

**EFEK VARIASI PLAT ELEKTRODA Cu/Al PADA
GENERATOR HIDROGEN**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai Salah Satu Persyaratan guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains (S.Si)*



OLEH:

SRI WAHYU WARDANI

NIM. 15036078/2015

PROGRAM STUDI KIMIA

JURUSAN KIMIA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2019

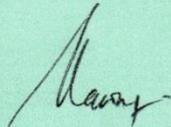
PERSETUJUAN SKRIPSI

EFEK VARIASI PLAT ELEKTRODA Cu/Al PADA
GENERATOR HIDROGEN

Nama : Sri Wahyu Wardani
NIM : 15036078
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

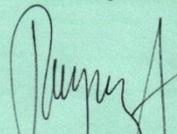
Padang, Juli 2019

Mengetahui:
Ketua Jurusan Kimia



Dr. Mawardi, M.Si.
NIP. 19611123198903100

Disetujui oleh:
Dosen pembimbing



Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si.
NIP. 197401212000121001

PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Sri Wahyu Wardani
NIM : 15036078
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

**EFEK VARIASI PLAT ELEKTRODA Cu/Al PADA
GENERATOR HIDROGEN**

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

Padang, Juli 2019

| Tim Penguji | Nama |
|-------------|-----------------------------------|
| Ketua : | Dr. Rahadian Zainul, S.Pd., M.Si. |
| Anggota : | Ananda Putra, M.Si., Ph.D. |
| Anggota : | Dr. Desy Kurniawati, S.Pd., M.Si. |

Tanda tangan



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Sri Wahyu Wardani
NIM/TM : 15036078/2015
Tempat/tanggal Lahir : Dumai /22 September 1997
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Kota Dumai, Provinsi Riau
No. HP/Telepon : 08126794562
Judul Skripsi : Efek Variasi Plat Elektroda Cu/Al Pada Generator Hidrogen

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil karya saya dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik (sarjana) baik di UNP maupun di perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat orang yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatangani **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji.

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Padang, Agustus 2019
Yang membuat pernyataan


Sri Wahyu Wardani
NIM. 15036078

“Efek Variasi Plat Elektroda Cu/Al Pada Generator Hidrogen”

Sri Wahyu Wardani

ABSTRAK

Bahan bakar berbasis hidrogen merupakan salah satu bahan bakar alternatif ramah lingkungan yang saat ini sedang dikembangkan. Produksi hidrogen yang paling banyak digunakan saat ini adalah melalui sel elektrolisis, yang terdiri dari penggunaan listrik di wadah yang mengandung air. Hidrogen dari air adalah salah satu sumber energi alternatif yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus dapat mengurangi polusi. Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh variasi jumlah lapisan plat dan variasi elektrolit terhadap gas hidrogen yang dihasilkan. Pada penelitian ini digunakan plat elektroda Cu-Al. Cu dan Al merupakan elektroda yang memiliki konduktivitas yang baik. Listrik digunakan sebagai sumber energi untuk memecah (*splitting*) hidrogen dan oksigen ke fase gas. Teknik ini menghasilkan energi bersih tanpa emisi polusi. Pada elektrolisis ini listrik yang dihasilkan berasal dari sumber daya DC. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu elektrolisis. Pada penelitian ini dilakukan pemvariasian jumlah lapisan plat elektroda yang digunakan pada generator ini. Adapun variasi jumlah lapisan plat elektroda tersebut adalah lapisan 8, lapisan 10 dan lapisan 12. Arus dan tegang yang digunakan pada proses elektrolisis ini tetap yaitu 0,6 ampere dan 2 volt selama 1 jam. Hasil pengukuran volume gas hidrogen menggunakan elektrolit aquades dengan variasi plat 8, 10 dan 12 berturut-turut adalah 10 mL, 4 mL, dan 2 mL. Untuk penggunaan elektrolit CH_3COONa pengukuran volume gas hidrogen dengan variasi plat 8, 10 dan 12 berturut-turut adalah 144 mL, 0 mL dan 0 mL. Sedangkan pada saat menggunakan elektrolit NH_4Cl pengukuran volume gas hidrogen dengan variasi plat 8, 10 dan 12 berturut-turut adalah 112 mL, 0 mL dan 0 mL. Hasil analisa berdasarkan data tersebut menunjukkan pertambahan jumlah lapisan plat mempengaruhi hasil produksi gas hidrogen yang mana hasil produksi gas hidrogen berkurang dengan penambahan jumlah lapisan plat. Sedangkan penggunaan elektrolit berupa garam dapat mempercepat reaksi dan menyebabkan pertambahan volume gas hidrogen yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan plat lapisan 8 memiliki hasil yang maksimal.

Kata Kunci: elektrolisis, elektroda, Cu-Al, arus, tegangan

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan Alhamdulillahirabbal'alamin sebagai wujud rasa syukur kehadiran Allah SWT atas segala Rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "**Efek Variasi Plat Elektroda Cu/Al Pada Generator Hidrogen**". Skripsi ini diajukan untuk memenuhi persyaratan mata kuliah Tugas Akhir 2 sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis telah mendapatkan bantuan dan bimbingan dari banyak pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Rahadian Zainul, S.Pd, M.Si selaku dosen pembimbing akademik yang telah mengarahkan hingga selesainya penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Mawardi, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Ananda Saputra S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Dosen Penguji.
4. Ibu Dr. Desy Kurniawati M.Si sebagai Dosen Penguji.
5. Bapak Hary Sanjaya, M.Si selaku Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
6. Laboran Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
7. Kedua Orang tua penulis dan teman-teman yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi penelitian ini.

Semoga bimbingan dan bantuan yang Bapak dan Ibu serta teman-teman berikan dapat menjadi amal kebaikan dan memperoleh balasan yang lebih baik

dari Allah SWT. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Untuk itu, penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis ucapkan terima kasih.

Padang, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| ABSTRAK | i |
| KATA PENGANTAR | ii |
| DAFTAR ISI..... | iii |
| DAFTAR GAMBAR | vi |
| DAFTAR TABEL..... | vii |
| DAFTAR LAMPIRAN..... | viii |
| BAB 1 PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Rumusan Masalah..... | 5 |
| C. Batasan Masalah..... | 5 |
| D. Tujuan Penelitian | 5 |
| E. Manfaat Penelitian | 5 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 7 |
| A. Elektrolisis..... | 7 |
| B. Komponen Sel Elektrolis | 9 |
| C. Klasifikasi Generator Elektrolisis Berdasarkan Elektrolit yang Digunakan ... | 12 |
| D. Karakteristik Logam Tembaga (Cu)..... | 13 |
| E. Karakteristik Alumunium (Al)..... | 14 |
| F. Hidrogen..... | 14 |
| G. Oksigen..... | 15 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 17 |
| A. Tempat dan Watu Penelitian | 17 |
| B. Objek Penelitian..... | 17 |
| C. Jenis Penelitian | 17 |
| D. Variabel Penelitian | 17 |
| 1. Variabel Bebas..... | 17 |
| 2.Variabel Terikat | 17 |
| 3. Variabel Kontrol | 17 |
| E. Alat dan Bahan..... | 18 |

| | |
|---|----|
| 1. Alat | 18 |
| 2. Bahan | 18 |
| F. Prosedur Kerja Penelitian..... | 18 |
| 1. Preparasi Elektroda | 18 |
| 2. Cara Kerja Reaktor | 18 |
| 3. Desain Generator | 20 |
| 4. Pengukuran Volume Gas Hidrogen dan Oksigen | 20 |
| G. Desain Penelitian | 22 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN | 23 |
| A. Preparasi Plat Elektroda | 23 |
| B. Hasil Pengukuran Volume Produksi Gas Hidrogen..... | 24 |
| C. Hasil yang diperoleh anoda..... | 27 |
| BAB V PENUTUP..... | 28 |
| A. Kesimpulan | 28 |
| B. Saran..... | 28 |
| REFERENSI | 29 |
| LAMPIRAN | 32 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|----------------|
| 1. Prinsip dasar proses elektrolisis | 8 |
| 2. Struktur Molekul Air (Sharp et al., 2001) | 12 |
| 3. Susunan Plat Elektroda | 18 |
| 4. Rangkain Plat Elektroda..... | 19 |
| 5. Skema Reaktor Hidrogen berbasis sandwich (1. Tabung elektrolit 2. Akrilik 3. Karet (gasket) 4. Plat Alumunium 5. Plat Tembaga 6. Slang penyalur gas)..... | 20 |
| 6. Generator (1. Baut; 2. Soket; 3. Pipa; 4.Akrilik) | 20 |

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|----------------|
| 1. Sifat-sifat air (Barca, 2012)..... | 11 |
| 2. Sifat-sifat Alumium (Sundari,2011)..... | 14 |

DAFTAR LAMPIRAN

| Lampiran | Halaman |
|--|----------------|
| 1. Preparasi Elektroda | 32 |
| 2. Persiapan Paking | 32 |
| 3. Perakitan Akrilik | 32 |
| 4. Perakitan Generator | 33 |
| 5. Pengujian Generator | 33 |
| 6. Perhitungan mencari mol gas H ₂ | 33 |
| 7. Menghitung massa Al yang teroksidasi | 34 |
| 8. Dokumentasi Penelitian | 36 |
| 9. Data perubahan Berat Alumunium sebelum dan setelah dielektrolisis | 38 |
| 10. Hasil Pengukuran Gas Hidrogen Menggunakan Sensor TGS 821 | 41 |

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi terbarukan dan lingkungan yang tidak tercemar merupakan dua hal penting pada masyarakat zaman sekarang. Sumber utama energi yang selama ini digunakan untuk bahan bakar kendaraan maupun keperluan industri adalah dari bahan bakar fosil (Jang et al. 2010). Kebutuhan energi terus meningkat dengan meningkatnya populasi. Menurut kementerian ESDM (2017 dan 2018), pada tahun 2016 sekitar 91,16% dari total 1.001,33 juta BOE (*Barrel Oil Equivalent*) dan pada tahun 2017 sekitar 93,35% dari total 1.082,81 juta BOE (*Barrel Oil Equivalent*) kebutuhan energi di Indonesia berasal dari energi tidak terbarukan seperti minyak bumi, gas alam, dan batubara. Data tersebut menunjukkan bahwa terjadi peningkatan kebutuhan energi di Indonesia yang bersumber dari energi tidak terbarukan. Sedangkan produksi minyak bumi di Indonesia mengalami penurunan. Pada tahun 2016 jumlah dari produksi minyak bumi sebanyak 304.167 ribu barel kemudian produksi pada tahun 2017 yang terus mengalami penurunan dengan memproduksi 300,830 ribu barel (Kencono *et al.*, 2017 & Agus *et al.*, 2018).

Energi yang dihasilkan dari bahan bakar fosil (minyak, gas alam, batu bara) menghasilkan gas rumah kaca, seperti karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄) yang menyebabkan pemanasan global. Penggunaan bahan bakar fosil juga menyebabkan bahaya dalam tubuh manusia dan semua makhluk yang ada di lingkungan. Cadangan sumber daya fosil juga terbatas sehingga diperlukan energi

alternatif yang terbarukan (*renewable energy*) dan juga ramah lingkungan untuk mengatasi masalah tersebut (de Fátima Palhares *et al.*, 2018). Salah satu energi terbarukan yang ada yaitu energi air. Energi air memiliki potensi yang sangat besar karena air merupakan sumber energi yang paling melimpah di dunia (75% dari total massa unsur alam semesta) dan berdasarkan luas di Indonesia, sekitar 2/3 wilayah Indonesia terdiri dari air sehingga air berpotensi sangat besar untuk dapat dimanfaatkan energinya. Pemanfaatan energi ini sudah mulai diterapkan seperti pembangkit listrik tenaga air, energi gelombang laut dan produksi gas hidrogen (Novan, Yoga., 2017)

Hidrogen menjadi fokus perhatian pengembangan energi terbarukan karena lebih bersih dan ramah lingkungan (Fan *et al.*, 2013). Hidrogen dari sumber tebarukan dapat digunakan sebagai *biofuel* dan penggunaannya telah meningkat terutama mengenai penggunaan dalam sel bahan bakar (dos Santos *et al.* 2017). Keuntungan energi dalam H₂ dapat disimpan untuk digunakan di masa depan sehingga dapat mengurangi masalah yang timbul dari konsumsi sumber daya tidak terbarukan (dos Santos *et al.* 2017). Hidrogen dari air adalah salah satu sumber energi alternatif yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil sekaligus dapat mengurangi polusi (Jang *et al.* 2010).

Hidrogen sebagai bahan bakar memiliki banyak kelebihan dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Bahan bakar berbasis hidrogen memiliki kapasitas energi per satuan massa yang besar yaitu 122 kJ/g dibandingkan dengan bensin 40 kJ/g (Liao, Huang, and Wu 2012) dan produk dari hasil pembakarannya adalah air (Wei *et al.* 2018) yang tidak memiliki dampak negatif terhadap lingkungan (Li *et al.* 2015).

Hidrogen dan bahan bakar yang kaya akan hidrogen seperti gas alam dan biogas digunakan dalam sel bahan bakar untuk menghasilkan energi yang bersih dan efisien dalam berbagai aspek seperti transportasi. Hidrogen adalah salah satu bahan bakar yang berpotensi untuk dikembangkan. Gas hidrogen dapat diperoleh dengan berbagai cara, antara lain melalui proses yang disebut “*steam reforming*”, yaitu proses pembentukan gas H_2 dari dekomposisi hidrokarbon (biasanya metana). *Steam reforming* memiliki kelemahan karena hanya dapat berlangsung pada suhu dan tekanan yang tinggi (Liao et al. 2012).

Gas hidrogen dapat diproduksi dari sumber terbarukan dalam bentuk biomassa dan melalui proses pemanfaatan air seperti elektrolisis, dekomposisi termal, dan dekomposisi fotokatalitik (Melián et al. 2013). Salah satu metoda dengan biaya yang murah dan ramah lingkungan untuk produksi hidrogen adalah elektrolisis air (Chehade et al. 2018).

Elektrolisis adalah proses penguraian air membentuk hidrogen dan oksigen. Ada beberapa cara untuk menghasilkan hidrogen melalui proses elektrolisis, seperti termokimia, fotokimia, fotoelektrokimia, mikrobiologi, dan produksi hidrogen melalui sel elektrolit. Produksi hidrogen melalui proses termokimia berlangsung pada suhu $2000^{\circ}C$, yang membutuhkan energi tinggi untuk pemanasan. Campuran yang terbentuk dari proses termokimia tidak stabil dan dapat menimbulkan ledakan. Pada proses fotokimia digunakan reaktor fotokimia dimana cahaya mengaktifkan fotokatalis. Sedangkan pada fotoelektrokimia menggunakan prinsip jumlah energi cahaya yang diubah menjadi hidrogen, sehingga proses ini dianggap kurang efektif.

Produksi hidrogen yang paling banyak digunakan saat ini adalah melalui sel elektrolisis, yang terdiri dari penggunaan listrik di wadah yang mengandung air. Sel-sel ini terdiri dari dua elektroda yaitu katoda dan anoda yang berfungsi untuk mengalirkan listrik ke sistem (dos Santos et al. 2017). Elektroda merupakan salah satu komponen yang sangat penting pada proses elektrolisis air. Elektroda berfungsi sebagai penghantar arus listrik dari sumber tegangan ke air yang akan di elektrolisis. Material serta luasan elektroda yang digunakan sangat berpengaruh terhadap gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis air. Sehingga material elektroda harus dipilih dari material yang memiliki konduktifitas listrik yang baik. Tembaga dan aluminium merupakan elektroda yang memiliki konduktifitas yang baik. Listrik digunakan sebagai sumber energi untuk memecah (*splitting*) hidrogen dan oksigen ke fase gas. Teknik ini menghasilkan energi bersih tanpa emisi polusi. Pada elektrolisis ini listrik yang dihasilkan berasal dari sumber daya DC. Pada suhu kamar pemecahan air sangat kecil, sekitar 10 mol/liter karena air murni merupakan konduktor listrik yang sangat buruk. Oleh karenanya, elektrolisis air akan berjalan secara lambat. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi terhadap elektrolisis air. Modifikasi elektrolisis air dapat dilakukan dengan meliputi penambahan zat terlarut yang bersifat elektrolit, dapat berupa basa, asam, maupun garam untuk meningkatkan konduktivitas listrik dari air. (Gahleitner 2013).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penulis tertarik untuk mengangkat judul “Efek Variasi Plat Elektroda Cu/Al Pada Generator Hidrogen” untuk tugas akhir.

B. Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh variasi plat elektroda terhadap produksi gas Hidrogen?
2. Bagaimana pengaruh variasi elektrolit terhadap produksi gas Hidrogen?

C. Batasan Masalah

Adapun Batasan masalah pada penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Elektroda yang digunakan adalah Al (0,7mm) dan Cu (0,4 mm).
2. Elektrolit yang digunakan yaitu Aquades, CH_3COONa , NH_4Cl .
3. Metode yang digunakan untuk menghasilkan gas H_2 adalah elektrolisis.
4. Sumber energi yang dipakai berasal dari *Power Supply*.

D. Tujuan Penelitian

Tujuan yang diharapkan dalam penelitian ini adalah:

1. Menentukan pengaruh variasi jumlah plat elektroda yang digunakan terhadap gas Hidrogen yang dihasilkan.
2. Menentukan pengaruh variasi elektrolit terhadap gas Hidrogen yang dihasilkan.

E. Manfaat Penelitian

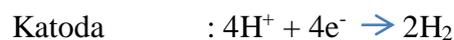
1. Dapat mengetahui pengaruh variasi jumlah plat elektroda terhadap produksi gas.
2. Mengetahui pengaruh variasi elektrolit terhadap gas Hidrogen yang dihasilkan.

3. Dapat memberikan tambahan wawasan akan bahan bakar yang ramah lingkungan berbasis hidrogen.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Elektrolisis

Elektrolisis merupakan suatu proses penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen. Elektrolisis terjadi ketika aliran arus listrik melalui senyawa ionik dan senyawa tersebut mengalami reaksi kimia. Hantaran listrik melalui larutan elektrolit menghasilkan sumber arus searah dan memberi muatan yang berbeda pada kedua elektroda. Katoda atau elektroda yang dihubungkan dengan katub negatif (bermuatan negatif), sedangkan Anoda atau elektroda yang dihubungkan dengan katub positif (bermuatan positif). (Marlina dkk, 2013) Elektrolisis adalah suatu proses penguraian molekul air (H₂O) menjadi Hidrogen (H₂) dan Oksigen (O₂) dengan energi pemicu reaksi berupa energi listrik. Proses ini dapat berlangsung ketika dua buah elektroda ditempatkan dalam air dan arus searah dilewatkan diantara dua elektroda tersebut. Hidrogen terbentuk pada katoda, sementara Oksigen pada anoda. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

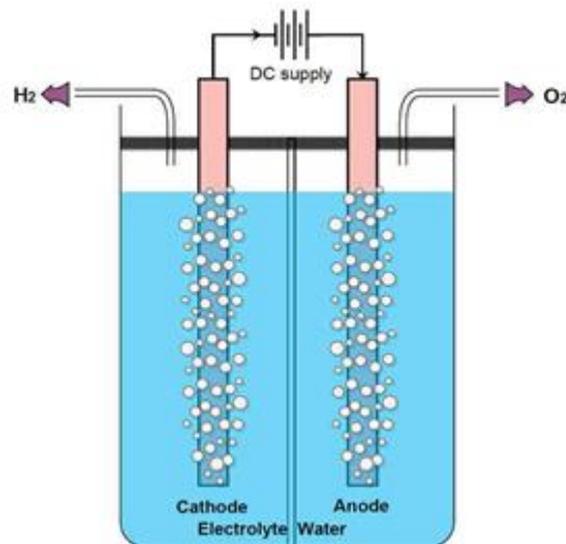


Pada elektrolisis timbulnya gas H₂ dan O₂ baru mulai setelah E lebih besar dari 1,7 volt. Ada dua prinsip yang khas dari elektrolisis yaitu kaitan antara beda potensial yang digunakan dan arus yang mengalir melalui sel elektrolisis. Dalam elektrolisis air, energi listrik dan panas diubah menjadi energi kimia, yang disimpan sebagai hidrogen, dan oksigen diproduksi sebagai produk sampingan.

Menurut Faraday hukum elektrolisis, produksi hidrogen secara langsung sebanding dengan muatan listrik yang ditransfer pada elektroda (Chakik, Kaddami, and Mikou 2017). Elektrolisis air dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti katalis, luas penampang, elektroda, kuat arus, dan larutan elektrolit (Barca, 2012).

Teknologi elektrolisis air dapat dibagi menjadi tiga klasifikasi berdasarkan elektrolit yang digunakan pada sel elektrolisis, yaitu:

1. Penggunaan elektrolit basa: *Alkaline Water Electrolysis (AWE)*
2. Elektrolisis pada suasana inomer asam: *Polymer Electrolyte Membrane Electrolysis (PEM)*



Gambar 1 Prinsip dasar proses elektrolisis

Prinsip kerja dari kedua teknologi elektrolisis ini adalah sama. Ketika pemakaian arus yang tinggi digunakan pada sel elektrokimia yang berisi air, gelembung gas hidrogen dan oksigen akan berevolusi pada katoda (elektroda negatif) dan anoda (elektroda positif) (Rashid et al. 2015).

B. Komponen Sel Elektrolisis

1. Elektroda

Elektroda merupakan susunan katoda dan anoda yang berperan dalam pemisahan hidrogen dan 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. 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 (Rashid et al. 2015).

a. Anoda

Pada sel galvanik, anoda adalah tempat terjadinya oksidasi, bermuatan negatif disebabkan oleh reaksi kimia yang spontan, elektron akan bermuatan negatif disebabkan oleh reaksi kimia yang spontan, elektron akan dilepaskan oleh elektroda ini. Pada sel elektrolisis, sumber eksternal tegangan didapat dari luar, sehingga anoda bermuatan positif apabila dihubungkan dengan katoda. Ion-ion bermuatan negatif akan mengalir pada anoda untuk dioksidasi (Dogra,1990).

b. Katoda

Katoda merupakan elektoda tempat terjadinya reduksi. Katoda bermuatan positif bila dihubungkan dengan anoda yang terjadi pada sel galvanik. Ion bermuatan positif mengalir ke elektroda ini untuk direduksi oleh elektron-elektron yang datang dari anoda. Pada sel elektrolisis, katoda adalah elektroda yang bermuatan negatif. Ion-ion bermuatan positif (kation) mengalir ke elektroda ini untuk direduksi. Dengan demikian, di sel galvanik, elektron bergerak dari anoda ke katoda dalam sirkuit eksternal. (Bird,1993).

2. Elektrolit

Elektrolit merupakan senyawa lelehan atau larutannya yang menghantarkan listrik (Keenan, 1984). Pada penelitian ini digunakan sebagai larutan elektrolit yaitu campuran air (H_2O) garam asam dan garam basa yang merupakan jenis elektrolit.

Penambahan larutan elektrolit sebagai katalis pada proses elektrolisis akan menurunkan energi yang dibutuhkan, sehingga laju reaksi pemecahan molekul air menjadi cepat.. Larutan elektrolit ini membelah menjadi ion positif dan ion negatif dan ion ini segera mengalirkan listrik ke air dengan mengalirkan air dari satu elektroda ke elektroda lainnya. Pada penelitian ini yang digunakan adalah CH_3COONa dan NH_4Cl . Larutan tersebut berperan sebagai katalisator yang berfungsi untuk mempermudah pemutusan ikatan gas hidrogen dan oksigen dalam air (Rashid et al. 2015).

a. Air

Air merupakan senyawa yang sangat penting dalam kehidupan. Keberadaan air sangat melimpah di bumi, yaitu mencapai $1,4 \times 10^9$ km³.

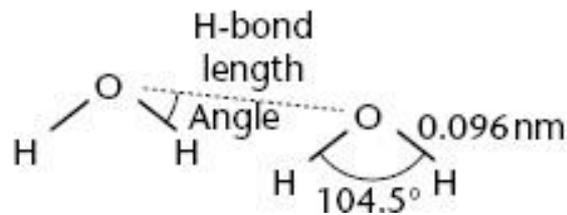
Kelimpahannya di alam dimanfaatkan dalam bidang industri sebagai pelarut dan reaktan untuk menghasilkan suatu produk. Dalam aspek biologi, air merupakan komponen terbesar penyusun sel (Brini et al. 2017). Dalam penelitian ini, air digunakan sebagai sumber atom H yang kelak akan membentuk gas H₂ melalui reaksi elektrolisis air.

Air merupakan senyawa bening, tidak berbau, dan tidak berasa. Pada suhu ruang berwujud cair dengan titik didih 373,12 K dan titik leleh 273,15 K (Brini et al. 2017). Struktur molekul air (Gambar 2.2) cukup sederhana, yaitu terdiri dari dua atom hidrogen dan satu atom oksigen. Sifat-sifat air dapat dilihat pada (Tabel 1).

Tabel 1. Sifat-sifat air (Barca, 2012)

| 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) |

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 (Sharp et al., 2001)



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

C. Klasifikasi Generator Elektrolisis Berdasarkan Elektrolit yang Digunakan

1. Elektrolisis Alkalin

Elektrolisis alkalin merupakan teknologi lama dalam proses elektrolisis. Elektrolisis alkalin bekerja pada suhu rendah ($60-80^{\circ}\text{C}$) dengan tekanan 1 bar dan 200 bar . Elektrolit yang digunakan KOH dan NaOH dengan konsentrasi kira-kira 20%-30%. Elektroda pada sel ini dipisahkan dengan diafragma yang terbuat dari asbes. (Rashid et al. 2015). Pengoperasian optimum arus yang digunakan yaitu kurang dari 400 mA/cm^2 , dan daya pemakaian untuk produksi gas H_2 adalah sekitar $4,5-5,5 \text{ kWh/Nm}^3$ dan dengan efisiensi sekitar 60% (Carmo et al. 2013). Pada sistem elektrolisis alkalin kedua elektrodanya dipisahkan dengan sebuah diafragma. Diafragma yang digunakan juga harus dapat ditembus ion hidroksida dan molekul air (Brini et al. 2017).

2. Proton Exchange Membrane (PEM)

Elektrolisis PEM merupakan metoda elektrolisis pada lingkungan ionomer asam (Chi and Yu 2018). PEM elektrolisis didasarkan pada *Proton Exchange Membran Fuel Cell (PEMFC)*. *PEMFC* memiliki rapat arus yang tinggi, mudah didistribusikan dan beroperasi pada temperature rendah. Pada

PEM, Air terbagi menjadi oksigen, proton dan elektron pada satu elektroda (anoda) dengan menerapkan tegangan DC lebih tinggi dari tegangan thermoneutral (1,82 V). Proton melewati polimer elektrolit membran dan pada katoda bergabung dengan elektron untuk membentuk hidrogen. Melewati proton melalui membran disertai dengan transportasi air. (Barbir 2005).

D. Karakteristik Logam Tembaga (Cu)

Tembaga merupakan logam oranye 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 (Fateh, Aliofkhazraei & Rezvanian, 2017). Tembaga melebur pada 1038°C dan memiliki daya hantar listrik yang tinggi yaitu $57 \text{ Ohm}\cdot\text{mm}^2/\text{m}$ pada suhu 20°C . Titik cair tembaga adalah 1083°C , titik didihnya 2593°C , massa jenisnya 8,9 dan kekuatan tariknya $160 \text{ N}/\text{mm}^2$. Potensial elektroda standar dari tembaga positif yaitu $+0,34\text{V}$. Tembaga atau *cuprum* dalam tabel periodik memiliki lambing 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 memiliki daya hantar panas yang tinggi dan tahan karat.

Sedangkan sifat-sifat kimia tembaga yaitu merupakan unsur yang relatif tidak reaktif sehingga tahan terhadap korosi (Vogel, 1990).

E. Karakteristik Alumunium (Al)

Alumunium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik. Berat jenis alumunium adalah $2,643 \text{ kg/m}^3$ cukup ringan dibandingkan logam lain. Alumunium ditemukan dalam bentuk kawat *foil*, lembaran, plat dan profit. Paduan alumunium dapat dibentuk, dimesin, dilas atau dipatri. Alumunium memiliki sifat yang ringan, tahan korosi, penghantar panas dan listrik yang baik. Sifat korosi dari alumunium diperoleh karena terbentuknya lapisan oksida alumunium pada permukaan alumunium (Sundari 2011). Sifat-sifat alumunium dapat dilihat pada (Tabel 2).

Tabel 2. Sifat-sifat Alumium (Sundari,2011)

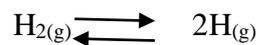
| Sifat-sifat | Kemurnian Al (%) | |
|---|-----------------------------|----------------------------|
| | 99,996 | >99,0 |
| Massa jenis (200 ° C) | 2,6989 | 2,71 |
| Titik cair | 660,2 | 653 – 657 |
| Panas jenis (cal/g. 0 ° C) (1000 ° C) | 0,2226 | 0,2297 |
| Hantaran listrik (%) | 64,94 | 59 (dianil) |
| Tahanan listrik koefisien temperature (10 °C) | 0,00429 | 0,0115 |
| Koefisien pemuaian (200 ° C – 1000 ° C) | $23,86 \times 10^{-6}$ | $23,5 \times 10^{-6}$ |
| Jenis kristal, konstanta kisi | fcc, $a = 4,013 \text{ kX}$ | fcc, $a = 4,04 \text{ kX}$ |

F. Hidrogen

Hidrogen merupakan unsur paling melimpah di alam (Nguyen & Jeffrey, 2018). Hidrogen di bumi paling banyak terdapat dalam senyawa seperti air, minyak bumi, jaringan tanaman dan sel hewan. Pada suhu ruang, molekul

hidrogen berupa gas yang tidak berbau, tidak berasa, tidak berwarna, serta sedikit sekali larut dalam air (Sugiyarto, 2004).

Gas hidrogen (H_2) bersifat nonpolar, mempunyai titik didih 20.4 K dan titik beku 14.4 K sebagai akibat lemahnya gaya van der Waals. Biasanya, hidrogen berada dalam bentuk molekul diatomik, tetapi jika cukup energi akan mengalami disosiasi menjadi atom-atomnya, dengan reaksi sebagai berikut (Sugiyarto, 2004):



Hidrogen menjadi fokus perhatian pengembangan energi terbarukan karena lebih bersih dan ramah lingkungan (Fan *et al.*, 2013). Hidrogen dari sumber tebarukan dapat digunakan sebagai *biofuel* dan penggunaannya telah meningkat terutama mengenai penggunaan dalam sel bahan bakar (dos Santos *et al.* 2017). Bahan bakar berbasis hidrogen juga memiliki energi lebih besar dari pada bahan bakar fosil. Setiap pembakaran 1 g H_2 dapat menghasilkan energi sebesar 122 kJ (Melián *et al.*, 2013), sementara dari pembakaran 1 g bensin hanya menghasilkan 40 kJ (Liao *et al.*, 2012).

Gas hidrogen dapat diperoleh dengan berbagai cara, antara lain melalui proses yang disebut “*steam reforming*”, yaitu proses pembentukan gas H_2 dari dekomposisi hidrokarbon (biasanya metana). *Steam reforming* memiliki kelemahan karena hanya dapat berlangsung pada suhu dan tekanan yang tinggi (Liao *et al.* 2012). Salah satu metoda dengan biaya yang murah dan ramah lingkungan untuk produksi hidrogen adalah elektrolisis air (Chehade *et al.* 2018).

G. 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, 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 (Waskito, 2012).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan lapisan plat elektroda memiliki kecenderungan penurunan produksi gas hidrogen. Adapun volume yang dihasilkan pada plat 8 yaitu berturut-turut 10 mL paa penggunaan aquades, 144 mL pada penggunaan CH_3COONa dan 112 mL pada penggunaan NH_4Cl
2. Penambahan elektrolit berupa garam dapat meningkatkan produksi gas hidrogen.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar melakukan modifikasi terhadap plat elektroda yang digunakan dan sehingga dapat meningkatkan produksi gas hidrogen yang lebih maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Agus, C. *et al.* (2018) 'Handbook of Energy & Economic Statistics of Indonesia'.
- Barca, Albertus. (2012). 'Injeksi Gas Hidrogen Pada Sistem Pembakaran Di Sepeda Motor Dengan Konfigurasi Pilot Tube'. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Bird, Tony. (1993). 'Kimia Fisik Untuk Universitas'. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Barbir, Frano. 2005. "PEM Electrolysis for Production of Hydrogen from Renewable Energy Sources." *Solar Energy* 78(5):661–69.
- 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.
- Cehade, G., M. E. Demir, I. Dincer, B. Yuzer, and H. Selcuk. 2018. "Experimental Investigation and Analysis of a New Photoelectrochemical Reactor for Hydrogen Production." *International Journal of Hydrogen Energy* 43(27):12049–58.
- Chi, Jun and Hongmei Yu. 2018. "Water Electrolysis Based on Renewable Energy for Hydrogen Production." *Chinese Journal of Catalysis* 39(3):390–94.
- de Fátima Palhares, Dayana D.Ar., Luiz Gustavo Martins Vieira, and João Jorge Ribeiro Damasceno. 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.
- dos Santos, Kenia Gabriela, Caroline Thaís Eckert, Eduardo De Rossi, Reinaldo Aparecido Bariccatti, Elisandro Pires Frigo, Cleber Antonio Lindino, and Helton José Alves. 2017. "Hydrogen Production in the Electrolysis of Water in Brazil, a Review." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68(July 2016):563–71.