrogen flourida (Tarigan, 2014 : 31).

Tabel 7. Sifat Kimia dan Fisika Hidrogen

Sifat Kimia dan Fisika Hidrogen	
Fase massa jenis	Gas
Massa jenis	(0 °C; 101.325 kPa) 0.08988 g/L
Titik lebur	14,01 K (-259,14 °C, -434,45 °F)
Titik didih	20,28 K (-252,87 °C, -434,17 °F)
Kalor peleburan	(H ₂) 0.117 kJ/mol
Kapasitas kalor	(25 °C) (H ₂) 28.836 j/(mol.K)
Suhu kritis	32.19 K
Tekanan kritis	1.315 mPa
Densitas kritis	30.12 g/L

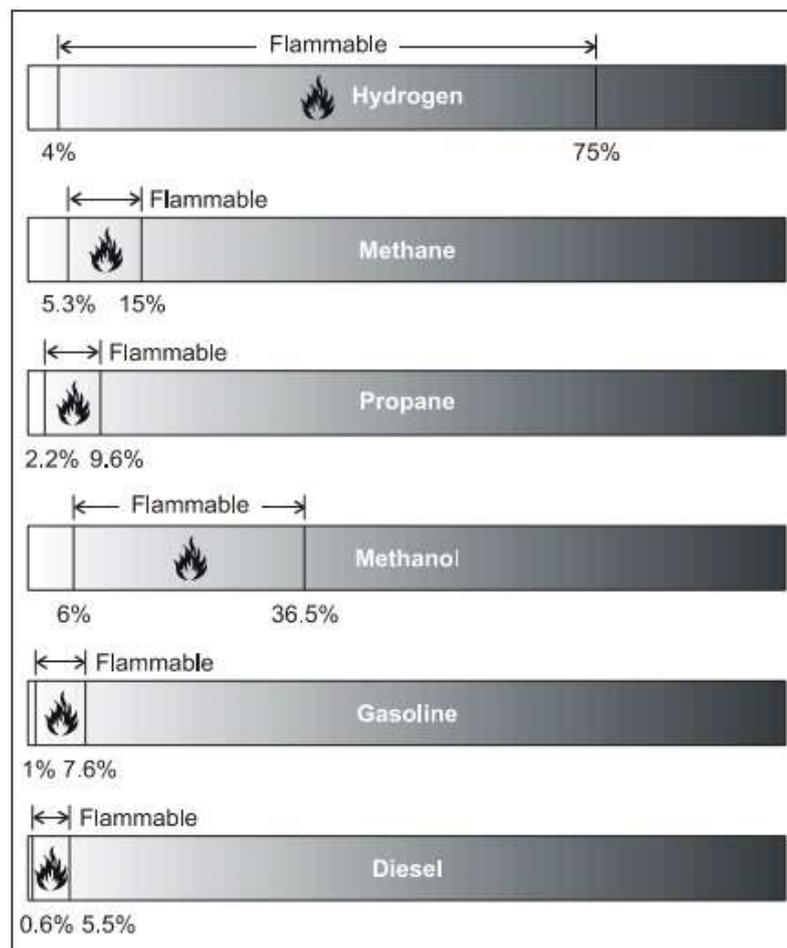
(Sumber: Barca, 2012 : 32)

Beberapa keunggulan hidrogen dibandingkan bahan bakar lainnya dijelaskan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 8. Nilai Oktan Berbagai Bahan Bakar

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

(Sumber: College of the Desert. *Hydrogen Fuel Cell Engines and Related Technologies: Rev 0, December 2001 : Page 1-20*)



Gambar 14. Sifat Kemampuan Bakar Berbagai Jenis Bahan Bakar
(Sumber: College of the Desert. *Hydrogen Fuel Cell Engines and Related Technologies: Rev 0, December 2001 : Page 1-20*)

Dari beberapa keterangan tabel di atas, maka dapat dipastikan

bahwa hidrogen merupakan bahan bakar yang sangat baik.

f. Oksigen

Menurut Waskito (2012 : 36), “Oksigen atau zat asam adalah unsur kimia dalam sistem tabel periodik yang mempunyai lambang O dan nomor atom 8. Elemen sangat biasa dan ada dimana-mana, ditemukan tak hanya di bumi tetapi di seluruh alam semesta”. Di bumi, oksigen biasanya berikatan dengan elemen lain secara kovalen atau ionik. Oksigen adalah satu dari dua komponen utama udara. Ia dihasilkan oleh

tanaman selama fotosintesis, dan sangat diperlukan untuk pernafasan aerobik pada hewan dan manusia.

Tabel 8. Sifat Kimia dan Fisika Oksigen

Sifat Kimia dan Fisika Oksigen	
Fase massa jenis	Gas
Massa jenis	(0 °C; 101.325 kPa) 1.429 g/L
Titik lebur	54.36 K (-218.79 °C, -361.82 °F)
Titik didih	90.20 K (-182.95 °C, -297.31 °F)
Kalor peleburan	(O ₂) 0.444 kJ/mol
Kapasitas kalor	(25 °C) (O ₂) 29.378 j/(mol.K)
Suhu kritis	32,19 kJ/mol

(Sumber: Barca, 2012 : 34)

2. Alat Ukur Pengujian Penelitian

a. Gelas Ukur

Gelas ukur merupakan suatu wadah yang memiliki garis ukuran yang berfungsi untuk menghitung volume benda yang mengisi wadah tersebut sehingga diketahui volume benda tersebut.

b. *Stopwatch*

Stopwatch adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur waktu pada pengujian ini.

3. Pengaruh Penambahan Jumlah Plat Elektroda Terhadap Volume dan Laju Produksi Gas HHO

Semakin luas penampang maka semakin banyak pula elektrolit yang digunakan, sehingga mempermudah suatu elektrolit untuk mentransfer elektronnya. Sebaliknya, bila luas penampang sedikit maka semakin sulit elektrolit untuk melepaskan elektron, maka transfer elektron bekerja lambat dalam mengelektrolisis elektrolit (Juniansyah, 2015 : 12). Semakin luas permukaan yang tercelup maka semakin mudah suatu elektrolit untuk

mentransfer elektronnya, sehingga terjadi hubungan sebanding jika luasan yang tercelup sedikit maka semakin sulit elektrolit untuk melepaskan elektron (Wardi, 2016: 5).

Dari teori di atas dapat diketahui bahwa penambahan jumlah plat elektroda akan menambah luasan penampang yang dapat menaikkan volume dan laju produksi gas HHO.

B. Penelitian Yang Relevan

Penelitian yang relevan dengan penelitian yang akan dilakukan ini untuk mendukung atau mempertegas teori-teori yang telah dikemukakan dalam kajian di atas adalah:

1. Rovi (2016 : i), melakukan penelitian yang membahas penambahan gas *Hydroxy* hasil elektrolisa air menggunakan *electrolyzer* dengan katalis NaHCO_3 serta produksi gas *Hydroxy* 75 ml/menit mampu meningkatkan torsi sebesar 2,23 N.m (21, 03%) dan daya maksimum meningkat sebesar 1,87 HP (28,3%).
2. Putra (2014 : i), yang membahas tentang pengaruh penambahan gas hasil elektrolisa air terhadap emisi gas buang sepeda motor Honda Vario Techno, dimana hasil penelitiannya menunjukkan adanya penurunan persentase emisi gas karbon monoksida (CO) sebesar 13,04% dan 19,44% pada gas hidrokarbon (HC).
3. Fathani (2016 : i), yang membahas tentang pengaruh penggunaan elektroliser terhadap konsumsi bahan bakar dan ketebalan asap pada motor diesel daihatsu taft hiline, dimana hasil penelitiannya menunjukkan adanya

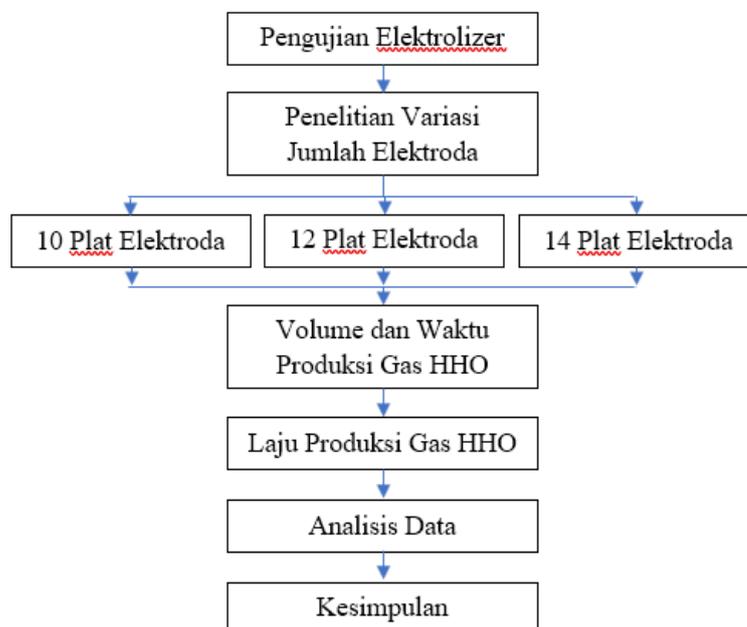
penurunan konsumsi bahan bakar pada putaran 650 RPM sebesar 14,70%, pada putaran 2100 sebesar 34,89%, dan pada putaran 3100 sebesar 30,69%, sedangkan pada ketebalan asap terjadi penurunan rata-rata sebesar 44,98%.

4. Wahyudzin dan Guntur (2012 : 1), melakukan penelitian dengan judul “Studi Karakteristik Generator Gas HHO *Dry Cell* dan Aplikasinya pada Kendaraan Bermesin Injeksi 1300 CC”. Hasil penelitian menunjukkan generator Brown gas *dry cell* enam ruang didapatkan campuran elektrolit berupa 25 % KOH dan 75 % *aquades* dengan konsumsi daya listrik sebesar 67,2 Watt yang menghasilkan *flowrate* sebesar 4,6 ml/s. Setelah dilakukan pengujian pada kendaraan Toyota Avanza 1300 cc didapatkan peningkatan torsi sebesar 6,2 % dan daya yang dihasilkan sebesar 6,16 %. Penurunan nilai SFC terbesar pada mobil Toyota Avanza 1300 cc yaitu 14,70 %. Tingkat emisi gas buang CO₂ menurun 15,31 %, sedangkan nilai HC menurun 16,27 % dan nilai NOx menurun sebesar 19 %.
5. Saragih (2015 : 19), melakukan penelitian dengan judul “Analisa Perbandingan Unjuk Kerja Mesin Sepeda Motor Dengan Menggunakan Generator HHO *Dry Cell* dan Tanpa Menggunakan generator HHO *Dry Cell*”. Parameter unjuk kerja mesin sepeda motor yang mengalami peningkatan dengan penggunaan generator HHO *dry cell* diantaranya adalah torsi, daya poros efektif, tekanan efektif rata-rata, perbandingan bahan bakar dan udara dan efisiensi *thermal*. Sedangkan parameter yang mengalami penurunan adalah laju konsumsi bahan bakar dan konsumsi bahan bakar spesifik.

C. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual pada dasarnya untuk menunjukkan secara teoritis pertautan antara variabel yang diteliti. Pada penelitian ini kerangka konseptual berfungsi untuk memberikan gambaran secara lebih jelas mengenai pengaruh variasi jumlah pelat elektroda pada elektrolizer terhadap volume dan laju produksi gas HHO (Hidrogen-Hidrogen-Oksigen).

Penelitian ini dilakukan dengan memberikan perlakuan pada jumlah plat elektroda pada elektrolizer. Jumlah plat yang diberikan pada elektrolizer, dapat dilihat pada kerangka berpikir dibawah ini:



Gambar 15. Kerangka Konseptual

D. Pertanyaan Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan kerangka berpikir di atas, maka diajukan pertanyaan penelitian sebagai berikut:

1. Manakah variasi pelat elektroda pada elektrolizer yang paling banyak menghasilkan gas HHO?

2. Berapa persen pengaruh variasi jumlah plat elektroda terhadap volume dan laju produksi gas HHO?

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan sebelumnya, maka dapat peneliti tarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Adanya pengaruh variasi jumlah plat elektroda pada elektrolizer terhadap laju produksi gas HHO setiap dilakukan penambahan plat elektroda.
2. Pengaruh penambahan jumlah plat elektroda pada elektrolizer menunjukkan adanya peningkatan volume dan laju produksi Gas HHO.
3. Persentase kenaikan tertinggi volume gas HHO yang didapat terjadi pada elektrolizer yang menggunakan 14 plat elektroda dengan persentase kenaikan sebesar 33%.
4. Persentase kenaikan tertinggi laju produksi gas HHO yang didapat terjadi pada elektrolizer yang menggunakan 14 plat elektroda dengan persentase kenaikan sebesar 36%.

B. Saran

Berdasarkan hasil-hasil yang diperoleh pada penelitian ini, pada dasarnya masih terdapat kekurangan dalam penelitian ini. Untuk itu peneliti tuliskan beberapa saran untuk peneliti selanjutnya yaitu:

1. Agar penelitian ini lebih baik lagi maka peneliti menyarankan untuk memberi pemisah antara gas hidrogen dan gas oksigen yang diproduksi.
2. Agar penelitian ini lebih baik lagi maka peneliti sarankan menggunakan gasket yang lebih rata dan tidak melengkung.

3. Agar penelitian ini lebih baik lagi maka peneliti menyarankan menggunakan kabel yang tepat dengan arus listrik yang diberikan agar tidak terjadinya panas yang berlebihan pada kabel.
4. Dalam penyaluran larutan elektrolit dan gas HHO gunakanlah selang yang tahan terhadap panas dan tekukan sehingga tidak menghambat aliran larutan elektrolit dan gas HHO.

DAFTAR PUSTAKA

- Arikunto, Suharsimi. 2006. *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: Rineka Cipta.
- _____. 2010. *Manajemen Penelitian*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Abdullah, Mikrajuddin. Saktiyono. & Lutfi. 2007. *IPA Terpadu SMP dan MTs Jilid 1A Untuk Kelas VII Semester 1*. Penerbit Erlangga.
- Ardiansyah, Bayu. 2010. "Studi Kimia Antarmuka Pada Reaksi Hidrogenasi dengan Katalis Ni/ Al₂O₃". <https://www.google.com/search?q=Studi+Kimia+Antarmuka+Pada+Reaksi+Hidrogenasi+dengan+Katalis+Ni%2F+Al2o3&ie=utf-8&oe=utf-8>, diakses 21 Desember 2017.
- Barca, Albertus. 2012. *Injeksi Gas Hidrogen Pada Sistem Pembakaran Di Sepeda Motor Dengan Konfigurasi Pitot Tube*. Depok: Skripsi UI.
- Bungin, Burhan. 2011. *Metodologi Penelitian Kuantitatif*. Jakarta: Prenada Media.
- College of the Desert. 2001. *Hydrogen Fuel Cell Engines and Related Technologies*. Rev 0.
- Fathani, Rijalul. 2016. *Pengaruh Penggunaan Elektroliser Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Dan Ketebalan Asap Pada Motor Diesel Daihatsu*. Padang: Skripsi UNP.
- Juniansyah, Saipul Rijal. 2015. *Prototype Hydrogen Fuel Generator Dry Cell (Produksi Gas Hidrogen Ditinjau dari Variasi Konsentrasi Elektrolit Asam Klorida dengan Suplai Tegangan Listrik)*. Palembang: Skripsi Politeknik Negeri Sriwijaya Palembang.
- Keenan, Charles W., Donald C. Kleinfelter, & Jesse H. Wood. 1999. *Ilmu Kimia untuk Universitas Edisi Keenam Jilid 1*. Jakarta: Erlangga.
- Khairat, Khaznel. 2013. *Pengaruh Penggunaan Gas Elektrolisa Air Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel*. <http://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/poto/article/view/787/544>. Diakses 16 Agustus 2018.
- Lestari, Fatma. 2010. *Bahaya Kimia Sampling dan Pengukuran Kontaminan Kimia di Udara*. Jakarta: EGC.
- Libretexts. 2018. *17.7: A Deeper Look: Electrolysis of Water and Aqueous Solutions*. https://chem.libretexts.org/LibreTexts/University_of_Californi