

**PENGARUH KONSENTRASI ELEKTROLIT KCl MENGGUNAKAN PLAT
ELEKTRODA Cu/Al TERHADAP PRODUKSI GAS HIDROGEN PADA
PROSES ELEKTROLISIS**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Persyaratan Memperoleh Gelar Sarjana (S.Si)



OLEH:

RIANOVRIANI

16036048 / 2016

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2020**

PERSETUJUAN SKRIPSI

PENGARUH KONSENTRASI ELEKTROLIT KCl MENGGUNAKAN PLAT ELEKTRODA Cu/Al TERHADAP PRODUKSI GAS HIDROGEN PADA PROSES ELEKTROLISIS

Nama : Rianovriani
NIM : 16036048
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Mei 2020

Mengetahui :

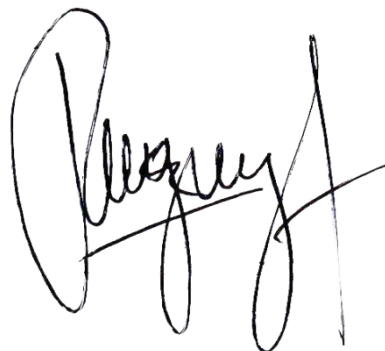
Disetujui oleh :

Ketua Jurusan

Dosen Pembimbing



Alizar, S.Pd, m.Sc, Ph.D
NIP. 19700902 1998011 002



Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si
NIP. 19740121 200012 1 001

HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Rianovriani
NIM : 16036048
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

PENGARUH KONSENTRASI ELEKTROLIT KCl MENGGUNAKAN PLAT ELEKTRODA Cu/Al TERHADAP PRODUKSI GAS HIDROGEN PADA PROSES ELEKTROLISIS

*Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji
Skripsi Program Studi Kimia Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang*

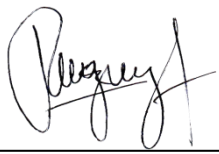
Padang, Mei 2020

Tim Penguji

Nama

Tanda Tangan

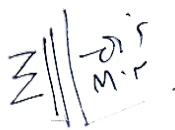
Ketua : Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si



Anggota : Ananda Putra, S. Si, M. Si, Ph. D



Anggota : Effendi, S.Pd, M.Sc



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rianovriani
NIM : 16036048
Tempat/Tanggal Lahir : Jakarta, 8 November 1997
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “**Pengaruh Konsentrasi Elektrolit KCl Menggunakan Plat Elektroda Cu/Al Terhadap Produksi Gas Hidrogen Pada Proses Elektrolisis**” adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim. Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum negara yang berlaku, baik di Universitas Negeri Padang maupun masyarakat dan negara. Demikianlah Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, Mei 2020

Yang Menyatakan,



Rianovriani
NIM.16036048

ABSTRAK

Rianovriani (2020) : Pengaruh Konsentrasi Elektrolit KCl Menggunakan Plat Elektroda Cu/Al Terhadap Produksi Gas Hidrogen Pada Proses Elektrolisis

Salah satu energi alternatif yang efektif untuk mengganti bahan bakar fosil yaitu hidrogen. Hidrogen sebagai bahan bakar merupakan energi alternatif yang ramah lingkungan dan tidak menghasilkan produk samping yang berbahaya. Upaya produksi gas hidrogen menjadi hal yang sangat menarik untuk dikembangkan. Riset ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi elektrolit KCl dan waktu terhadap produksi gas hidrogen pada generator DC pada proses elektrolisis. Untuk memproduksi gas hidrogen dapat dilakukan melalui metode elektrolisis air dengan menguraikan senyawa H_2O menjadi gas hidrogen dan gas oksigen dengan bantuan arus listrik searah. Produktivitas gas hidrogen dengan metode elektrolisis yang diterapkan pada generator DC dengan menggunakan elektroda Cu/Al sebagai katoda-anoda dan larutan KCl sebagai elektrolit. Faktor yang mempengaruhi produksi gas hidrogen selama proses elektrolisis adalah konsentrasi larutan elektrolit, sehingga konsentrasi larutan dan waktu menjadi variabel bebas dan jumlah konsentrasi gas yang dihasilkan merupakan variabel terikat dalam penelitian ini. Adapun variasi konsentrasi elektrolit yang digunakan adalah 0,1 M; 0,25 M; 0,5 M; 0,75 M; dan 1 M. Arus dan tegangan yang digunakan pada proses elektrolisis ini tetap yaitu 0,6 ampere dan 2 volt selama 1 jam. Konsentrasi gas hidrogen yang diproduksi ditentukan menggunakan sensor MQ-8. Sensor MQ-8 adalah salah satu sensor gas yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap gas hidrogen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi gas hidrogen dengan menggunakan elektrolit aquades adalah 10 ppm untuk penggunaan elektrolit KCl dengan berbagai konsentrasi berturut-turut adalah 13 ppm, 17 ppm, 26 ppm, 37 ppm, dan 34 ppm. Dari hasil penelitian diperoleh: semakin besar konsentrasi garam klorida yang digunakan semakin banyak pula gas hidrogen yang dihasilkan dan semakin besar ukuran ion elektrolit semakin besar pula gas hidrogen yang dihasilkan.

Kata kunci : Elektrolisis, Gas Hidrogen, Konsentrasi KCl, Generator DC, dan sensor MQ-8

KATA PENGANTAR

Dengan memanjatkan puji syukur kehadiran Allah SWT, atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat melaksanakan dan menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Pengaruh Konsentrasi Elektrolit KCl Menggunakan Plat Elektroda Cu/Al Terhadap Produksi Gas Hidrogen Pada Proses Elektrolisis”**. Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan memperoleh gelar sarjana sains (S.Si), pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Dr. Rahadian Zainul, S.Pd, M.Si selaku Dosen Pembimbing sekaligus Penasehat Akademik yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya skripsi ini
2. Bapak Ananda Putra, S.Si, M.Si, Ph.D dan Bapak Effendi, S.Pd, M.Sc selaku Dosen Pembahas
3. Bapak Alizar, S.Pd, M.Sc, Ph.D selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika Ilmu dan Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang
4. Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D selaku ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia Fakultas Matematika Ilmu dan Pegetahuan Alam Universitas Negeri Padang
5. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Padang

6. Bapak dan Ibu Pranata Laboratorium Pendidikan beserta karyawan/ti
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri
Padang
7. Teman-teman Jurusan Kimia UNP yang telah memberikan masukan
kepada penulis dalam penulisan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini belum lengkap dan sempurna, untuk itu penulis mengharapkan masukan dan saran dari berbagai pihak yang terkait. Atas masukan dan saran yang diberikan, penulis mengucapkan terimakasih. Semoga skripsi ini bermanfaat adanya.

Padang, Mei 2020

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Batasan Masalah	5
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Hidrogen	7
B. Oksigen	11
C. Elektrolisis	11
D. Komponen Sel Elektrolisis	17
1. Elektroda	18
2. Elektrolit	20

E. Karakteristik Logam Tembaga (Cu)	24
F. Karakteristik Aluminium (Al).....	25
G. Generator DC	26
H. Sensor MQ-8	28
BAB III METODE PENELITIAN.....	31
A. Waktu dan Tempat Penelitian	31
B. Objek Penelitian	31
C. Jenis Penelitian.....	31
D. Variabel Penelitian	31
E. Alat dan Bahan Penelitian	32
F. Prosedur Kerja Penelitian.....	33
1. Preparasi Elektroda.....	33
2. Preparasi Bahan	34
3. Merangkai Komponen Sensor	35
4. Pengukuran Konsentrasi Gas Hidrogen.....	35
G. Desain Penelitian.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	39
A. Preparasi Plat Elektroda	39
B. Hasil Pengukuran Konsentrasi Produksi Gas Hidrogen Terhadap Perbedaan Konsentrasi Elektrolit.....	40
C. Hasil Pengamatan Pada Elektroda	43

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	47
A. Kesimpulan	47
B. Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN.....	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Elektrolisis Air	12
2. Struktur Molekul Air.....	24
3. Reaktor Tipe <i>Dry Cell</i>	27
4. Sensor MQ-8	29
5. Susunan plat Elektroda setiap plat dibatasi paking	33
6. Rangkaian Sensor MQ-8	35
7. Rangkaian Plat Elektroda	36
8. Rangkaian alat proses Elektrolisis	36

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat-sifat gas hidrogen	7
2. sifat fsika dan kimia KCl.....	22
3. Sifat fisika dan kimia Air	24
4. Sifat fisika dan kimia Aluminium	26
5. Spesifikasi Sensor MQ-8.....	29
6. Hasil Konsentrasi Gas Hidrogen Proses Elektrolisis	40
7. Perbandingan Elektroda Sebelum dan Setelah Proses Elektrolisis	44

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Preparasi Elektroda	54
2. Preparasi Bahan.....	54
3. Persiapan Paking	55
4. Perakitan Akrilik	55
5. Perakitan Generator.....	55
6. Pengujian Generator Hidrogen.....	56
7. Perhitungan Pembuatan Larutan KCl	57
8. Menghitung masaa aluminium yang teroksidasi.....	59
9. Menghitung masaa Tembaga yang tereduksi.....	60
10. Data Perubahan Berat Aluminium sebelum dan setelah proses Elektrolisis menggunakan Aquades	61
11. Data Perubahan Berat Tembaga sebelum dan setelah proses Elektrolisis menggunakan Aquades	61
12. Data Perubahan Berat Aluminium sebelum dan setelah proses Elektrolisis mennggunakan KCl.....	61
13. Data Perubahan Berat Tembaga sebelum dan setelah proses Elektrolisis mennggunakan KCl.....	62
14. Pembuatan Larutan KCl.....	62
15. Dokumentasi Penelitian	65

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi merupakan komponen penting untuk kelangsungan hidup manusia karena hampir semua aktivitas kehidupan manusia memerlukan energi. Sumber utama energi yang selama ini digunakan berasal dari sumber energi fosil. Energi yang dihasilkan dari bahan bakar fosil merupakan energi yang tidak terbarukan seperti minyak bumi, gas alam, dan batu bara (Jang et al., 2010) yang dapat menghasilkan gas rumah kaca, seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) yang menyebabkan pemanasan global. Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan ekonomi dan tingkat populasi penduduk, maka kebutuhan energi fosil juga semakin meningkat. Cadangan sumber daya fosil juga terbatas sehingga diperlukan energi alternatif yang terbarukan (*renewable energy*) dan juga ramah lingkungan (de Fátima Palhares et al., 2018). Salah satu energi alternatif yang terbarukan pengganti energi fosil adalah Gas Hidrogen.

Gas hidrogen menjadi fokus perhatian pengembangan energi terbarukan karena lebih bersih dan ramah lingkungan. Berdasarkan penelusuran literatur pada *pubmed* dengan menggunakan aplikasi *endnote*, ada 385 riset tentang bahan bakar terbarukan hidrogen yang dikembangkan di dunia. Gas hidrogen dari sumber energi terbarukan dapat digunakan sebagai *biofuel* dimana penggunaannya telah meningkat dalam sel bahan bakar (Rebecca et al., 2016). Gas Hidrogen sebagai bahan bakar memiliki kelebihan diantaranya yaitu suatu cuplikan gas hidrogen jika dibakar akan menghasilkan energi sebanyak kira-kira tiga kali energi yang

dihasilkan bensin dengan berat yang sama, berarti lebih efisien untuk bobot yang sama dibandingkan bensin. Bahan bakar berbasis gas hidrogen memiliki kapasitas energi per satuan massa yang lebih besar yaitu 122 kJ/g dibandingkan dengan bensin 40 kJ/g (Wei et al., 2018). Gas hidrogen dalam mesin kendaraan bermotor akan terbakar lebih efisien dan kurang menghasilkan produk samping berbahaya saat pembakaran dibandingkan dengan bahan bakar lain. Menurut Liao (2012) gas hidrogen hasil pembakaran mampu menghasilkan energi yang relatif besar karena gas hidrogen tidak tersedia di alam sebagai gas murni, maka gas hidrogen perlu diproduksi. Penelitian ini memproduksi gas hidrogen dengan metode elektrolisis. Metode ini dipilih karena metode ini memiliki kelebihan diantaranya ramah lingkungan dan biayanya relatif murah.

Riset tentang energi alternatif pada produksi gas hidrogen telah menarik minat banyak peneliti dunia. Berdasarkan literatur pubmed dengan menggunakan aplikasi *endnote* ditemukan sekitar 13 riset mengenai penggunaan metoda elektrolisis. Elektrolisis air adalah proses penguraian molekul air membentuk gas hidrogen dan gas oksigen dengan menggunakan arus listrik (Juniansyah., 2015). Beberapa metode untuk menghasilkan gas hidrogen seperti termokimia, fotokimia, fotoelektrokimia, mikrobiologi, dan produksi gas hidrogen melalui sel elektrolisis. Produksi gas hidrogen yang paling banyak digunakan saat ini adalah melalui sel elektrolisis, yang terdiri dari penggunaan listrik di wadah yang mengandung air (Jeremy & Aaron, 2015). Sel elektrolisis terdiri dari elektroda, yang berfungsi sebagai media penghantar arus listrik yang berasal dari sumber energi (accu) menuju larutan elektrolit. Elektroda pada sel elektrolisis terdiri dari dua kutub yaitu, katoda yang bermuatan negatif dan anoda yang bermuatan positif

yang tersusun pada rangkaian generator gas hidrogen dalam proses elektrolisis (dos Santos et al., 2017). Menurut Nugraha (2016) material serta keluasan elektroda sangat berpengaruh terhadap produksi gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis air, sehingga material elektroda yang dipilih harus dari material yang memiliki konduktifitas listrik yang baik. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini, yaitu tembaga dan aluminium yang merupakan elektroda dengan konduktifitas listrik yang baik.

Proses pemisahan molekul air pada suhu ruang berjalan sangat lambat, karena air murni merupakan konduktor listrik yang buruk, maka perlu dilakukan penambahan zat terlarut yang bersifat elektrolit, berupa basa, asam, maupun garam untuk meningkatkan konduktivitas listrik dari air. Elektrolit yang digunakan pada penelitian ini adalah KCl (Kalium Klorida). Penggunaan KCl pada elektrolisis air berfungsi sebagai katalis yang dapat meningkatkan produktivitas gas hidrogen (Gahleitner, 2013), sehingga laju reaksi pemecahan molekul air menjadi lebih cepat. Penggunaan katalis merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi laju reaksi kimia yang berfungsi untuk mempermudah proses penguraian air menjadi gas hidrogen dan gas oksigen. Ion katalisator mampu mempengaruhi kestabilan molekul air menjadi ion H^+ dan OH^- yang lebih mudah dielektrolisis. Selain penambahan elektrolit, penggunaan konsentrasi elektrolit juga dapat meningkatkan produksi gas hidrogen. Meningkatnya konsentrasi suatu elektrolit memiliki kemampuan untuk mempercepat reduksi hambatan pada elektrolit, hal ini menyebabkan transfer elektron dapat terjadi lebih cepat dalam mengelektrolisis elektrolit (Marlina, 2016).

Penggunaan generator sebagai tempat berlangsungnya proses elektrolisis untuk mengkonversi energi dari bentuk energi mekanik menjadi energi listrik yang berlangsung di daerah medan magnet. Pada penelitian ini digunakan generator tipe *dry cell* (DC), karena penggunaan arus listrik relatif kecil sehingga daya yang terkonversi menjadi panas akan semakin kecil (Pudjanarsa et al., 2006). Penggunaan Sensor MQ-8 pada penelitian ini berfungsi sebagai sensor yang merubah konsentrasi gas hidrogen (H_2) menjadi data elektronik.

Berdasarkan latar belakang di atas maka peneliti mengangkat judul tentang “Pengaruh Konsentrasi Elektrolit KCl Menggunakan Plat Elektroda Cu/Al Terhadap Produksi Gas Hidrogen Pada Proses Elektrolisis dalam Produksi Gas Hidrogen dengan Metode Elektrolisis”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana prinsip kerja elektrolisis air terhadap produksi gas hidrogen?
2. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi larutan elektrolit dan waktu terhadap produksi gas hidrogen dalam proses elektrolisis?
3. Berapakah konsentrasi maksimum gas hidrogen dalam elektrolit dengan menggunakan sensor MQ-8?

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Elektroda yang digunakan adalah alumunium dan tembaga.
2. Elektrolit yang digunakan yaitu Aquades dan KCl.
3. Jumlah variasi konsentrasi larutan KCl yaitu lima variasi konsentrasi.
4. Metode yang digunakan untuk menghasilkan gas hidrogen adalah metode elektrolisis.
5. Sumber energi yang dipakai berasal dari *Power Supply*.
6. Generator yang digunakan merupakan Geneator tipe *dry cell*.
7. Sensor yang digunakan dalam perancangan alat ini adalah sensor gas MQ-8.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Menentukan prinsip kerja elektrolisis air terhadap produksi gas hidrogen.
2. Menentukan pengaruh variasi konsentrasi elektrolit KCl dan waktu terhadap produksi gas hidrogen dalam proses elektrolisis.
3. Menentukan konsentrasi maksimum gas hidrogen dalam elektrolit dengan menggunakan sensor MQ-8.

E. Manfaat Penelitian

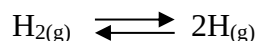
1. Dapat memahami prinsip kerja elektrolisis air terhadap produksi gas hidrogen.
2. Dapat mengetahui pengaruh variasi konsentrasi elektrolit dan waktu terhadap gas hidrogen yang dihasilkan dari elektrolisis air.
3. Dapat mengetahui konsentrasi maksimum gas hidrogen dalam elektrolit dengan menggunakan sensor MQ-8.
4. Dapat memberikan tambahan wawasan akan bahan bakar yang ramah lingkungan berbasis gas hidrogen.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Hidrogen

Hidrogen (bahasa Latin: *hydrogenium*, dari bahasa Yunani: *hydro*: air, *genes*: membentuk) merupakan unsur kimia pada tabel periodik yang memiliki simbol H dan nomor atom 1. Dengan massa atom 1,00797 g/mol, gas hidrogen merupakan unsur teringan di dunia. Pada suhu dan tekanan standar, molekul gas hidrogen berupa gas yang tidak berbau, tidak berwarna, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Gas hidrogen merupakan gas yang mudah terbakar dan meledak dalam campuran dengan udara atau oksigen (Civiniz & Huseyin, 2012). Gas hidrogen biasanya berada dalam bentuk molekul diatomik, tetapi jika cukup energi akan mengalami disosiasi menjadi atom-atomnya, dengan reaksi sebagai berikut.



Sifat-sifat Gas hidrogen dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Sifat-sifat gas hidrogen

Sifat	Keterangan
Titik lebur	-259,14 °C
Titik didih	-252,87 °C
Warna	Tidak Berwarna
Bau	Tidak Berbau
Densitas	0,08988 g/cm ³ pada 293 K
Kapasitas panas	14,304 J/g°K

(Sumber : Barbir, 2005).

Gas hidrogen merupakan unsur paling melimpah dan terbanyak dari semua unsur di alam semesta, tetapi gas hidrogen murni hampir tidak ada di permukaan bumi, karena gas hidrogen bereaksi dengan unsur lain membentuk persenyawaan yang lebih stabil. Kelimpahan persenyawaan gas hidrogen dalam bentuk air dan bahan bakar fosil, relatif tak terbatas jumlahnya, karena gas hidrogen murni hampir tidak ada, maka gas hidrogen tidak bisa disebut sebagai sumber energi, tetapi sebagai *energy carrier* seperti halnya dengan listrik. *Energy carrier* merupakan media yang praktis untuk menyimpan, mentransfer, maupun menggunakan energi, sebagai *energy carrier* hidrogen harus mudah disimpan, mudah digunakan, dan mudah dikonversi menjadi berbagai bentuk energi. Gas hidrogen secara alami tidak ada di permukaan bumi, sehingga gas hidrogen harus diproduksi. Pada prinsipnya, gas hidrogen dapat diperoleh dengan memecah senyawa yang banyak mengandung unsur gas hidrogen seperti yang terdapat dalam molekul air (Zhou & Francois, 2009).

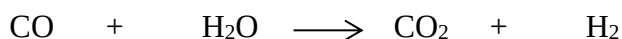
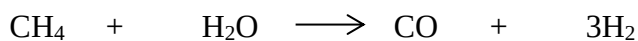
Gas hidrogen menjadi fokus perhatian pengembangan energi terbarukan karena lebih bersih dan ramah lingkungan (Masaharu & Shuhei, 2004). Berdasarkan pernyataan Chakik (2017), gas hidrogen dari sumber energi terbarukan dapat digunakan sebagai *biofuel* dan dapat disimpan untuk digunakan di masa depan dan dapat mengurangi masalah yang timbul dari konsumsi sumber daya yang tidak terbarukan. Bahan bakar berbasis gas hidrogen juga memiliki energi lebih besar dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Setiap pembakaran 1g gas hidrogen dapat menghasilkan energi sebesar 122 kJ, sementara dari pembakaran 1g bensin hanya menghasilkan 40 kJ (Liao et al., 2012).

Gas hidrogen sebagai bahan bakar memiliki keuntungan diantaranya yaitu suatu cuplikan gas hidrogen jika dibakar akan menghasilkan energi sebanyak kira-kira tiga kali energi yang dihasilkan bensin dengan berat yang sama, dalam mesin kendaraan bermotor gas hidrogen akan terbakar lebih efisien jika dibandingkan dengan bahan bakar lain, dan pembakaran gas hidrogen kurang menghasilkan polusi. Polutan yang terjadi hanya gas oksida nitrogen jika suhu pembakaran sangat tinggi (Das et al., 2001).

Gas hidrogen dapat diperoleh dengan berbagai cara, antara lain:

1. Steam Reforming

Pada proses ini gas alam seperti metana, propana atau etana direaksikan dengan steam (uap air) pada suhu tinggi (700-1000 °C) dengan bantuan katalis, untuk menghasilkan gas hidrogen, karbon dioksida (CO₂) dan karbon monoksida (CO). Sebuah reaksi samping juga terjadi antara karbon monoksida dengan steam, yang menghasilkan gas hidrogen dan karbon dioksida. Persamaan reaksi yang terjadi pada proses ini adalah :



Gas hidrogen yang dihasilkan kemudian dimurnikan, dengan cara memisahkan gas karbon dioksida dengan proses penyerapan (Brini, et al., 2017). Dewasa ini, steam reforming banyak digunakan untuk memproduksi gas hidrogen secara komersil di berbagai sektor industri, diantaranya industri pupuk dan hidrogen peroksida (H₂O₂). Akan tetapi metode produksi seperti ini sangat tergantung dari ketersediaan gas alam yang terbatas, serta menghasilkan gas CO₂, sebagai gas efek rumah kaca.

2. Gasifikasi Biomasa

Metode yang kedua adalah gasifikasi biomasa atau bahan alam seperti jerami, limbah padat rumah tangga atau kotoran. Di dalam prosesnya, bahan-bahan tadi dipanaskan pada suhu tinggi dalam sebuah reaktor. Proses pemanasan ini mengakibatkan ikatan molekul dalam senyawa yang ada menjadi terpecah dan menghasilkan campuran gas yang terdiri dari gas hidrogen, karbon monoksida dan metana.

Selanjutnya dengan cara yang sama seperti pada steam reforming, metana yang dihasilkan diubah menjadi gas hidrogen. Gasifikasi biomasa atau bahan organik memiliki beberapa keunggulan, antara lain menghasilkan lebih sedikit gas karbon dioksida, sumber bahan baku yang berlimpah dan terbarukan, serta pembakaran lebih sempurna sehingga emisi polutan lebih rendah. Sedangkan kekurangan penggunaan gasifikasi biomassa yaitu, peralatan lebih rumit dan lebih mahal serta memerlukan keterampilan yang lebih tinggi.

3. Gasifikasi Batu Bara

Gasifikasi batu bara merupakan metode pembuatan gas hidrogen yang tertua. Biaya produksinya hampir dua kali lipat dibandingkan dengan metode steam reforming gas alam. Gasifikasi batu bara menghasilkan emisi gas buang yang lebih signifikan, selain CO₂ juga dihasilkan senyawa sulfur dan karbon monoksida.

Pada proses ini batu bara pertama-tama dipanaskan pada suhu tinggi dalam sebuah reaktor untuk mengubahnya menjadi fasa gas. Selanjutnya, batu bara direaksikan dengan steam dan oksigen, yang kemudian menghasilkan gas hidrogen, karbon monoksida dan karbon dioksida.

4. Elektrolisis Air

Elektrolisis air memanfaatkan arus listrik untuk menguraikan air menjadi unsur-unsur pembentuknya, yaitu gas hidrogen dan gas oksigen. Gas hidrogen muncul di kutub negatif atau katoda dan oksigen berkumpul di kutub positif atau anoda.

Gas hidrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis air berpotensi menghasilkan zero emission, apabila listrik yang digunakan dihasilkan dari generator listrik bebas polusi seperti energi angin atau panas matahari. Namun demikian dari sisi konsumsi energi, cara ini memerlukan energi listrik yang cukup besar. Tetapi metode elektrolisis air merupakan salah satu metode dengan biaya yang murah dan ramah lingkungan untuk produksi hidrogen (Masao et al., 2005).

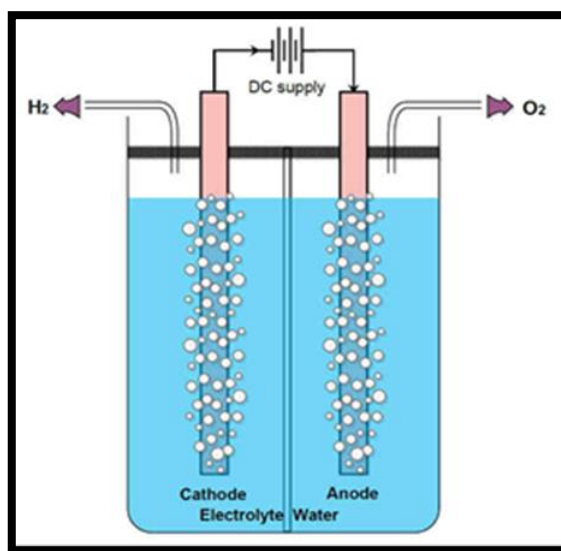
B. Oksigen

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, gas oksigen biasanya berikatan dengan elemen lain secara kovalen atau ionik. Gas oksigen adalah satu dari dua komponen utama udara. Ia dihasilkan oleh tanaman selama fotosintesis, dan sangat diperlukan untuk pernafasan aerobik pada hewan dan manusia (Lee et al., 2015).

C. Elektrolisis

Elektrolisis merupakan suatu proses penguraian senyawa air menjadi senyawa penyusunnya yaitu gas hidrogen dan gas oksigen dengan menggunakan arus listrik yang mengalir melalui air. Elektrolisis terjadi ketika aliran arus listrik

melalui senyawa ionik dan senyawa tersebut mengalami reaksi kimia. Elektrolisis terdiri dari anoda dan katoda yang dipisahkan dengan elektrolit. Larutan elektrolit dapat menghantarkan listrik karena mengandung ion-ion yang dapat bergerak bebas. Ion-ion tersebut yang menghantarkan arus listrik melalui larutan. Hantaran listrik melalui larutan elektrolit menghasilkan sumber arus searah dan memberi muatan yang berbeda pada kedua elektroda (Stephen, 1978). Metode ini menggabungkan reaksi oksidasi dan reduksi yang menghasilkan gas hidrogen yang terpisah dari gas oksigen. Adapun prinsip sel elektrolisis dapat dilihat pada gambar 1.

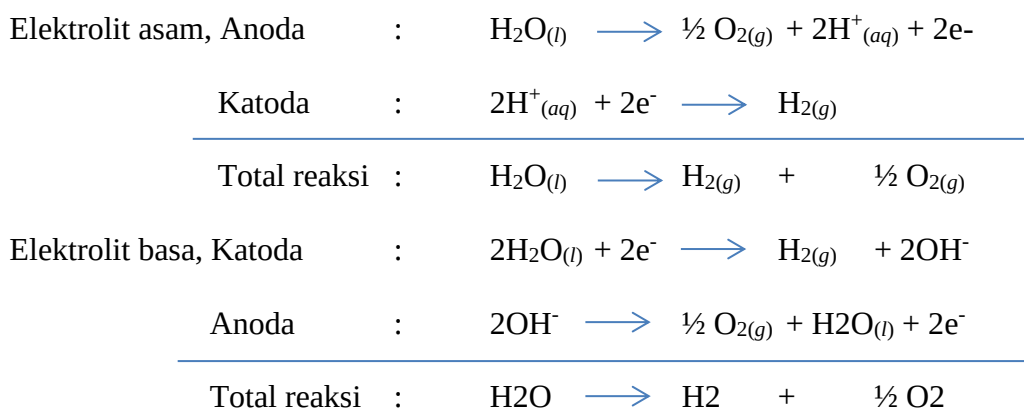


Gambar 1. Elektrolisis Air (Stephen, 1978)

Pada proses elektrolisis juga dibutuhkan elektroda yang berfungsi sebagai media penghantar arus listrik yang berasal dari sumber energi (*accu*) menuju larutan elektrolit. Elektroda terdiri dari dua kutub yaitu, katoda yang bermuatan negatif dan anoda yang bermuatan positif yang tersusun pada rangkaian generator gas hidrogen dalam proses elektrolisis (Kaveh, 2012). Proses elektrolisis dapat

berlangsung ketika dua buah elektroda ditempatkan dalam air dan sumber arus searah dilewatkan diantara dua elektroda tersebut. Pada katoda, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron yang mengalir masuk ke dalam katoda lalu tereduksi menjadi gas hidrogen dan ion hidroksida (OH^-). Ion hidroksida hasil reaksi air pada katoda bergerak menuju anoda. Pada anoda, molekul air lain terurai menjadi gas oksigen, melepaskan 2 ion H^+ serta mengalirkan elektron ke katoda (dopp, 2017), di anoda tersebut elektron terlepas menuju permukaan anoda dan bergerak kembali menuju *power supply*, akibat terlepasnya elektron tersebut dua buah ion hidroksida terurai membentuk air dan gelembung oksigen. Gas hidrogen yang timbul dalam katoda dan gas oksigen yang timbul pada anoda hasil dari reaksi elektrolisis tersebut muncul berbentuk gelembung-gelembung gas kecil pada permukaan masing-masing elektroda (Rashid et al., 2015).

Reaksi total elektrolisis air adalah penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen. Bergantung pada jenis elektrolit yang digunakan, reaksi setengah sel untuk elektrolit asam atau basa dituliskan dalam dua cara yang berbeda.



Gas hidrogen dan gas oksigen yang dihasilkan dari reaksi ini membentuk gelembung pada elektroda dan dapat dikumpulkan. Prinsip ini kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan gas hidrogen yang dapat digunakan sebagai

bahan bakar kendaraan gas hidrogen (Kaveh et al., 2017). Pada elektrolisis timbulnya gas hidrogen dan gas oksigen baru mulai setelah tegangan listrik lebih besar dari 1,7 volt. Ada dua prinsip yang khas dari elektrolisis yaitu kaitan antara beda potensial (V) yang digunakan dan kuat arus (A) yang mengalir melalui sel elektrolisis. Dalam elektrolisis air, energi listrik dan panas diubah menjadi energi kimia, yang disimpan sebagai gas hidrogen, dan gas oksigen diproduksi sebagai produk sampingan.

Faktor yang mempengaruhi proses elektrolisis, yaitu:

1. Efek Katalisator

Air murni merupakan konduktor listrik yang buruk dimana pemecahan molekul air pada suhu ruang terjadi sangat lambat sehingga dibutuhkan penambahan larutan elektrolit berupa asam, basa, dan garam. Penambahan asam, basa, dan garam digunakan untuk mengubah sifat tidak konduktif air murni menjadi air konduktif. Penambahan senyawa asam, basa, dan garam berfungsi mempermudah proses penguraian air menjadi gas hidrogen dan gas oksigen karena ion-ion katalisator mampu mempengaruhi kestabilan molekul air menjadi ion H^+ dan OH^- yang lebih mudah di elektrolisis karena terjadi penurunan energi pengaktifan.

2. Luas Permukaan

Luas permukaan berperan penting bagi elektrolit untuk mentransfer elektron. Semakin kecil luas permukaan, maka semakin sulit bagi elektrolit untuk mentransfer elektronnya. Sehingga dalam mengelektrolisis elektrolit, transfer elektron akan bekerja lebih lambat. Berdasarkan penjelasan di atas, luas

permukaan berperan penting untuk menjaga keefektifan dari elektrolit untuk mentransfer elektron (Yong, 2006).

3. Efek Konsentrasi Elektrolit

Laju reaksi akan semakin besar apabila konsentrasi yang digunakan juga besar. Tingginya konsentrasi suatu elektrolit memiliki kemampuan untuk mempercepat reduksi hambatan pada elektrolit. Hal ini menyebabkan, transfer elektron dapat terjadi lebih cepat mengelektrolisis elektrolit.

4. Besar Tegangan

Besar tegangan juga berperan untuk mempercepat laju reaksi. Semakin besar tegangan yang diberikan, maka semakin cepat pula laju reaksi yang terjadi. Arus listrik yang besar dapat memperbanyak ion-ion yang terlibat dalam penghantaran arus listrik. Oleh karena itu, terjadi percepatan laju reaksi yang semakin besar (Made & Wahyono, 2012).

Menurut Michael Faraday pada tahun 1833 meneliti tentang hubungan kuantitatif antara jumlah arus listrik yang mengalir dalam sel elektrolisis dengan jumlah zat yang dihasilkan pada elektroda, diperoleh hasil berupa beberapa kaidah perhitungan elektrolisis yang dikenal sebagai Hukum Faraday.

- Hukum I faraday

“Jumlah zat yang dihasilkan elektroda sebanding dengan arus listrik yang mengalir pada sel elektrolisis”.

“Jumlah arus listrik tertentu melalui sel, dengan jumlah mol zat yang berubah dielektroda adalah konstan tidak tergantung jenis zat”.

- Hukum II Faraday

“Jumlah zat-zat yang diendapkan pada masing-masing elektroda oleh sejumlah arus listrik yang sama, banyaknya akan sebanding dengan massa ekuivalen masing-masing zat tersebut” (Carmo et al., 2013).

Arus listrik suatu faraday didefinisikan sebagai jumlah arus listrik yang terdiri dari 1 mol elektron. Untuk menghitung jumlah zat-zat yang terbentuk di katoda dan anoda, hukum faraday dirumuskan sebagai berikut :

$$W = e \times F$$

Dimana:

W = massa hasil elektrolisis (Gram)

e = massa ekuivalen hasil elektrolisis

F = jumlah arus listrik (Faraday)

Dikatakan bahwa 1 mol elektron mengandung muatan listrik sebesar 96500 Coulomb, dan 1 Coulomb = 1 ampere × detik, maka rumus diatas menjadi :

$$W = \frac{e \times i \times t}{96500}$$

Dimana:

i = kuat arus (ampere)

e = massa ekuivalen hasil elektrolisis

t = waktu proses elektrolisis (detik)

Salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi proses elektrolisis adalah peningkatan luas permukaan elektroda dan konsentrasi elektrolit. Reaksi yang menghasilkan energi kimia dalam proses yang terjadi disebabkan oleh adanya elektroda yang terdiri dari anoda dan katoda. Anoda berfungsi untuk menghantarkan elektron yang dilepaskan dari molekul hidrogen untuk mengeluarkan secara proporsional pada katalis dan juga menyebabkan proton yang terbentuk untuk katoda. Katoda bertanggung jawab untuk mengatur oksigen pada permukaan katalis dan untuk mengarahkan elektron ke sirkuit eksternal (Damanik et al., 2015).

D. Komponen Sel Elektrolisis

Pada sel elektrolisis, reaksi kimia akan terjadi jika arus listrik dialirkan melalui larutan elektrolit, yaitu energi listrik (arus listrik) diubah menjadi energi kimia (reaksi redoks). Tiga ciri utama sel elektrolisis, yaitu:

1. Ada larutan elektrolit yang mengandung ion bebas. Ion-ion ini dapat memberikan atau menerima elektron sehingga elektron dapat mengalir melalui larutan.
2. Ada sumber arus listrik dari luar, seperti baterai yang mengalirkan arus listrik searah (DC).
3. Ada 2 elektroda dalam sel elektrolisis (Mazloomi, 2012).

Elektroda yang menerima elektron dari sumber arus listrik luar disebut Katoda, sedangkan elektroda yang mengalirkan elektron kembali ke sumber arus listrik luar disebut Anoda. Katoda adalah tempat terjadinya reaksi reduksi yang

elektrodanya negatif (-) dan anoda adalah tempat terjadinya reaksi oksidasi yang elektrodanya positif (+).

Sel Elektrolisis adalah sel yang menggunakan arus listrik untuk menghasilkan reaksi redoks yang diinginkan dan digunakan secara luas di dalam masyarakat kita. Rangkaian sel elektrolisis hampir menyerupai sel volta. Yang membedakan sel elektrolisis dari sel volta adalah pada sel elektrolisis, komponen voltmeter diganti dengan sumber arus (umumnya baterai). Larutan atau lelehan yang ingin dielektrolisis, ditempatkan dalam suatu wadah. Selanjutnya, elektroda dicelupkan ke dalam larutan maupun lelehan elektrolit yang ingin dielektrolisis. (M. Reytier, 2015).

1. Elektroda

Elektroda merupakan susunan katoda dan anoda yang berperan dalam pemisahan gas hidrogen dan gas oksigen. Katoda merupakan elektroda dalam sel elektrokimia yang mengalami reduksi, dimana muatan positif bergerak kearah katoda. Dalam perangkat yang mengkonsumsi daya katoda bermuatan negatif dan dalam perangkat yang menyediakan daya, katoda bermuatan positif. Sementara anoda merupakan elektroda dalam sel elektrokimia yang mengalami oksidasi, dimana muatan negatif bergerak menuju anoda. Anoda bermuatan positif dalam perangkat yang mengkonsumsi daya, dan anoda bermuatan negatif dalam perangkat yang menyediakan daya. Pada anoda terjadi reaksi oksidasi, yaitu anion (ion negatif) ditarik oleh anoda sehingga jumlah elektronnya berkurang atau bilangan oksidasinya bertambah. Pada katoda terjadi reaksi reduksi, yaitu kation (ion positif) ditarik oleh katoda dan menerima tambahan elektron, sehingga bilangan oksidasinya berkurang (Salemba et al., 2009).

Michael Faraday mengungkapkan bahwa elektroda merupakan konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non logam dari elektrolit. Elektroda adalah suatu sistem dua fase yang terdiri dari sebuah penghantar elektrolit (misalnya logam) dan sebuah penghantar ionik (larutan) (Muzakkir, 2014). Material serta luasan elektroda yang digunakan sangat berpengaruh terhadap gas hidrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis air. Sehingga material elektroda harus dipilih dari material yang memiliki konduktifitas listrik dan ketahanan terhadap korosi yang baik. Elektroda yang digunakan merupakan elektroda yang memiliki ketahanan tinggi terhadap korosi, misalnya logam mulia. Harga logam mulia yang tinggi menjadi salah satu hambatan dalam melakukan penelitian, sehingga dipilih logam alternatif yaitu tembaga dan aluminium yang memiliki harga relatif murah dan juga mempunyai ketahanan korosi yang tinggi (Suman, 2014).

Ada berbagai macam jenis atau model elektroda yang bisa digunakan dalam proses elektrolisis tergantung keinginan pembuat alat. Akan tetapi bentuk dan ukuran elektroda tersebut bisa mempengaruhi cepat lambatnya pembuatan gas hidrogen / pemisahan gas hidrogen (Ping et al., 2012). Proses korosi akan cepat terjadi akibat dilewati elektrolit baik bersifat asam maupun garam. Elektrolit yang melewati elektroda dan pelat netral sama-sama mengalami reaksi kimia. Hal ini dapat dilihat pada permukaan baik elektroda, plat netral maupun plat sisi terdapat endapan yang menempel pada permukaan plat (adsorpsi) atau peristiwa menempelnya molekul ion atau atom pada permukaan (Bird, 1993).

2. Elektrolit

Elektrolisis air tidak bisa mengubah 100% energi listrik yang dialirkan menjadi energi kimia pada hidrogen. Pada proses elektrolisis ini membutuhkan energi yang jauh lebih besar untuk mengaktifkan air agar dapat terionisasi. Jumlah energi listrik yang dialirkan tidak sebanding dengan jumlah gas hidrogen yang dihasilkan. Dengan menggunakan metode elektrolisis biasa hanya bisa menghasilkan sekitar 4% produksi gas hidrogen dari jumlah energi yang dialirkan. Maka dari itu dalam proses elektrolisis membutuhkan larutan elektrolit untuk mempermudah pemutusan senyawa-senyawa penyusun air.

Elektrolit merupakan senyawa lelehan atau larutan yang bisa menghantarkan listrik. Molekul-molekul dari elektrolit ini akan terurai menjadi partikel-partikel bermuatan listrik positif dan negatif yang biasa disebut dengan ion (ion positif-ion negatif). Apabila larutan elektrolit dialiri dengan arus listrik, ion-ion dalam larutan akan bergerak menuju elektroda dengan muatan yang berlawanan, melalui cara ini arus listrik akan mengalir dan ion bertindak sebagai penghantar, sehingga dapat menghantarkan arus listrik (Jumianti et al., 2013). Berdasarkan jenis elektrolitnya, reaksi pada elektrolisis dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu elektrolisis dengan elektrolit larutan dan elektrolisis dengan elektrolit lelehan. Elektrolisis dengan elektrolit larutan diperoleh dengan cara melarutkan padatan elektrolit di dalam air. Zat yang dapat mengalami reaksi redoks bukan hanya kation dan anionnya, tetapi juga pelarutnya (H_2O). Dengan demikian, terjadi kompetisi antara ion-ion dan molekul H_2O . Pemenang kompetisi bergantung pada harga potensial standar sel (E°), jenis elektroda, dan jenis anion. Semakin besar nilai E° , semakin mudah reaksi induksi terjadi. Elektrolisis dengan

elektrolit lelehan diperoleh dengan cara memanaskan padatan elektrolit tanpa melibatkan air. Kation di katoda akan direduksi, sedangkan anion di anoda akan dioksidasi (Helmenstine, 2001).

Berdasarkan daya hantarnya larutan elektrolit terbagi menjadi tiga, yaitu:

1. Larutan elektrolit kuat

Larutan elektrolit kuat adalah larutan yang banyak menghasilkan ion-ion karena terurai sempurna, maka nilai derajat ionisasi (α) = 1. Beberapa elektrolit seperti kalium klorida, natrium hidroksida, dan natrium nitrat terionisasi sempurna menjadi ion-ionnya dalam larutan.

2. Larutan elektrolit lemah

Larutan elektrolit lemah adalah larutan yang daya hantar listriknya lemah dengan nilai derajat ionisasi sebesar $0 < \alpha < 1$. Larutan elektrolit lemah mengandung zat yang hanya sebagian kecil menjadi ion-ion ketika larut dalam air. Contohnya adalah larutan ammonia, larutan asam karboksilat dan larutan hidrogen sulfida.

3. Larutan non elektrolit

Larutan non elektrolit adalah larutan yang tidak dapat menghantarkan arus listrik karena zat terlarutnya di dalam pelarut tidak dapat menghasilkan ion-ion, yang tergolong jenis larutan ini adalah urea, sukrosa, glukosa, alkohol dan lain-lain (Marayanti, 2008).

Pada penelitian ini larutan elektrolit yang digunakan adalah KCl (Kalium Klorida). Larutan tersebut berperan sebagai katalisator yang berfungsi untuk mempermudah pemutusan ikatan gas hidrogen dan oksigen dalam air (Young, 1991).

1. Kalium Klorida (KCl)

Kalium Klorida adalah senyawa kimia dengan rumus KCl. Senyawa ini termasuk kelompok garam dan sudah digunakan sejak lama. Senyawa ini disebut Potasium chloride, Sylvite, dan Muriate of potash (Putra, 2010). KCl adalah senyawa garam alkali tanah dengan yang terbentuk dari unsur kalium dan klor. Dengan melarutkan elektrolit didalam air akan meningkatkan konduktifitas listrik karena dengan penambahan elektrolit pada proses elektrolisis akan menurunkan energi yang dibutuhkan, sehingga laju reaksi pemecahan molekul air menjadi lebih cepat. Ketika katalis bereaksi dengan air maka senyawa tersebut berubah:

- Untuk KCl dengan air (elektrolit netral)



Sifat-sifat KCl dapat dilihat pada (Tabel 2).

Tabel 2. sifat fsika dan kimia KCl

Sifat	Keterangan
Wujud	Garam kristal
Warna	Putih/ tak berwarna
Berat molekul (g/mol)	74,5513 g/mol
Densitas	1,984 g/cm ³
Titik lebur	770 °C (1420 °F) (1040 K)
Titik didih	1420 °C (2590 ° F) (1690 K)
Struktur kristal	Face centered cubic

(Sumber : Gaikwad, 2004).

2. Air

Air merupakan substansi kimia dengan rumus kimia H_2O , satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air merupakan senyawa yang sangat penting dalam kehidupan. Keberadaan air sangat melimpah di bumi, yaitu mencapai $1,4 \times 10^9 \text{ km}^3$. Kelimpahannya di alam dimanfaatkan dalam bidang industri sebagai pelarut dan reaktan untuk menghasilkan suatu produk (Brini et al., 2017). Dalam penelitian ini, air digunakan sebagai sumber atom H yang kelak akan membentuk gas H_2 melalui reaksi elektrolisis air.

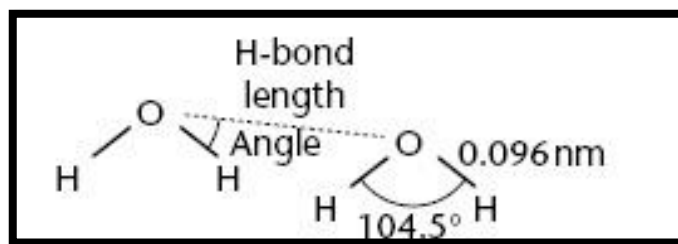
Air merupakan senyawa yang tidak berbau, tidak berasa, dan tidak berwarna pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) dan temperatur 273,15 K (0°C). Air sering disebut sebagai pelarut universal karena air melarutkan banyak zat kimia. Air berada dalam kesetimbangan dinamis antara fase cair dan padat di bawah tekanan dan temperatur standar. Dalam bentuk ion, air dapat dideskripsikan sebagai sebuah ion hidrogen yang berasosiasi (berikatan) dengan sebuah ion hidroksida (Natalia et al., 2016). Sifat-sifat air dapat dilihat pada (Tabel 3).

Tabel 3. Sifat fisika dan kimia Air

Sifat	Keterangan
Nama lain	<i>Aqua, dihidrogen monoksida, hidrogen hidroksida</i>
Rumus molekul	H ₂ O
Massa 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 (32 °F) (273,15 K)
Titik didih	100 °C (212 °F) (373,15 K)
Kalor jenis	4184 J/(kg.K) (Cairan pada 20 °C)

(Sumber : Mazloomi, 2012).

Dalam sebuah molekul air, dua buah atom hidrogen yang bersifat elektron positif berikatan dengan sebuah atom oksigen yang bersifat elektronegatif melalui dua ikatan kovalen. Daya tarik menarik di antara kutub positif sebuah molekul air dengan kutub negatif molekul air lainnya menyebabkan terjadinya ikatan hidrogen antara molekul-molekul air.



Gambar 2. Struktur Molekul Air (sharp et al., 2001)

E. Karakteristik Logam Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan logam jingga kemerahan dan merupakan salah satu logam dengan kelimpahan terbanyak ke-5 di permukaan bumi. Pada kehidupan

sehari-hari, tembaga dimanfaatkan sebagai bahan pembuat perkakas rumah tangga, komponen utama pada kabel listrik, dan diaplikasikan pada banyak perangkat elektronik sebagai material konduktor (Gohar & Hasan, 2017). Tembaga melebur pada suhu 1038°C dan memiliki daya hantar listrik yang tinggi yaitu $57 \text{ Ohm}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ pada suhu 200°C . Titik cair tembaga adalah 1083°C , titik didihnya 2593°C , massa jenisnya $8,96 \text{ g/cm}^3$ dan kekuatan tariknya 160 N/mm^2 . Potensial elektroda standar dari tembaga positif yaitu $+0,34\text{V}$. Tembaga atau cuprum dalam tabel periodik memiliki lambang Cu dan nomor atom 29.

Logam ini termasuk logam berat non ferro (logam dan paduan yang tidak mengandung Fe dan C sebagai unsur dasar) yang memiliki sifat penghantar listrik dan panas yang tinggi. Sebagian besar tembaga dipakai sebagai kawat atau bahan untuk menukar panas dalam memanfaatkan hantaran listrik dan panasnya yang baik. Selain itu, tembaga termasuk logam tahan karat. Sedangkan sifat-sifat kimia tembaga yaitu merupakan unsur yang relatif tidak reaktif sehingga tahan terhadap korosi (Fateh et al., 2017).

F. Karakteristik Aluminium (Al)

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik. Berat jenis aluminium adalah $2,643 \text{ kg/m}^3$ cukup ringan dibandingkan dengan logam lain. Aluminium ditemukan dalam bentuk kawat *foil*, lembaran, plat dan profit. Paduan aluminium dapat dibentuk, dimesin, dilas atau dipatri. Aluminium memiliki sifat yang ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang baik. Sifat korosi dari aluminium diperoleh karena terbentuknya lapisan

oksida aluminium pada permukaan aluminium (Sundari, 2011). Sifat-sifat aluminium dapat dilihat pada (Tabel 4).

Tabel 4. Sifat fisika dan kimia Aluminium

Sifat	Keterangan
Penampilan	Abu-abu perak metalik
Struktur kristal	Kubus berpusat muka (fcc)
Titik lebur	660,32 °C (1220,58 °F) (2792 K)
Titik didih	2519 °C (4566 °F) 2792 K
Kepadatan	2,70 g/cm ³
Kalor jenis (25 °C)	24,2 J/mol K
Resistansi listrik (20 °C)	28,2 nΩ m

(Sumber : Duan et al., 2012).

G. Generator DC

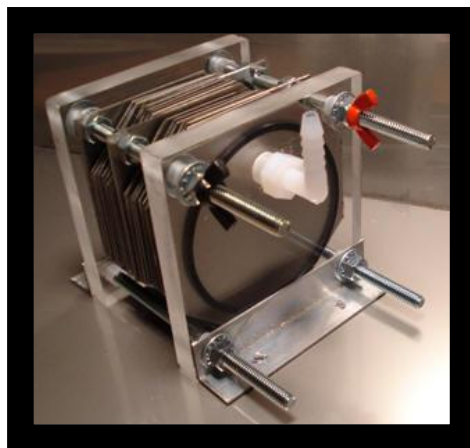
Generator adalah pengkonversi energi dari bentuk energi mekanik menjadi energi listrik yang berlangsung di daerah medan magnet. Karena adanya energi mekanik yang diberikan pada generator, maka akan timbul arus listrik dalam suatu penghantar akibat perubahan medan magnet di sekitar kawat penghantar tersebut (Silva et al., 2015). Elektrolisis dibedakan menjadi 2 tipe berdasarkan generator yang digunakan yaitu elektrolisis tipe kering (*dry cell*) dan tipe basah (*wet cell*). Sel elektrolisis tipe *wet cell* merupakan generator elektrolisis dimana semua elektrodanya terendam cairan elektrolit di dalam sebuah bejana air. Pada tipe *wet cell* membutuhkan energi listrik yang lebih besar dikarenakan semua area luasan

elektroda platnya terendam air untuk proses elektrolisis menghasilkan gas hidrogen.

Sel elektrolisis tipe *dry cell* merupakan generator sel elektrolisis di mana sebagian elektrodanya tidak terendam dan elektrolitnya hanya mengisi celah–celah antara elektroda itu sendiri.

Keuntungan reaktor HHO tipe *dry cell* adalah :

1. Air yang dielektrolisis hanya seperlunya, yaitu hanya air yang terjebak di antara lempengan elektroda.
2. Panas yang ditimbulkan relatif kecil, karena selalu terjadi sirkulasi antara air panas dan air dingin di reservoir.
3. Arus listrik yang digunakan relatif lebih kecil, karena air yang dielektrolisis hanya seperlunya dan daya yang terkonversi menjadi panas semakin sedikit.



Gambar 3. Reaktor Tipe *Dry Cell* (Frarid, 2012)

Generator DC atau arus searah mempunyai komponen dasar yang umumnya hampir sama dengan komponen generator AC. Secara garis besar generator arus searah adalah alat konversi energi mekanis berupa putaran menjadi energi listrik arus searah (Rouzbehi et al., 2019).

H. Sensor MQ-8

Sensor adalah komponen yang dapat digunakan untuk mengkonversi suatu besaran tertentu menjadi satuan analog sehingga dapat dibaca oleh suatu rangkaian elektronik, dengan kata lain Sensor adalah alat untuk mendeteksi/mengukur sesuatu, yang digunakan untuk mengubah variasi mekanis, magnetis, panas, sinar dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik. Sensor Gas Hidrogen (MQ-8) adalah salah satu sensor gas yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap gas hidrogen. Sensor MQ-8 berguna sebagai sensor yang merubah konsentrasi gas hidrogen (H_2) menjadi data elektronik. Data elektronik ini kemudian diolah di *microcontroller* agar dapat dianalisis. MQ-8 dapat mendeteksi konsentrasi gas hidrogen 100-10000 ppm (Das, 2002). Sensor MQ-8 merupakan sensor gas semikonduktor yang peka terhadap gas hidrogen dengan respon pendeteksian yang cepat. Sensor ini bekerja dengan stabil dan mempunyai umur yang panjang dalam pemakaiannya. Sensor MQ-8 juga dapat digunakan untuk mendeteksi kebocoran gas pada peralatan rumah tangga maupun industri, namun sensitivitasnya rendah (Sinclair, 2012). Spesifikasi dari sensor MQ-8 ini dapat dilihat pada tabel 5 :

Tabel 5. Spesifikasi Sensor MQ-8

Spesifikasi	Keterangan
Target gas	Gas hidrogen (H_2)
Range pendeteksian	100 -10000 ppm
Pemanasan tegangan	5 V $\pm$ 0.1 (DC/AC)
Tegangan Rangkaian	5 V $\pm$ 0.1 (DC/AC)

(Sumber : Pulkrabek, 1997).

Sensor MQ-8 disusun oleh tabung keramik mikro Al_2O_3 , Dioksida Tin (SnO_2) untuk lapisan sensitif, pengukur elektroda dan pemanas yang menjadi lapisan kulit yang dibuat oleh jaring plastik dan stainless steel. Pemanas menyediakan kondisi kerja yang diperlukan untuk pekerjaan sensitif komponen. Sensor MQ-8 memiliki 6 pin, 4 pin digunakan untuk mengambil sinyal, dan 2 pin lainnya digunakan untuk menyediakan pemanasan. Adapun sensor MQ-8 dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4. Sensor MQ-8 (Wang et al., 1998)

Jika molekul gas H_2 mengenai permukaan sensor maka satuan resistansinya akan mengecil sesuai dengan konsentrasi gas, sebaliknya jika konsentrasi gas menurun akan diikuti dengan semakin tingginya resistansi maka

tegangan keluarannya akan menurun. Pengaruh perubahan konsentrasi gas dapat mengubah nilai resistansi sensor dan juga akan mempengaruhi tegangan keluarannya, sehingga perbedaan inilah yang dijadikan acuan bagi pendeteksi gas berbahaya ini (El-Hamid et al., 2015).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. KCl termasuk jenis elektrolit kuat jika dilarutkan dalam air akan terurai menjadi ion-ion sehingga memiliki daya hantar listrik yang baik.
2. Semakin besar konsentrasi larutan KCl maka semakin besar pula konsentrasi gas hidrogen hasil elektrolisis yang dihasilkan.
3. Konsentrasi gas hidrogen hasil elektrolisis maksimum terjadi pada konsentrasi larutan KCl 0,75 M yaitu sebesar 37 ppm.
4. Prinsip kerja dari sensor MQ-8 ini adalah jika molekul gas hidrogen mengenai permukaan sensor maka resistansinya akan mengecil sesuai dengan konsentrasi gas, hal itu berlaku sebaliknya jika molekul gas hidrogen tidak mengenai permukaan sensor maka resistansinya tidak akan berubah.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar melakukan modifikasi terhadap elektroda, larutan elektrolit yang berbeda, modifikasi terhadap sensor agar akurat dalam membaca konsentrasi gas hidrogen sehingga dapat meningkatkan produktivitas gas hidrogen yang maksimum.

DAFTAR PUSTAKA

- Barbir, Frano. 2005. PEM Electrolysis for Production of Hydrogen from Renewable Energy Sources. *Solar Energy* 78(5):661–69
- Bird, Tony. 1993. Kimia Fisik Untuk Universitas. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama
- Brini, Emiliano, Christopher J. Fennell, Marivi Fernandez-Serra, Barbara Hribar-Lee, Miha Lukšič, and Ken A. Dill. 2017. How Water's Properties Are Encoded in Its Molecular Structure and Energies. *Chemical Reviews* 117(19):12385–414
- Carmo, Marcelo, David L. Fritz, Jürgen Mergel, and Detlef Stolten. 2013. A Comprehensive Review on PEM Water Electrolysis. *International Journal of Hydrogen Energy* 38(12):4901–34
- Chakik, Fatima ezzahra, Mohammed Kaddami, and Mohammed Mikou. 2017. Effect of Operating Parameters on Hydrogen Production by Electrolysis of Water. *International Journal of Hydrogen Energy* 42(40):25550–57
- Civiniz, M., dan Huseyin, K. 2012. Hidrogen Use In Internal Combustion Engine. *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*. Vol 1, Issue 1, Hal. 1-15
- Damanik, Wawan Septiawan, Munawar Siregar Alfansury dan Khairul Umurani. 2015. Pengaruh Jarak Katoda dan Anoda Terhadap Tekanan Gas Hidrogen dan Klorin Yang Dihasilkan Dalam Proses Elektrolisis Air Garam. Universitas Muhammadiyah, Sumatera Utara
- Das, M. L. 2002. Hidrogen engine: research and development (R&D) programmers in Indian Institute of Technology (IIT). *International Journal of Hidrogen Energi* Vol. 27: 953-965. Delhi
- Das, D. And T.N. Veziroğlu. 2001. Hydrogen Production by Biological Processes: A Survey of Literature. *International Journal of Hydrogen Energy*. 26(1): 13-28
- de Fátima Palhares, Dayana. D.Ar., Luiz Gustavo Martins Vieira, and Damasceno, J. J. R. 2018. Hydrogen Production by a Low-Cost Electrolyzer Developed through the Combination of Alkaline Water Electrolysis and Solar Energy Use. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43(9). 4746–53
- Diego, Santos., Cesar, Sequire. 2013. "Hydrogen Production By Alkaline Water Electrolysis. Vol. 36, No.8, 1176-1193