

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini energi merupakan persoalan yang krusial di berbagai belahan dunia. Peningkatan permintaan akan kebutuhan energi terus bertambah, hal ini disebabkan oleh semakin bertambahnya populasi penduduk dunia. Namun, persediaan akan sumber cadangan minyak di seluruh dunia terus menipis. Hal ini semakin menambah persoalan yang ada.

Begitupun juga dengan konsumsi akan energi di Indonesia yang saat ini masih sangat tergantung terhadap bahan bakar minyak. Contohnya kebutuhan minyak bumi sebagai sumber energi di Indonesia saat ini mencapai 53% dari total konsumsi akan sumber energi (Andewi, 2009). Padahal seperti yang kita ketahui jumlah akan sumber bahan bakar minyak tersebut semakin hari jumlahnya semakin menipis. Untuk minyak bumi di Indonesia diprediksi akan habis dalam sebelas tahun ke depan. Penyebab masalah tersebut dikarenakan minyak bumi dan bahan bakar fosil lainnya merupakan sumber energi yang tidak dapat diperbaharui, sehingga dibutuhkan waktu yang sangat lama hingga jutaan tahun untuk memperbaharuinya kembali.

Dikarenakan proses pembentukan bahan bakar fosil yang sangat lambat maka diperlukan suatu penelitian untuk mendapatkan sumber energi alternatif. Usaha untuk mengatasi masalah tersebut mendorong pemikiran akan perlunya mencari sumber energi alternatif agar kebutuhan bahan bakar terpenuhi tanpa merusak lingkungan. Salah satu kekayaan alam yang sangat melimpah dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi alternatif adalah air. Air merupakan sumber daya alam yang sangat melimpah dan penting bagi kehidupan. Air memiliki jumlah yang sangat melimpah khususnya air asin di laut sekitar 1.337 juta km³ (Kodoatie, 2010). Apabila air dikelola dengan baik maka air merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Seperti yang diketahui air terdiri atas unsur hidrogen dan oksigen, kedua unsur tersebut seharusnya bisa dimanfaatkan dengan maksimal agar dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif.

Salah satu bahan bakar yang ramah lingkungan dan dapat memanfaatkan air adalah gas HHO atau *oxyhydrogen* atau disebut juga *Browns gas* dengan metode elektrolisis. Yull Brown (1974), telah melakukan elektrolisa air murni sehingga menghasilkan gas HHO yang

dinamainya *Brown's gas* dan dipatenkan olehnya. *Brown's gas* atau HHO merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat digunakan sebagai sumber energi yang dapat menggeser ketergantungan akan bahan bakar fosil. *Brown's gas* ini tidak dapat dihasilkan melalui proses penambangan, gas ini harus diproduksi. Proses produksi *Brown's gas* salah satunya yaitu dengan elektrolisis. Elektrolisis adalah suatu proses pemisahan molekul air menjadi hidrogen dan oksigen dengan menggunakan arus listrik.

Penggunaan elektrolit pada elektrolisa air berfungsi sebagai katalis yang dapat meningkatkan produksi gas HHO, namun dengan penambahan elektrolit tersebut akan menyebabkan elektroda lebih mudah terkorosi sehingga umur atau masa pakai elektroda menjadi lebih pendek serta semakin besarnya daya listrik yang dibutuhkan. Oleh karena itu perlu diketahui seberapa besar pengaruh penambahan elektrolit pada aquades terhadap gas HHO yang dihasilkan, masa pakai elektroda, serta daya yang dibutuhkan.

Fitriah dan Wahyono (2009) melakukan penelitian tentang pemanfaatan air dan NaHCO_3 dengan metode elektrolisis untuk efisiensi bahan bakar dan peningkatan gas buang kendaraan bermotor. Dari penelitian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa NaHCO_3 dapat digunakan sebagai katalis yang baik untuk proses elektrolisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *hydrogen electrolyzer* dengan kombinasi bentuk elektroda plat dan volume elektrolit 270 ml mampu menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 19.2%. Pada *hydrogen electrolyzer* dengan bentuk elektroda silinder dan volume larutan elektrolit 270 ml diperoleh persentase terbesar untuk penurunan emisi CO sebesar 80.18%. Untuk pengujian emisi HC, persentase penurunan terbesar terjadi pada hidrogen *electrolyzer* dengan variasi bentuk elektroda plat dan volume elektrolit 270 ml yaitu sebesar 43.72%.

Dari hasil penelitian sebelumnya sudah diketahui bahwa NaHCO_3 dapat digunakan sebagai katalis yang baik. Namun pada penelitian tersebut digunakan adalah *hidrogen electrolyzer* berjenis *dry cell* dan tidak diteliti besarnya variasi komposisi kandungan katalis untuk proses elektrolisis yang digunakan. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan diamati karakteristik dari variasi komposisi kandungan NaHCO_3 pada *electrolyzer* tipe *wet cell*. Diharapkan dari penelitian ini dapat memberikan gambaran jelas mengenai karakteristik dari penambahan katalis NaHCO_3 terhadap produksi HHO pada *electrolyzer* tipe *wet cell*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu :
Bagaimana pengaruh penambahan katalis NaHCO_3 ke dalam aquades terhadap produksi *Brown's gas* pada *electrolyzer* tipe *wet cell*?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menjawab rumusan masalah di atas dan untuk menghindari meluasnya permasalahan yang ada, maka dalam penelitian ini digunakan batasan masalah sebagai berikut :

1. Katalis yang digunakan adalah NaHCO_3 .
2. Generator yang digunakan adalah tipe *wet cell* dengan enam elektroda.
3. Elektroda yang digunakan adalah *stainless steel* 304L.
4. Suhu ruang dianggap konstan.
5. Diasumsikan tidak terdapat udara yang masuk pada saat pengujian.
6. Efek radiasi diabaikan.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik terbaik dari penambahan katalis NaHCO_3 terhadap *Brown's gas* yang dihasilkan pada *electrolyzer* tipe *wet cell*.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bahan pertimbangan bagi industri yang bergerak menggunakan energi alternatif untuk meningkatkan unjuk kerjanya.
2. Sebagai sumbangan ilmu pengetahuan bagi masyarakat luas mengenai HHO atau dikenal juga sebagai *Browns gas*.
3. Membantu menyelesaikan permasalahan yang dihadapi dalam pemilihan katalis untuk proses elektrolisis.
4. Sebagai dasar maupun literatur untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Fitriah dan Wahyono (2009) melakukan penelitian tentang pemanfaatan air dan NaHCO_3 dengan metode elektrolisis untuk efisiensi bahan bakar dan peningkatan gas buang kendaraan bermotor. Dari penelitian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa NaHCO_3 dapat digunakan sebagai katalis yang baik untuk proses elektrolisis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *hidrogen electrolyzer* dengan kombinasi bentuk elektroda plat dan volume elektrolit 270 ml mampu menurunkan konsumsi bahan bakar sebesar 19.2%. Pada *hidrogen electrolyzer* dengan bentuk elektroda silinder dan volume larutan elektrolit 270 ml diperoleh persentase terbesar untuk penurunan emisi CO sebesar 80.18%. Untuk pengujian emisi HC, persentase penurunan terbesar terjadi pada *hidrogen electrolyzer* dengan variasi bentuk elektroda plat dan volume elektrolit 270 ml yaitu sebesar 43.72%.

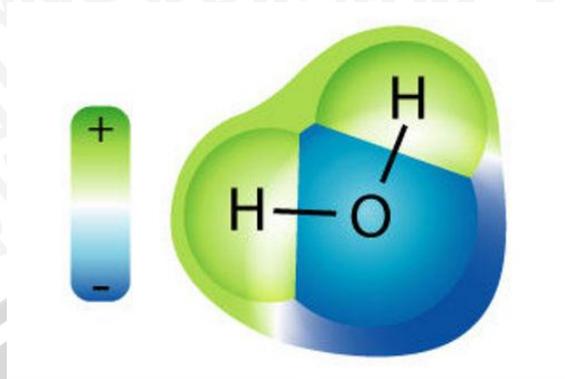
Adi (2010) meneliti tentang penggunaan KOH sebagai katalis pada elektrolisis untuk menghasilkan gas hidrogen. Pada penelitian ini dicari produksi hidrogen dengan elektrolisis menggunakan katalis KOH. Hasilnya adalah bahwa semakin besar prosentase KOH (10%), semakin pendek jarak elektroda (1,5 cm) dan semakin tinggi kolom air (12 cm) maka gas hidrogen yang diproduksi akan semakin meningkat.

Marlina (2012) meneliti tentang penggunaan katalis NaHCO_3 untuk elektrolisis air. Pada penelitian tersebut digunakan elektroliser dengan jenis SS 316 L berbentuk silinder dan menggunakan elektroda berjumlah empat buah elektroda. Yang divariasikan pada penelitian ini adalah prosentase katalis yaitu sebesar 2,5%; 5%; 7,5%; 10%; 12,5%; dan 15% Hasilnya adalah bahwa penggunaan katalis NaHCO_3 dapat mempercepat reaksi elektrolisis dan pada penelitian ini didapatkan bahwa pada prosentase katalis sebanyak 12,5% didapatkan produktivitas tertinggi untuk *Brown's gas* dengan laju produksi sebesar 8,083 ml/s dan juga efisiensi sebesar 21,21%.

2.2 Air

Air adalah senyawa kimia dengan rumus kimia H_2O . Sebuah molekul air mengandung satu atom oksigen dan dua atom hidrogen dihubungkan oleh ikatan kovalen. Air pada suhu dan tekanan standar berupa cair. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau. Ketersediaan air di muka bumi ini sangat melimpah. Air menutupi hampir 71% permukaan

Bumi. Untuk di Indonesia, secara nasional, ketersediaan air di Indonesia mencapai 694 milyar meter kubik per tahun. (Hartoyo, 2010).



Gambar 2.1 Struktur Molekul Air

Sumber : <http://www.lsbu.ac.uk/water/molecule.html>

Dengan ketersediaan air di bumi khususnya di Indonesia yang melimpah, pemanfaatan air pada proses elektrolisis untuk menghasilkan gas HHO (*Brown's gas*) sangat perlu dilakukan dan dimaksimalkan agar penggunaan energi alternatif ini dapat menjadi bahan bakar pengganti alternatif.

Air merupakan zat yang dibutuhkan oleh makhluk hidup untuk melangsungkan kehidupannya. Banyak sekali manfaat air, mulai dari kebutuhan untuk minum, memasak, mencuci, bahkan sebagai sumber pembangkit tenaga. Yang tidak kalah pentingnya, ternyata air dapat dijadikan sebagai suplemen untuk menghemat bahan bakar pada berbagai kendaraan. Terlepas dari munculnya beragam kontroversial, beberapa ilmuwan telah berhasil menjalankan kendaraannya dengan menggunakan bahan bakar air. Berikut beberapa percobaan dalam kaitannya dengan penggunaan air sebagai bahan bakar.

a. Issac De Rivaz (1752-1828)

Seorang ilmuwan asal Swiss. Saat penelitian dilakukan, minyak bumi sebagai bahan bakar belum ditemukan. Dalam penelitiannya, ia mendisain dan membuat sendiri mesin pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Meskipun belum sempurna, ia merupakan orang pertama yang menggunakan gas hidrogen untuk menjalankan mobil dengan cara elektrolisis air.

b. Yull Brown (1974)

Seorang peneliti kewarganegaraan Australia yang berdomisili di Sydney. Ia berhasil menjalankan kendaraannya dengan menggunakan air sebagai bahan bakarnya. Caranya

hamper sama dengan Rivas, yaitu dengan cara mengelektrolisis air. Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis tersebut diberi nama *Brown's gas* dan telah dipatenkan. Ia melakukan elektrolisis air dan menghasilkan gas yang terdiri atas campuran hidrogen dan oksigen secara sempurna.

c. Stanley Meyer

Berasal dari Ohio Amerika Serikat. Ia berhasil mendesain dan menjalankan mobilnya tanpa menggunakan bahan bakar minyak, melainkan dengan bahan bakar gas hidrogen yang berasal dari air. Meyer telah mematenkan hasil temuannya di Amerika Serikat dengan nomor US Patent 4.936.961 yang bertitel *Method for the Production of a Fuel Gas* (26/6/1990). Meyer mengklaim bahwa temuan yang dipopulerkan dengan nama Water Fuel Cell itu mampu memecah air (H_2O) menjadi Hidrogen (H_2) dan Oksigen (O_2).

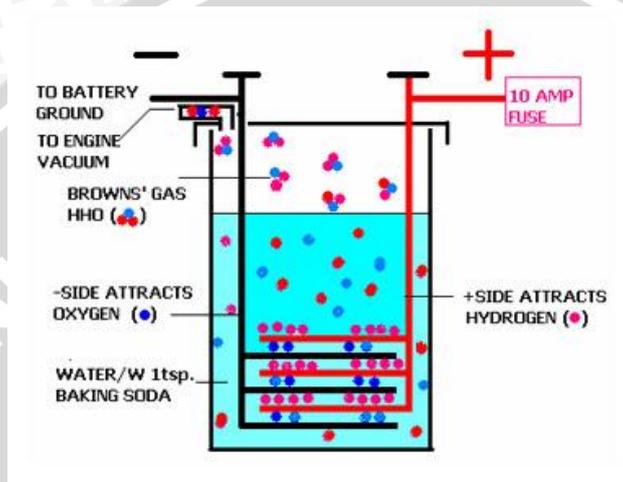
Proses penguraian unsur-unsur pembentuk air tersebut disebut dengan proses elektrolisis air, sehingga dapat digunakan untuk berbagai keperluan untuk memenuhi kebutuhan akan sumber energi terbarukan. Dengan menggunakan arus listrik, molekul-molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron pada katoda yang tereduksi menjadi gas H_2 dan ion hidroksida (OH^-). Sedangkan pada anoda, molekul air lainnya akan teroksidasi menjadi gas oksigen (O_2) dengan melepas 4 ion H^+ serta mengalirkan elektron ke katoda.

2.3 *Brown's Gas*

Istilah *Brown's gas* pertama kali ditemukan oleh Yull Brown (1974). *Brown's gas* atau disebut juga gas HHO (*oxyhydrogen*) adalah gas campuran yang memiliki rasio volume konstan dari 2 bagian hidrogen dengan 1 bagian oksigen yang dihasilkan dari elektrolisis air. *Brown's gas* memiliki karakteristik yang lebih baik dari segi ekonomi, efisiensi energi, dan afinitas lingkungan dibandingkan dengan gas asetilena dan LPG (Liquefied Petroleum Gas), yang digunakan untuk mesin las yang ada. Secara khusus, *Brown's gas* memiliki karakteristik ledakan, lengkap untuk proses pembakaran dan afinitas terhadap lingkungan. Ketika dibakar, *Brown's gas* mengempis karena volumenya lebih besar dari campuran gas Hidrogen dan Oksigen sebelum dilakukan proses pembakaran. Jadi, gas Brown lebih aman daripada asetilena atau LPG (Liquefied Petroleum Gas) yang disimpan atau digunakan untuk pengelasan atau aplikasi lainnya. (Yong *et.al.*, 2005)

Salah satu cara untuk menghasilkan *Brown's gas* adalah dengan elektroliser yang akan memecah air menjadi berbagai komponennya. *Brown's gas* memiliki sejumlah kelebihan karakteristik yang tidak biasa yang tampaknya bertolak belakang dengan zat-zat

kimia saat ini. Seperti memiliki api dingin sekitar 130 derajat namun mampu melelehkan baja, batu bata dan logam lainnya. *Brown's gas* tidak menunjukkan sifat dari monoatomik O maupun H, namun memang menghasilkan beberapa H₂ dan O₂ saat produksi, tapi tidak sepenuhnya berupa H₂ atau O₂. *Brown's gas* memiliki banyak keunikan dalam banyak manfaat seperti menyublim tungsten. Jika arus listrik diserap oleh sebuah molekul air, kelebihan elektron akan membagi molekul air dalam 2 molekul bagian yaitu H₂ dan 2 molekul HO yang kemudian 2HO dibagi lagi menjadi molekul O₂ dan H₂ (Eckman, 2008).



Gambar 2.2 Pembentukan *Brown's gas*

Sumber : <http://www.watertogas.com/browns-gas-electrolyzer.html>

2.3.1 Hidrogen dan Oksigen

Hidrogen (bahasa Latin: hidrogenium, 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, bervaleksi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Dengan massa atom 1,00794 amu, hidrogen adalah unsur teringan di dunia.

Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasi serendah 4% H₂ di udara bebas. Entalpi pembakaran hidrogen adalah -286 kJ/mol. Hidrogen terbakar menurut persamaan kimia:



Ketika dicampur dengan oksigen dalam berbagai perbandingan, hidrogen meledak seketika disulut dengan api dan akan meledak sendiri pada temperatur 560°C. Lidah api hasil pembakaran hidrogen-oksigen murni memancarkan gelombang ultraviolet dan hampir tidak terlihat dengan mata telanjang. Oleh karena itu, sangatlah sulit mendeteksi terjadinya

kebocoran hidrogen secara visual. Kasus meledaknya pesawat Hindenburg adalah salah satu contoh terkenal dari pembakaran hidrogen. Karakteristik lainnya dari api hidrogen adalah nyala api cenderung menghilang dengan cepat di udara, sehingga kerusakan akibat ledakan hidrogen lebih ringan dari ledakan hidrokarbon. Dalam kasus kecelakaan Hindenburg, dua pertiga dari penumpang pesawat selamat dan kebanyakan kasus meninggal disebabkan oleh terbakarnya bahan bakar diesel yang bocor. H_2 bereaksi secara langsung dengan unsur-unsur oksidator lainnya. Ia bereaksi dengan spontan dan hebat pada suhu kamar dengan klorin dan fluorin, menghasilkan hidrogen halida berupa hidrogen klorida dan hidrogen fluorida.

Dalam keadaan normal di bumi, unsur hidrogen berada dalam keadaan gas diatomik, H_2 . Namun, gas hidrogen sangatlah langka di atmosfer bumi (1 ppm berdasarkan volume) oleh karena beratnya yang ringan yang menyebabkan gas hidrogen lepas dari gravitasi bumi. Walaupun demikian, hidrogen masih merupakan unsur paling melimpah di permukaan bumi ini. Kebanyakan hidrogen bumi berada dalam keadaan bersenyawa dengan unsur lain seperti hidrokarbon dan air.

Tabel 2.1 Sifat Fisik Hidrogen

Sifat Fisik Hidrogen	
Fase	Gas
Massa Jenis	(0°C, 101.325 kPa) 0.08988 g/L
Titik Lebur	14.01 K, -259.14°C
Titik Didih	20.28 K, -252.87°C
Titik Tripel	13.8033 K, -259°C
Titik Kritis	32.97 K, 1.293 MPa
Kalor Peleburan	(H_2) 0.117 kJ.mol ⁻¹
Kalor Penguapan	(H_2) 0.904 kJ.mol ⁻¹
Kapasitas Kalor	(H_2) 0.117 J.mol ⁻¹ .K ⁻¹

Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Hidrogen>

Oksigen atau zat asam adalah unsur kimia dalam sistem tabel periodik yang mempunyai lambang O dan nomor atom 8. Ia merupakan unsur golongan kalkogen dan dapat

dengan mudah bereaksi dengan hampir semua unsur lainnya (utamanya menjadi oksida). Pada Temperatur dan tekanan standar, dua atom unsur ini berikatan menjadi dioksigen, yaitu senyawa gas diatomik dengan rumus O_2 yang tidak berwarna, tidak berasa, dan tidak berbau. Oksigen merupakan unsur paling melimpah ketiga di alam semesta berdasarkan massa dan unsur paling melimpah di kerak Bumi. Gas oksigen diatomik mengisi 20,9% volume atmosfer bumi.

Pada temperatur dan tekanan standar, oksigen berupa gas tak berwarna dan tak berasa dengan rumus kimia O_2 , di mana dua atom oksigen secara kimiawi berikatan dengan konfigurasi elektron triplet spin. Ikatan ini memiliki orde ikatan dua dan sering dijelaskan secara sederhana sebagai ikatan ganda ataupun sebagai kombinasi satu ikatan dua elektron dengan dua ikatan tiga elektron.

Tabel 2.2 Sifat Fisik Oksigen

Sifat Fisik Oksigen	
Fase	Gas
Massa Jenis	(0°C, 101.325 kPa) 1.429 g/L
Titik Lebur	54.36 K, -218.79°C
Titik Didih	90.20 K, -182.95°C
Titik Kritis	154.59 K, 5.043 MPa
Kalor Peleburan	(O_2) 0.444 kJ.mol ⁻¹
Kalor Penguapan	(O_2) 6.82 kJ.mol ⁻¹
Kapasitas Kalor	(O_2) 29.378 J.mol ⁻¹ .K ⁻¹

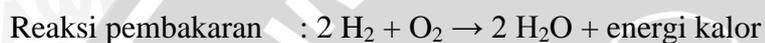
Sumber : <http://id.wikipedia.org/wiki/Oksigen>

Hasil dari proses elektrolisis air ini adalah berupa unsur gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2). Hidrogen dan oksigen merupakan unsur gas yang apabila direaksikan dan dinyalakan akan meledak disertai panas yang tinggi. Hidrogen juga memiliki sifat eksplosif dan oksigen memiliki sifat untuk mendukung proses pembakaran. (Indra, 2010). Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Hidrogen merupakan

unsur teringan dan yang paling melimpah dengan persentase kira-kira 75% dari total massa unsur alam semesta. Oksigen memiliki sifat fisik yaitu dua atom. Unsur ini berikatan menjadi ikatan dioksigen, yaitu senyawa gas diatomik dengan rumus O_2 yang tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berbau. Oksigen merupakan unsur paling melimpah ketiga di alam semesta berdasarkan massa dan unsur paling melimpah di kerak Bumi.

Untuk proses pembakaran unsur hidrogen dan oksigen akan menghasilkan air sebagai hasil reaksi dari pembakaran antara unsur hidrogen dan oksigen. Jika digunakan sebagai campuran bahan bakar akan menghasilkan bahan bakar yang ramah lingkungan.

Campuran stoikiometri murni dapat diperoleh dari elektrolisis air, yang menggunakan arus listrik untuk memecahkan molekul air:



Karena penggunaannya yang aman dan ramah lingkungan, perlu dilakukan usaha untuk meningkatkan produk dari proses elektrolisa air ini menjadi gas hidrogen dan oksigen (Adi, 2010).

2.4 Metode Produksi HHO (*Brown's Gas*)

Di bumi ini, hidrogen tidak pernah ditemukan dalam bentuk gas karena hidrogen terikat dengan senyawa-senyawa lainnya. Oleh karena itu, untuk mendapatkan hidrogen harus dengan cara memisahkan hidrogen tersebut dari senyawa-senyawa lain yang mengikat hidrogen tersebut. Hidrogen didapatkan dari pemisahan air, biomassa dan natural gas molekul. Berikut metode yang digunakan dalam produksi hidrogen yaitu (Adi,2010) :

1. *Steam Reforming*

Metode ini dilakukan dengan cara memisahkan atom hidrogen dari atom karbon pada senyawa metana (CH_4). Proses ini memakan biaya yang cukup mahal dan dikarenakan metan (CH_4) termasuk bahan bakar fosil, saat proses *steam reforming* akan melepaskan hidrokarbon ke atmosfer dan metode ini jarang digunakan.

2. Elektrolisis

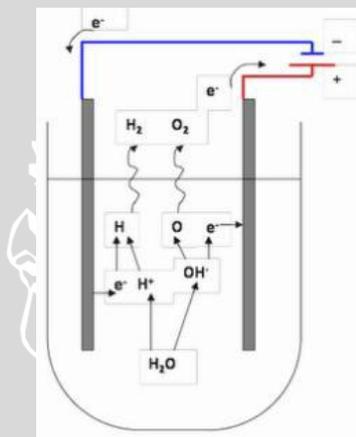
Merupakan metode yang banyak digunakan untuk menghasilkan hidrogen dengan cara melepaskan atom hidrogen dengan atom oksigen pada air (H_2O). Pada proses elektrolisis ini menggunakan arus listrik untuk melepaskan ikatannya. Pada elektrolisis terjadi perubahan

energi listrik menjadi energi kimia. Metode ini sangat efektif digunakan karena menggunakan bahan baku yang berlimpah di bumi sekitar 71% yaitu berupa air dan gas yang dihasilkan dari metode elektrolisis ini sangat ramah lingkungan.

2.5 Elektrolisis

2.5.1 Definisi Elektrolisis

Elektrolisa merupakan proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Proses elektrolisa memisahkan molekul air menjadi gas hidrogen dan oksigen dengan cara mengalirkan arus listrik ke elektroda tempat larutan elektrolit (air+katalis) berada. Reaksi elektrolisa tergolong reaksi redoks tidak spontan, reaksi itu dapat berlangsung karena pengaruh energi listrik. Proses ini ditemukan oleh Faraday tahun 1820. Pergerakan elektron pada proses elektrolisa dapat dilihat pada gambar 2.3.



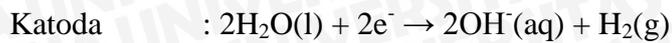
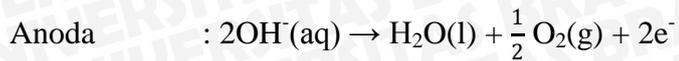
Gambar 2.3 Elektrolisa Air

Sumber : http://www.geocities.com/mydah_99/mweb2.htm

Persamaan kimia elektrolisa air adalah sebagai berikut:



Molekul air dipecah menjadi unsur-unsur asalnya dengan mengalirnya arus listrik. Proses ini disebut elektrolisis air. Pada katoda, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H_2 dan ion hidrokida (OH^-). Sementara itu pada anoda, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O_2), melepaskan 4 ion H^+ serta mengalirkan elektron ke katoda. Ion H^+ dan OH^- mengalami netralisasi sehingga terbentuk kembali beberapa molekul air. Reaksi keseluruhan yang setara dari elektrolisis air dapat dituliskan pada persamaan dibawah ini.

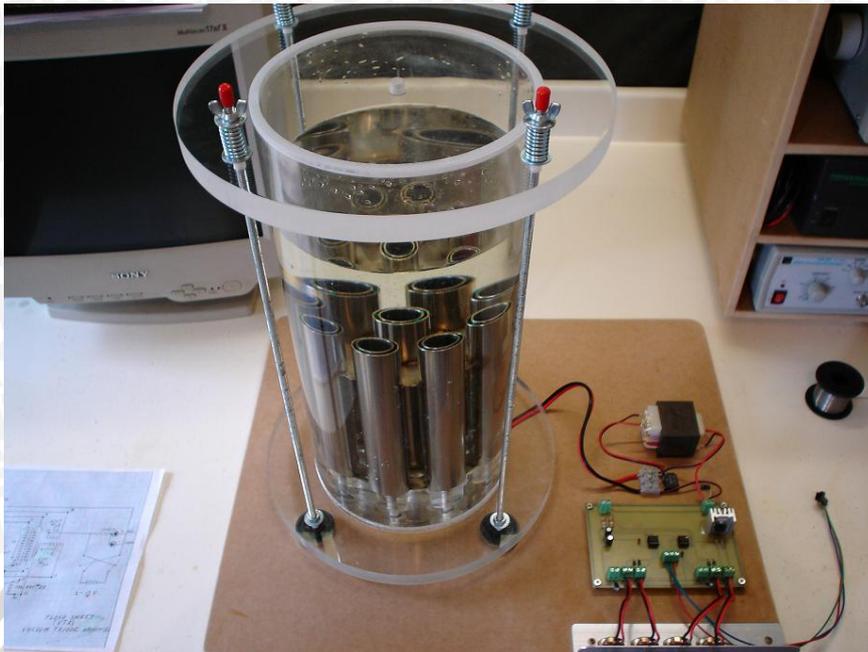


Reaksi di atas adalah peristiwa penguraian senyawa air (H_2O) menjadi oksigen (O_2) dan hidrogen (H_2) dengan menggunakan arus listrik yang dialirkan melalui air tersebut. Pada katoda, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H_2 dan ion hidroksida (OH^-). Sementara itu pada anoda, molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O_2), melepas dua ion OH^- serta mengalirkan elektron ke katoda. Gas hidrogen yang dihasilkan dari reaksi ini membentuk gelembung pada elektroda dan dapat dikumpulkan. Prinsip ini kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan hidrogen dan hidrogen peroksida yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan hidrogen.

2.5.2 Elektroliser

Elektroliser adalah tempat terjadinya proses elektrolisis yaitu proses pemecahan molekul air menjadi oksigen dan hidrogen (Fitriah dan Wahyono, 2009). Ada tiga komponen utama penyusun elektroliser, yaitu : elektroda positif (anoda), elektroda negatif (katoda), dan elektrolit. Pada penelitian ini, elektroliser yang digunakan adalah jenis *wet cell* berbentuk tabung dengan elektroda berjumlah enam buah.

Di dalam elektroliser, air (H_2O) dipecah menjadi gas HHO atau sering disebut sebagai *Brown's gas*. Elektroliser juga merupakan istilah lain untuk menyebut generator hidrogen. Elektroliser menghasilkan hidrogen dengan cara mengalirkan arus listrik pada media air yang mengandung larutan elektrolit. Medan magnet akan mengubah struktur atom hidrogen (H_2) dan Oksigen (O_2) pada air dari bentuk diatomik menjadi monoatomik. Selain itu, ikatan neutron yang mengikat partikel H dan O akan terlepas, sehingga partikel H akan tertarik ke kutub positif dan partikel O akan tertarik ke kutub negatif elektroliser. Inilah yang disebut sebagai disosiasi. Sejalan dengan proses tersebut, volume dan gelembung gas H dan O yang melekat pada 'fin' elektroliser akan bertambah, terlepas mengambang, dan kemudian bergerak naik. Saat gelembung gas hidrogen dan oksigen monoatomik terlepas dari permukaan air, partikel gas tersebut akan berikatan kembali diruang udara sebagai *Brown's gas* atau gas HHO (Putra, 2010).



Gambar 2.4 Elektroliser

Sumber : <http://www.hyi.org/Library/Images/HHO%20Cell1.jpg>

2.5.2.1 Daya Dibutuhkan oleh Elektroliser

Untuk dapat menghasilkan gas HHO dengan menggunakan proses elektrolisis dibutuhkan energi listrik. Energi listrik tersebut bisa didapatkan dari banyak sumber, seperti contohnya dengan listrik rumah yang bersumber dari PLN ataupun listrik yang dihasilkan oleh *accu*.

Namun dikarenakan untuk membatasi sumber listrik yang digunakan agar tidak memicu pemborosan energi listrik, maka hanya dibutuhkan daya yang tidak terlalu besar untuk melakukan proses elektrolisis ini. Adapun untuk mencari daya yang dibutuhkan dapat menggunakan rumus seperti berikut :

$$P = V \cdot I \quad (\text{Bird, 2010:15}) \quad (2-1)$$

Dimana : P = Daya yang dibutuhkan generator HHO (Watt)

V = Beda potensial (Volt)

I = Arus yang digunakan (Ampere)

2.5.2.2 Laju Produksi HHO

Tujuan utama dari proses elektrolisis ini adalah untuk dapat menghasilkan gas HHO. Untuk mengetahui seberapa baik elektroliser ini dapat bekerja salah satunya dapat dilihat

dengan mengetahui seberapa besar laju produksi HHO. Secara umum untuk melihat laju produksi HHO dapat menggunakan alat pengukuran produksi HHO.

Pada penelitian ini langkah yang digunakan untuk mengetahui laju produksi gas HHO adalah dengan menggunakan prinsip fluida bertekanan. HHO yang dihasilkan pada proses elektrolisis kemudian dialirkan melalui selang untuk masuk ke dalam gelas ukur. Adapun gelas ukur pada penelitian ini dimasukkan ke dalam bak yang berisi air namun tidak penuh secara terbalik. Pada gelas ukur tersebut akan terisi air namun masih terdapat ruang kosong pada ujung gelas ukur yang tidak terisi air. Gas HHO hasil reaksi elektrolisis tadi dialirkan melalui selang dan kemudian dimasukkan ke dalam gelas ukur dan akan mengisi ruang kosong pada ujung gelas tersebut. Seiring semakin banyaknya gas HHO yang diproduksi maka akan menekan air yang ada di dalam gelas ukur tersebut. Volume ruang kosong pada gelas ukur tersebut merupakan volume gas HHO yang dihasilkan.

Jika pengukuran ini dilakukan dalam waktu tertentu maka akan didapatkan volume gas HHO per satuan waktu. Dengan kata lain jika gelas ukur dalam satuan mililiter dan dilakukan pengukuran tiap detik maka akan didapatkan produksi HHO dengan satuan ml/detik. Sehingga untuk menghitung laju alir pada HHO dapat dicari dengan persamaan berikut ini :

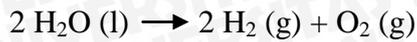
$$Q = \frac{v}{t} \left[\frac{\text{ml}}{\text{det}} \right] \quad (\text{Bird, 2010:15}) \quad (2-2)$$

Dimana : Q = debit (ml/det)
 V = Volume HHO dalam gelas ukur (ml)
 t = Waktu untuk menghasilkan HHO (detik)

2.5.2.3 Efisiensi Elektroliser

Pengertian dari efisiensi adalah perbandingan antara energi yang dihasilkan dengan energi yang diberikan pada suatu system. Adapun tujuan dari perhitungan efisiensi ini adalah untuk mengetahui seberapa optimal elektroliser ini dapat bekerja.

Untuk mengetahui efisiensi pada elektroliser HHO ini sebelumnya kita harus mengetahui nilai kalor dari HHO itu sendiri terlebih dahulu. Untuk gas H₂ sendiri memiliki nilai kalor sebesar 119,93 kJ/gram (O'Connor, 2006). Oleh karena itu, untuk menghitung nilai kalor dari *Brown's Gas* harus diketahui terlebih dahulu perbandingan massa gas H₂ dalam *Brown's Gas*. Jika massa H₂O yang dielektrolisis sebanyak 1 kg, maka massa produk total H₂ dan O₂ juga 1 kg sehingga jika diketahui Mr H₂O = 18, Mr H₂ = 2, Mr O₂ = 32, maka dapat diketahui mol H₂ :



$$36 \text{ kg} \qquad 4 \text{ kg} \qquad 32 \text{ kg}$$

$$1 \text{ kg} \qquad \frac{1}{9} \text{ kg} \qquad \frac{8}{9} \text{ kg}$$

Dari perbandingan mol pada reaksi kimia pada proses elektrolisis air tersebut dapat dihitung massa H_2 dalam 1 kg *Brown's Gas*.

$$M \text{H}_2 = M_r \text{H}_2 \times \text{mol} = 2 \times \frac{1 \text{ kg}}{18} = \frac{1}{9} \text{ kg}$$

Dengan demikian, diketahui massa H_2 sebesar $\frac{1}{9}$ dalam *Brown's Gas*, maka LHV_{HHO} dapat diketahui yaitu sebesar $\frac{1}{9}$ kali $\text{LHV}_{\text{H}_2} = \frac{1}{9} \times 119,93 \text{ kJ/g} = 13,25 \text{ kJ/g} = 13250 \text{ J/g}$ atau $3812,754 \text{ kcal/kg}$. Setelah diketahui massa jenis dan nilai kalor *Brown's Gas*, maka kita dapat menghitung efisiensi. Jika pada STP massa jenis H_2 diketahui sebesar $\rho_{\text{H}_2} = 0,08235 \text{ gr/lit}$ dan O_2 sebesar $\rho_{\text{O}_2} = 1,3088 \text{ gr/lit}$ (*Cole Parmer Instrument, 2005*), maka ρ_{HHO} dapat dicari dengan persamaan berikut ini :

$$\begin{aligned} \rho_{\text{HHO}} &= \frac{m_{\text{HHO}}}{V_{\text{HHO}}} \\ &= \frac{(m_{\text{H}_2} + m_{\text{O}_2})}{V_{\text{HHO}}} \\ &= \frac{(\rho_{\text{H}_2} \cdot V_{\text{H}_2} + \rho_{\text{O}_2} \cdot V_{\text{O}_2})}{V_{\text{HHO}}} \\ &= \frac{(\rho_{\text{H}_2} \cdot \frac{2}{3} V_{\text{HHO}} + \rho_{\text{O}_2} \cdot \frac{1}{3} V_{\text{HHO}})}{V_{\text{HHO}}} \end{aligned}$$

$$= \frac{2}{3} \rho_{\text{H}_2} + \frac{1}{3} \rho_{\text{O}_2}$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{HHO}} &= \left(\frac{2}{3} \times 0,08235 \frac{\text{gr}}{\text{lt}} \right) + \left(\frac{1}{3} \times 1,3088 \frac{\text{gr}}{\text{lt}} \right) \\ &= 0,491167 \text{ gr/lit} \end{aligned}$$

Produk gas HHO (*Brown's gas*) yang terukur pada HHO flowmeter dalam satuan ml/sec, dan energi yang diberikan untuk memproduksi gas HHO adalah energi listrik yang dibutuhkan untuk terjadinya reaksi elektrolisis air dalam satuan watt (J/sec). Maka untuk menghitung efisiensi generator HHO diturunkan dari persamaan berikut ini :

$$\eta = \frac{\text{Energi yang dimiliki oleh HHO hasil elektrolisis}}{\text{Energi yang dibutuhkan untuk memproduksi gas HHO}} \times 100\%$$

$$= \frac{M_{\text{HHO}} \times \text{LHV}_{\text{HHO}}}{P_{\text{HHO}}} \times 100\%$$

$$= \frac{V_{\text{HHO}} \times \rho_{\text{HHO}} \times \text{LHV}_{\text{HHO}}}{P_{\text{HHO}}} \times 100\% \quad (\text{Marlina, 2013}) \quad (2-3)$$

2.5.3 Elektroda

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam. Elektroda dalam sel elektrolisa disebut sebagai anoda dan katoda. Anoda didefinisikan sebagai elektroda positif dimana elektron datang dari sel elektrolisa dan oksidasi terjadi, sedangkan katoda didefinisikan sebagai elektroda negatif dimana elektron memasuki sel elektrolisa dan reduksi terjadi.

Penggunaan medan listrik pada logam dapat menyebabkan seluruh elektron bebas bergerak dalam metal, sejajar, dan berlawanan arah dengan arah medan listrik. Ukuran dari kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Jika suatu beda potensial listrik ditempatkan pada ujung-ujung sebuah konduktor, muatan-muatan bergerak akan berpindah, menghasilkan arus listrik. Konduktivitas listrik didefinisikan sebagai ratio rapat arus terhadap kuat medan listrik. Konduktivitas listrik dapat dilihat pada deret volta.

Deret Volta

Li K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb H Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au

Semakin ke kanan letak suatu logam dalam deret volta maka semakin besar nilai potensial elektrodanya, hal ini berarti logam-logam semakin ke kanan akan semakin mudah mengalami reduksi serta sulit untuk mengalami oksidasi. Sedangkan semakin ke kiri letak suatu logam dalam deret volta, semakin kecil nilai potensial elektroda standarnya. Hal ini berarti semakin ke kiri letak suatu logam dalam deret volta akan semakin mudah bagi logam tersebut untuk beroksidasi.

Unsur-unsur logam cenderung melepaskan elektron (mengalami oksidasi), maka logam-logam di sebelah kiri merupakan logam-logam yang aktif sehingga mudah untuk melepaskan elektron. Semakin ke kanan sifat reduktor semakin lemah, itu sebabnya unsur-unsur dalam deret volta hanya mampu mereduksi unsur-unsur di sebelah kanannya, tetapi tidak mampu untuk mereduksi unsur-unsur di sebelah kirinya.



Gambar 2.5 Elektroda

Sumber : <http://www.hydroxygarage.com/Assembly.jpg>

2.5.4 Reaksi Pada Katoda (Reduksi)

Reaksi di katoda bergantung pada jenis kation dalam larutan. Jika kation berasal dari logam-logam aktif (logam golongan IA, IIA, Al atau Mn), yaitu logam-logam yang potensial elektrodanya lebih kecil, maka air yang tereduksi. Kation selain yang disebutkan di atas akan tereduksi. Selama proses elektrolisis berlangsung terjadi reaksi reduksi pada katoda. Ion-ion bermuatan positif atau kation bergerak dari anoda ke katoda untuk reduksi. Sehingga pada katoda terjadi reaksi reduksi.

Reaksi pada katoda :

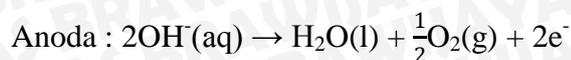


Pada elektrolisis air (H_2O), pada katoda dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H_2 dan ion Hidroksida dan (OH^-).

2.5.5 Reaksi Pada Anoda (Oksidasi)

Selama proses elektrolisis berlangsung terjadi reaksi oksidasi pada anoda. Ion-ion bermuatan negatif atau anion bergerak dari katoda ke anoda untuk oksidasi. Pada anoda dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O_2), melepaskan 4 ion H^+ .

Reaksi pada anoda :



Sehingga total reaksi di anoda dan katoda pada reaksi elektrolisis menjadi :



2.5.6 Elektrolit

Elektrolit adalah suatu zat terlarut atau terurai ke dalam bentuk ion-ion dan selanjutnya larutan menjadi konduktor elektrik. Umumnya, air adalah pelarut (solven) yang baik untuk senyawa ion dan mempunyai sifat menghantarkan arus listrik. Contohnya apabila elektroda dicelupkan ke dalam air murni, bola lampu tidak akan menyala karena air tersebut merupakan konduktor listrik yang sangat jelek. Apabila suatu senyawa ion yang larut seperti NaCl ditambahkan pada air, maka solutnya akan larut sehingga bola lampu mulai menyala dengan terang. Senyawa seperti NaCl yang membuat larutan menjadi konduktor listrik (Brady, 1999).

Elektrolit memegang peranan penting dalam proses elektrolisis. Elektrolit sangat dibutuhkan oleh elektroliser hidrogen untuk mempertahankan tegangan pada elektroda. Elektrolit ini membawa arus listrik dari elektroda yang satu ke yang lainnya dan menjadikan air menjadi konduktor yang lebih baik. Air murni sebenarnya adalah sebuah insulator, yang tidak menganduk listrik. Namun air murni sangat jarang ditemukan. Kebanyakan air mengandung sejumlah mineral, oleh karenanya menjadi sebuah konduktor. Semakin banyak mineral yang terkandung di dalamnya maka akan menjadi konduktor yang lebih baik.

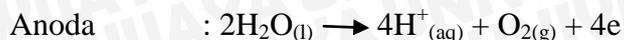
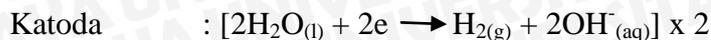
2.5.7 Natrium Bikarbonat (NaHCO₃)

Katalis merupakan suatu zat yang berfungsi untuk mempercepat laju reaksi kimia tanpa mengalami perubahan atau terpakai pada reaksi kimia tersebut. Katalis dapat memungkinkan reaksi berlangsung lebih cepat dikarenakan dapat menurunkan energi aktivasi yang dibutuhkan untuk melakukan suatu reaksi kimia.

Salah satu katalis yang dapat digunakan untuk proses elektrolisis adalah Natrium Bikarbonat (NaHCO₃) atau lebih dikenal dengan nama soda kue. Senyawa ini termasuk kelompok garam dan telah digunakan sejak lama. Natrium bikarbonat larut dalam air dan bersifat alkaloid (basa). Natrium Bikarbonat (NaHCO₃) diproduksi sebanyak 100.000 ton/tahun (Holleman, 2001). Senyawa ini diproduksi secara komersial dari soda abu (diperoleh melalui penambangan bijih trona, yang dilarutkan dalam air lalu direaksikan dengan karbon dioksida. Lalu NaHCO₃ mengendap sesuai persamaan berikut



Reaksi NaHCO_3 (natrium bikarbonat) dengan H_2O (air) pada proses elektrolisis adalah sebagai berikut :



NaHCO_3 (natrium bikarbonat) termasuk kelompok garam yang terbentuk dari asam kuat dan basa kuat dan mempunyai sifat larutan yang netral. Larutan NaHCO_3 (natrium bikarbonat) berasal dari basa kuat NaOH terionisasi sempurna membentuk kation dan anion Na^+ dan OH^- . Dan asamnya berasal dari asam kuat H_2CO_3 terionisasi menjadi H^+ dan HCO_3^- . Pada elektrolisis yang mengandung ion-ion golongan IA (Na^+ , K^+), ion-ion tersebut tidak tereduksi pada katoda tetapi air yang mengalami reduksi karena potensial reduksi air lebih besar dari potensial reduksi ion Natrium ($E^\circ \text{H}_2\text{O}/\text{H}_2 = -0,83$ volt dan $E^\circ \text{Na}^+/\text{Na} = -2,71$ volt).

2.6 Proses Produksi HHO

Salah satu cara untuk menghasilkan gas HHO adalah melalui proses elektrolisis dengan bantuan energi listrik. Sebuah reaktor diisi dengan air yang dicampur dengan katalis sehingga air tersebut bertindak sebagai konduktor untuk menghantarkan arus listrik. Campuran air dan katalis disebut dengan larutan, dalam larutan tersebut dipasang dua buah elektroda masing-masing adalah elektroda positif atau anoda dan elektroda negatif atau katoda. Bagian anoda dihubungkan dengan kutub positif listrik arus searah dan katoda pada kutub negatifnya.

Jika arus searah mengalir, maka terjadilah peristiwa elektrolisis, sehingga atom-atom hidrogen dari air akan kehilangan elektronnya, sedangkan atom-atom oksigen mendapat tambahan elektron. Dengan demikian atom hidrogen menjadi ion bermuatan positif dan atom oksigen menjadi sebuah ion bermuatan negatif. Karena bermuatan positif, ion-ion H^+ akan tertarik ke katoda yang bermuatan negatif. Pada saat menyentuh katoda ion H^+ akan menerima sebuah elektron dan kembali menjadi atom H biasa tanpa bermuatan. Atom-atom hidrogen ini bergabung menjadi gas H_2 dalam bentuk gelembung-gelembung dan melalui katoda akan naik ke atas keluar dari reaktor. Sedangkan ion-ion bermuatan negatif atau anion bergerak dari katoda ke anoda untuk oksidasi.

Proses produksi gas HHO dengan proses elektrolisis secara teoritis didasarkan pada :

1. Hukum Faraday I

“Masa zat yang terbentuk pada masing-masing elektroda sebanding dengan kuat arus/arus listrik yang mengalir pada elektrolisis tersebut”

$$\text{Rumus : } V \text{ (teoritis)} = \frac{(R.I.T.t)}{F.P.Z} \quad (\text{Purba, 2006:74}) \quad (2-4)$$

Dengan :

R = 8,314 Joule/mol Kelvin

I = kuat arus (ampere)

T = temperature (Kelvin)

t = waktu (second)

F = konstanta faraday (96485 coulombs per mol)

Z = number “excess” elektron

2 untuk H₂ dan 4 untuk H₂ + O₂

2. Hukum Faraday II

Masa dari macam-macam zat yang diendapkan pada masing-masing elektroda oleh sejumlah arus listrik yang sama banyaknya akan sebanding dengan berat ekuivalen masing-masing zat tersebut.

$$\text{Rumus : } M_1 : M_2 = e_1 : e_2 \quad (\text{Purba, 2006:74}) \quad (2-5)$$

Dengan :

M = massa zat (gram)

E = berat ekuivalen = $\frac{Ar}{Valensi} = \frac{Mr}{Valensi}$

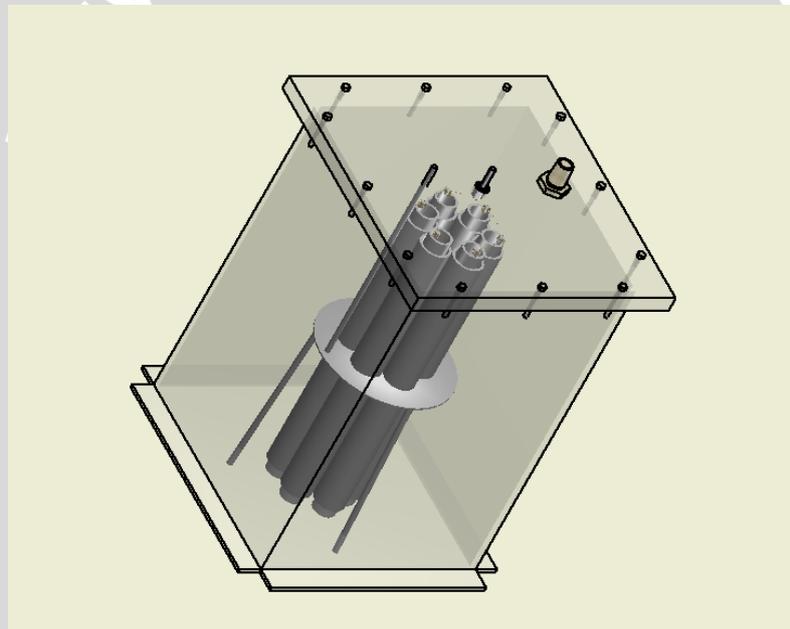
2.7 Hipotesa

Dengan meningkatnya fraksi massa NaHCO₃ ke dalam aquades maka intensitas arus listrik yang mengalir semakin besar dan pergerakan ion-ion untuk mengalami reduksi pada katoda dan oksidasi pada anoda semakin singkat, sehingga penambahan NaHCO₃ akan menyebabkan semakin meningkatnya reaksi kimia pada proses elektrolisis yang akan meningkatkan produksi *Brown's gas*.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental (*experimental research*), yaitu melakukan pengamatan secara langsung untuk mencari data sebab-akibat dalam suatu proses melalui eksperimen untuk memperoleh data empiris. Dalam penelitian ini obyek penelitiannya adalah karakteristik penambahan katalis NaHCO_3 terhadap produksi HHO pada *hydrogen electrolyzer tipe wet cell*.



Gambar 3.1 Elektroliser *Wet Cell* dengan 6 Elektroda

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini mulai dilaksanakan di Laboratorium Surya dan Energi Alternatif, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang pada bulan Maret-Mei 2013.

3.3 Variabel Penelitian

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Variabel bebas adalah variable yang ditentukan oleh peneliti dan ditentukan sebelum dilakukan penelitian. Dalam penelitian ini variabel bebasnya adalah konsentrasi fraksi massa katalis. Variasi yang digunakan adalah fraksi massa sebesar 0,99%; 1,15%; 1,31%; 1,47% dan 1,63%.

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas dan diketahui setelah penelitian dilakukan. Variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah karakteristik produksi HHO (*Brown's gas*), yang meliputi :

- Daya yang diperlukan
- Laju alir produksi HHO (*Brown's gas*)
- Efisiensi elektroliser

3. Variabel Terkontrol (*Control Variable*)

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dapat dikontrol dalam memvariasikannya atau mengubah dan ditentukan sebelum penelitian dilakukan. Variabel terkontrol dalam penelitian ini adalah arus yang digunakan.

3.4 Peralatan Penelitian

1. Elektroliser HHO

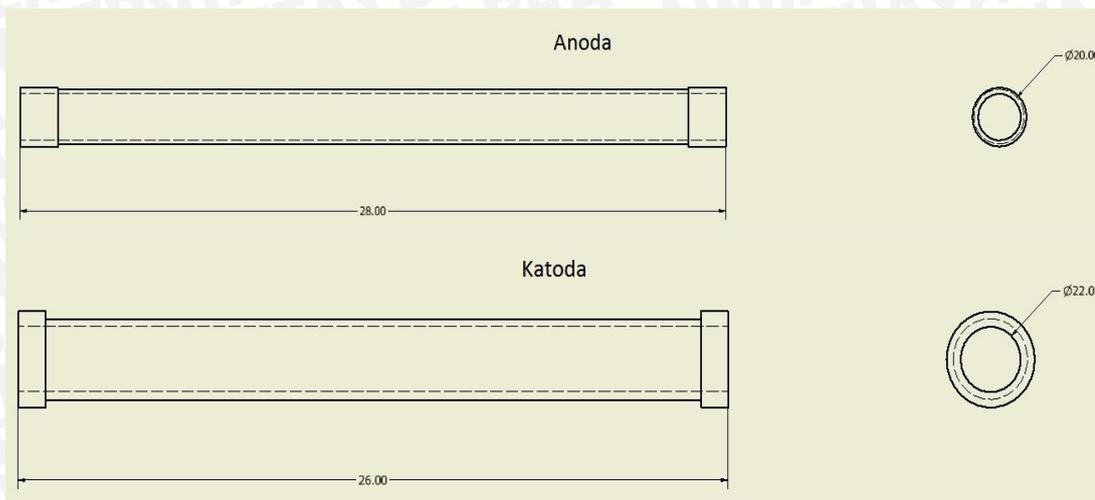
Adalah alat untuk proses elektrolisis yang digunakan untuk menghasilkan *Brown's gas* yang didalamnya terdapat elektroda berbahan *Stainless Steel 304L* yang terdiri dari katoda dan anoda.



Gambar 3.2 Elektroliser



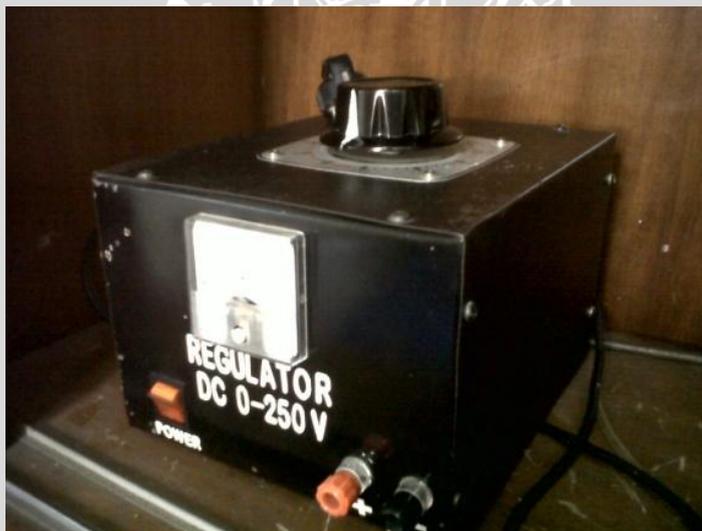
Gambar 3.3 Elektroda



Gambar 3.4 Dimensi Anoda dan Katoda

2. Regulator

Adalah alat untuk menghasilkan sumber listrik DC yang berdaya 500 Watt dan dapat diatur besaran tegangannya.



Gambar 3.5 Regulator

3. Gelas Ukur

Adalah alat yang digunakan untuk mengukur laju alir volume *Brown's gas* per detik.



Gambar 3.6 Gelas Ukur

4. *Digital Multitester*

Digunakan untuk mengukur tegangan dan arus yang dialirkan menuju generator HHO.

Gambar 3.7 *Digital Multitester*

Spesifikasi :

- Merk : SANWA
- Tipe : CD800a
- *Display* : numeral display 4000
- Frekuensi : 5 ~ 100Hz
- DCV : 400mV – 600V

- ACV : 4 - 600V
- DCA : 40mV – 400mA
- ACA : 40mA – 400mA
- Ω : 400m Ω – 40M Ω
- Baterai : 0.5A/250V

5. Katup

Digunakan untuk membuka dan menutup aliran dari elektroliser menuju gelas ukur ataupun *flowmeter*. Pada saat akan dilakukan pengambilan data maka katup pembuangan ditutup dan katup menuju *flowmeter* dibuka.



Gambar 3.8 Katup

6. Stopwatch

Digunakan untuk menghitung waktu saat pengambilan data.



Gambar 3.9 Stopwatch

7. Kabel

Digunakan untuk sarana mengalirkan listrik dari regulator menuju ke elektroliser.



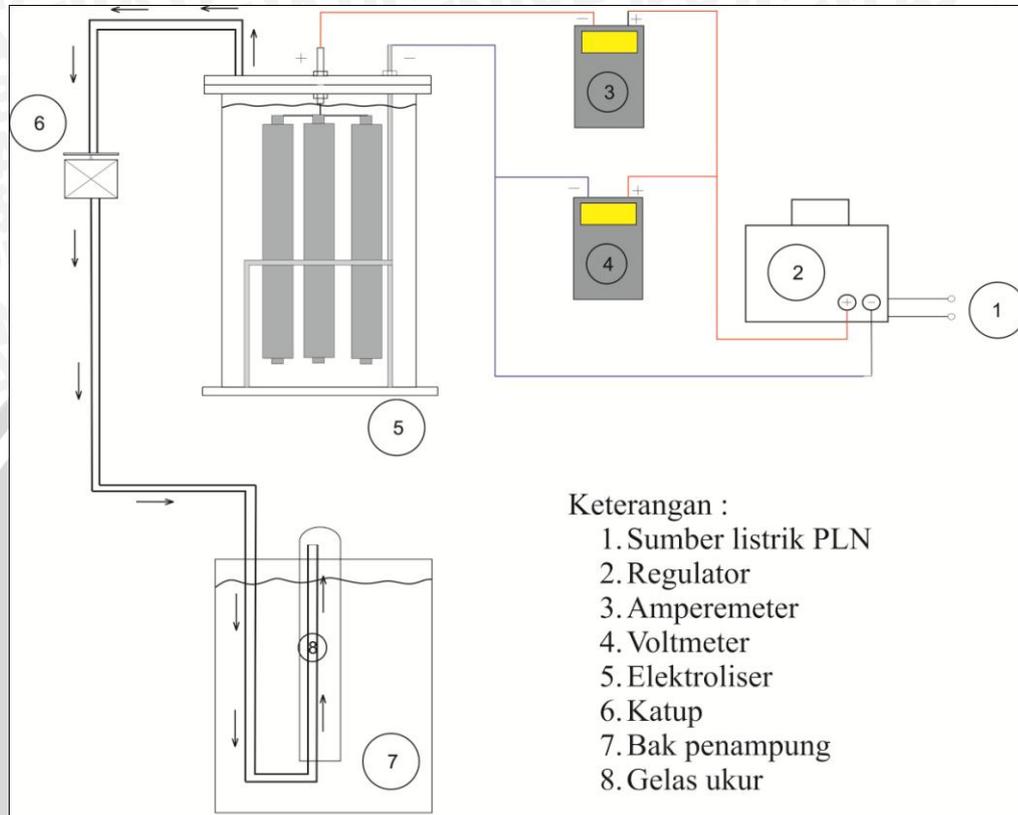
Gambar 3.10 Kabel

Spesifikasi :

- Merk : JEMBO
- Diameter : 10mm
- Jenis : NYAF
- Tegangan : 600/1000V

3.5 Skema Instalasi Penelitian

Peralatan penelitian disusun menjadi instalasi penelitian seperti ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gambar 3.11 Instalasi Penelitian

3.6 Prosedur Penelitian

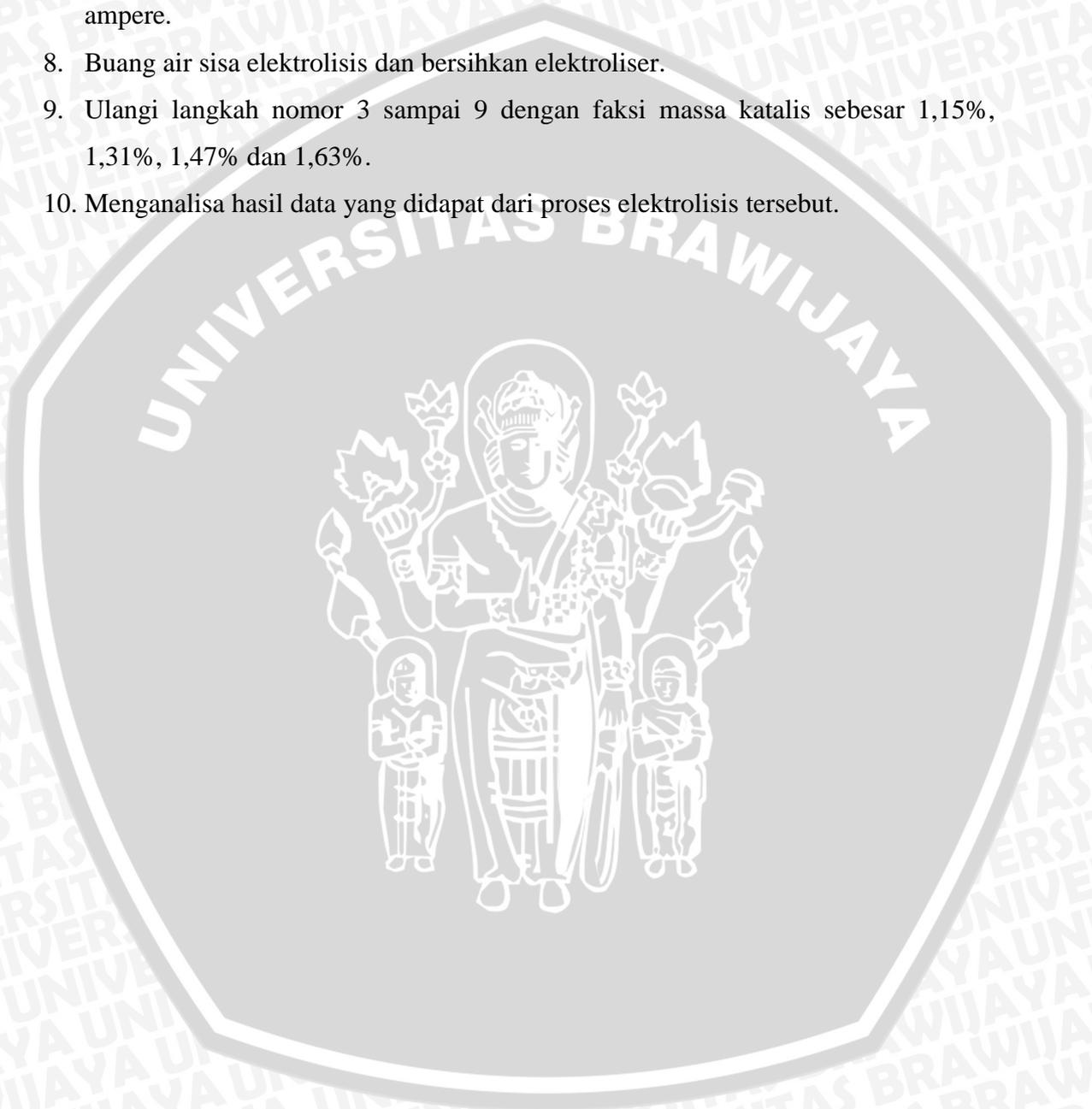
Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Mempersiapkan semua alat yang dibutuhkan.
1. Menyusun instalasi penelitian seperti pada skema instalasi penelitian pada gambar 3.8
2. Isi air dalam elektroliser sebanyak 6 liter.
3. Memasukkan fraksi massa katalis sebanyak 0.99% ke dalam aquades di elektroliser. Dengan cara perhitungan fraksi massa katalis sebagai berikut :

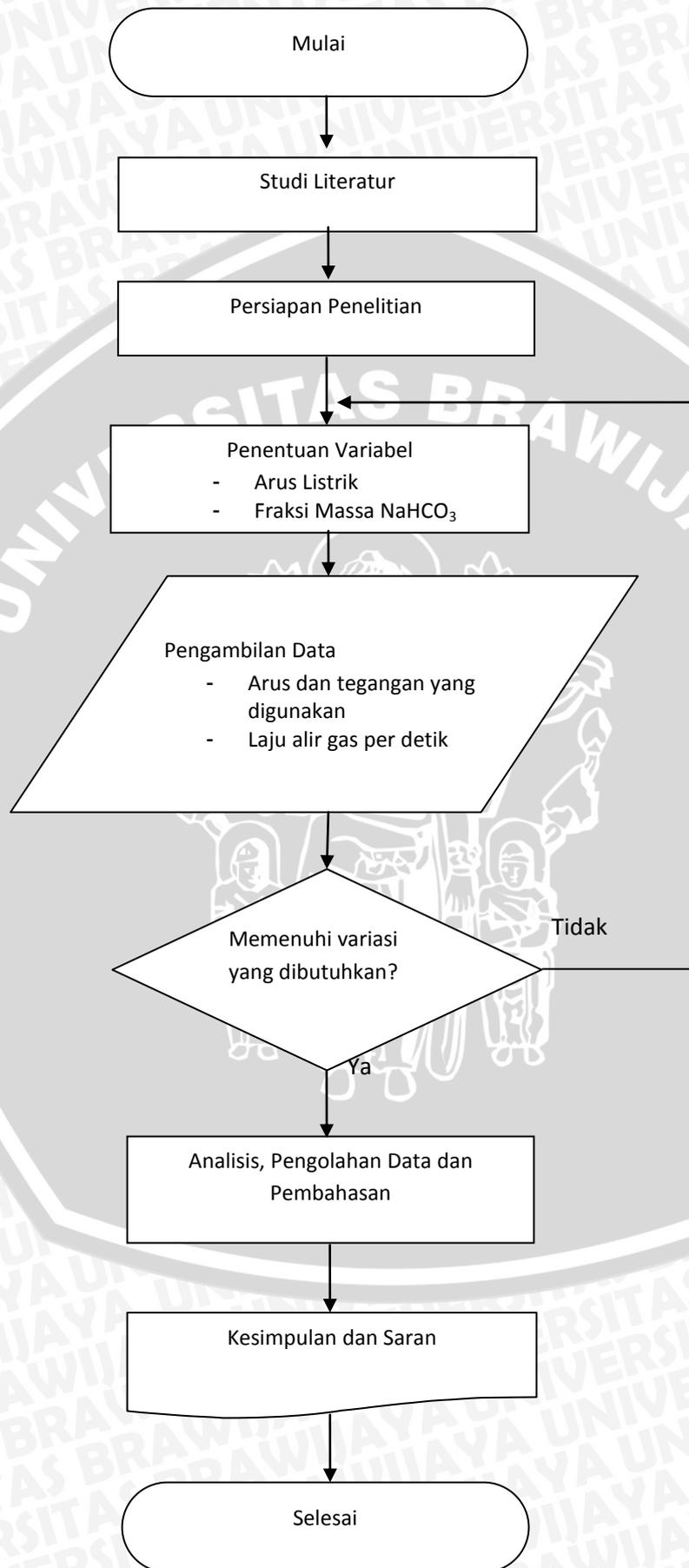
$$\% \text{Fraksi Massa Katalis} = \frac{\text{massa katalis}}{\text{massa larutan (aquades + katalis)}} \times 100\%$$

4. Atur arus sebesar 2 ampere.

5. Mengambil data dengan melihat karakteristik produksi HHO (*Brown's gas*).
 - a. Catat hasil laju alir HHO (*Brown's gas*) dalam satuan ml/s.
 - b. Hitung efisiensi dari elektroliser.
6. Ulangi langkah nomor 3 sampai 5 sebanyak enam kali.
7. Ulangi langkah nomor 4 dan 5 dengan arus sebesar 4 ampere, 6 ampere dan 8 ampere.
8. Buang air sisa elektrolisis dan bersihkan elektroliser.
9. Ulangi langkah nomor 3 sampai 9 dengan faksi massa katalis sebesar 1,15%, 1,31%, 1,47% dan 1,63%.
10. Menganalisa hasil data yang didapat dari proses elektrolisis tersebut.



3.7 Diagram Alur Penelitian



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

Dalam penelitian mengenai produksi *Brown's gas* dengan katalis NaHCO_3 pada elektroliser menggunakan variasi fraksi massa NaHCO_3 yaitu 0%; 0,99%; 1,15%; 1,31%; 1,47%; 1,64%. jumlah aquades yang digunakan dalam elektroliser sebanyak 6 liter. Sejumlah katalis tersebut dicampur hingga merata pada aquades, sehingga akan membentuk larutan aquades dengan campuran NaHCO_3 . Pada penelitian dibandingkan produksi *Brown's gas* tanpa menggunakan katalis dan dengan variasi katalis. Data yang akan didapatkan pada penelitian ini adalah produksi *Brown's gas* (l/s), daya yang dibutuhkan untuk melakukan elektrolisis (Watt) dan efisiensi dari elektroliser (%).

4.1.1 Data Hasil Pengujian

Pengambilan data dilakukan dengan tanpa menggunakan katalis dan dengan penggunaan fraksi massa NaHCO_3 sebanyak 0,99%; 1,15%; 1,31%; 1,47%; 1,64%. Dari pengujian tersebut didapatkan laju alir produksi *Brown's gas* yang dihasilkan dari proses elektrolisis dan arus yang dibutuhkan untuk melakukan proses elektrolisis.

Tabel 4.1 Data Produksi *Brown's Gas* Tanpa Katalis

I (Ampere)	V (Volt)	Q (l/s)	P (Watt)
2	15,521	0,0002639	31,0433
4	24,366	0,0005	97,4667
6	32,365	0,0007556	194,19
8	44,165	0,001238	353,32

Tabel 4.2 Data Produksi *Brown's Gas* dengan Fraksi Massa Katalis 0,99 %

I (Ampere)	V (Volt)	Q (l/s)	P (Watt)
2	2,7445	0,0002	5,489
4	3,04467	0,00047	12,1787
6	3,27783	0,00076	19,667

8	3,44967	0,00098	27,5973
---	---------	---------	---------

Tabel 4.3 Data Produksi *Brown's Gas* dengan Fraksi Massa Katalis 1,15 %

I (Ampere)	V (Volt)	Q (l/s)	P (Watt)
2	2,79333	0,00027	5,58667
4	3,12017	0,00062	12,4807
6	3,35217	0,00095	20,113
8	3,56233	0,00131	28,4987

Tabel 4.4 Data Produksi *Brown's Gas* dengan Fraksi Massa Katalis 1,31 %

I (Ampere)	V (Volt)	Q (l/s)	P (Watt)
2	2,73733	0,00033	5,47467
4	3,08267	0,00069	12,3307
6	3,3245	0,00123	19,947
8	3,51683	0,00171	28,1347

Tabel 4.5 Data Produksi *Brown's Gas* dengan Fraksi Massa Katalis 1,47 %

I (Ampere)	V (Volt)	Q (l/s)	P (Watt)
2	3,0765	0,00026	6,153
4	3,07083	0,0006	12,2833
6	3,30483	0,00109	19,829
8	3,5	0,00167	28

Tabel 4.6 Data Produksi *Brown's Gas* dengan Fraksi Massa Katalis 1,64 %

I (Ampere)	V (Volt)	Q (l/s)	P (Watt)
2	2,81983	0,00014	5,63967
4	3,15333	0,0004	12,6133
6	3,37533	0,00075	20,252
8	3,62583	0,00117	29,0067

4.1.2 Contoh Perhitungan Data

Perhitungan data dilakukan untuk mencari daya yang dibutuhkan untuk melakukan proses elektrolisis dan juga untuk mencari efisiensi dari elektroliser. Berdasarkan data-data yang sudah didapatkan pada tabel 4.1 sampai dengan 4.6 dapat dilakukan perhitungan daya yang dibutuhkan untuk melakukan proses elektrolisis dan efisiensi dari elektroliser.

Contoh perhitungan daya yang dibutuhkan untuk melakukan proses elektrolisis tanpa menggunakan katalis pada arus 8 ampere. Persamaan yang digunakan berdasarkan pada persamaan 2.1.

- Daya yang dibutuhkan

$$P = V \cdot I$$

$$V = 44,165 \text{ Volt}$$

$$I = 8 \text{ Ampere}$$

$$P = V \cdot I$$

$$= 44,165 \text{ V} \cdot 8 \text{ A}$$

$$= 353,32 \text{ Watt}$$

Selanjutnya adalah contoh perhitungan dari efisiensi elektroliser pada tanpa penggunaan katalis dengan arus 8 ampere dan dengan penambahan fraksi massa katalis 1,31% dengan arus 6 ampere. Persamaan yang digunakan sesuai dengan persamaan 2.3.

- Efisiensi elektroliser tanpa katalis dengan arus 8 ampere

$$\eta = \frac{V_{\text{HHO}} \times \rho_{\text{HHO}} \times \text{LHV}_{\text{HHO}}}{P_{\text{HHO}}} \times 100\%$$

$$V_{\text{HHO}} = 0,001238 \text{ l/sec}$$

$$\rho_{\text{HHO}} = 0,491167 \text{ g/l}$$

$$\text{LHV}_{\text{HHO}} = 13250 \text{ J/g}$$

$$P_{\text{HHO}} = 353,32 \text{ J/sec}$$

Sehingga efisiensi dari elektroliser tanpa katalis dengan arus 8 ampere adalah sebagai berikut :

$$\eta = \frac{0,001238 \left(\frac{\text{l}}{\text{sec}}\right) \cdot 0,491167 \left(\frac{\text{g}}{\text{l}}\right) \cdot 13250 \left(\frac{\text{J}}{\text{g}}\right)}{353,32 \left(\frac{\text{J}}{\text{s}}\right)} \times 100\%$$

$$= \frac{8.0568 \left(\frac{J}{s}\right)}{353.32 \left(\frac{J}{s}\right)} \times 100\%$$

$$= 2,28 \%$$

- Efisiensi elektroliser dengan penambahan fraksi massa katalis 1,31% dengan arus 6 ampere

$$\eta = \frac{V_{\text{HHO}} \times \rho_{\text{HHO}} \times \text{LHV}_{\text{HHO}}}{P_{\text{HHO}}} \times 100\%$$

$$V_{\text{HHO}} = 0.00123 \text{ l/sec}$$

$$\rho_{\text{HHO}} = 0,491167 \text{ g/l}$$

$$\text{LHV}_{\text{HHO}} = 13250 \text{ J/g}$$

$$P_{\text{HHO}} = 19,947 \text{ J/sec}$$

Sehingga efisiensi dari elektroliser tanpa katalis dengan arus 8 ampere adalah sebagai berikut

:

$$\eta = \frac{0,00123 \left(\frac{l}{\text{sec}}\right) \cdot 0,491167 \left(\frac{g}{l}\right) \cdot 13250 \left(\frac{J}{g}\right)}{19,947 \text{ (J/s)}} \times 100\%$$

$$= \frac{8.0048 \left(\frac{J}{s}\right)}{19.947 \left(\frac{J}{s}\right)} \times 100\%$$

$$= 40,0578 \%$$

Adapun perhitungan dari fraksi massa katalis yang digunakan, sebagai contoh pada fraksi massa katalis 1,64% adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ Fraksi Massa Katalis} = \frac{\text{massa katalis}}{\text{massa larutan (aquades + katalis)}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Fraksi Massa} = \frac{100 \text{ gram}}{6000 \text{ gram} + 100 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Fraksi Massa} = \frac{100 \text{ gram}}{6100 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Fraksi Massa} = 1.64\%$$

Dari keseluruhan produksi *Brown's gas* yang dihasilkan pada elektroliser, dapat dilihat keseluruhan efisiensi dari elektroliser pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.7 Data Efisiensi Elektroliser Hasil Pengujian Tanpa Katalis

I (Ampere)	P (Watt)	Q (l/s)	η (%)
2	31,0433	0,0002639	5,53

4	97,4667	0,0005	3,34
6	194,19	0,0007556	2,53
8	353,32	0,001238	2,28

Tabel 4.8 Data Efisiensi Elektroliser Hasil Pengujian dengan Fraksi Massa Katalis 0,99%

I (Ampere)	P (Watt)	Q (l/s)	η (%)
2	5,489	0,0002	24,0421
4	12,1787	0,00047	25,0859
6	19,667	0,00076	25,2777
8	27,5973	0,00098	22,9923

Tabel 4.9 Data Efisiensi Elektroliser Hasil Pengujian dengan Fraksi Massa Katalis 1,15%

I (Ampere)	P (Watt)	Q (l/s)	η (%)
2	5,58667	0,00027	31,0643
4	12,4807	0,00062	32,3005
6	20,113	0,00095	30,6493
8	28,4987	0,00131	30,004

Tabel 4.10 Data Efisiensi Elektroliser Hasil Pengujian dengan Fraksi Massa Katalis 1,31%

I (Ampere)	P (Watt)	Q (l/s)	η (%)
2	5,47467	0,00033	38,9643
4	12,3307	0,00069	36,5053
6	19,947	0,00123	40,0578
8	28,1347	0,00171	39,5163

Tabel 4.11 Data Efisiensi Elektroliser Hasil Pengujian dengan Fraksi Massa Katalis 1,47%

I (Ampere)	P (Watt)	Q (l/s)	η (%)
2	6,153	0,00026	27,6174
4	12,2833	0,0006	31,7892
6	19,829	0,00109	35,6466
8	28	0,00167	38,7379

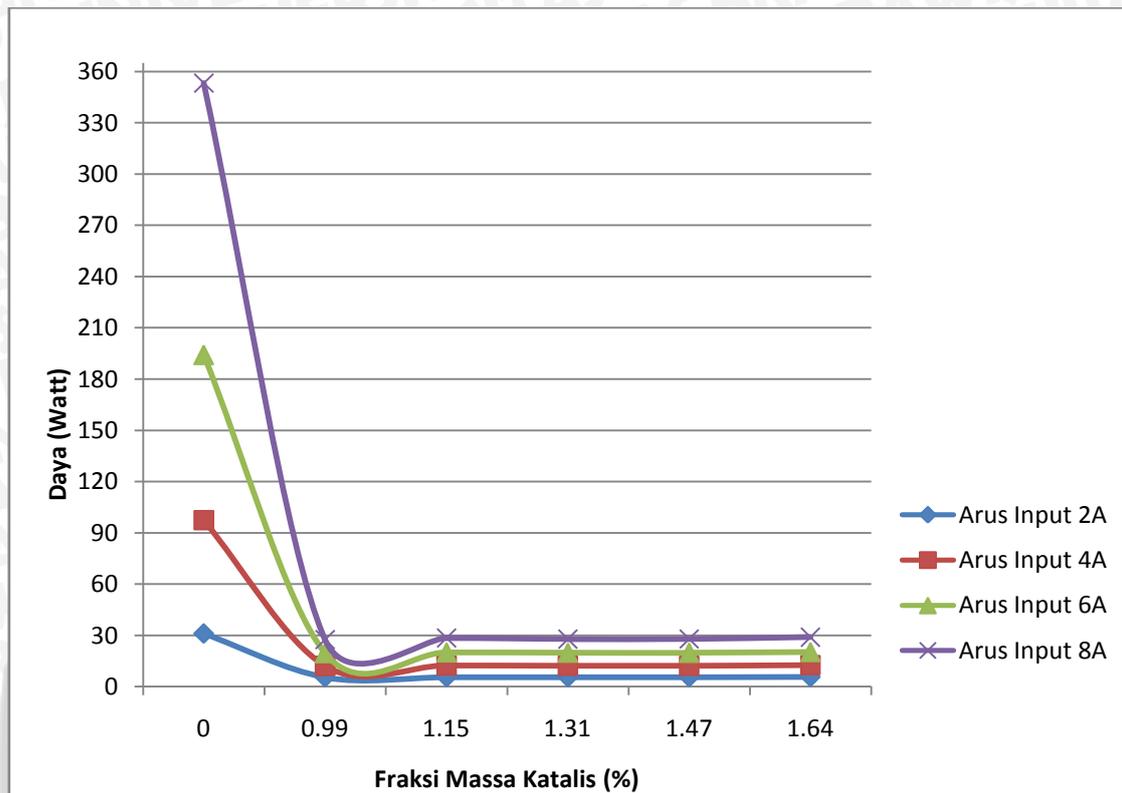
Tabel 4.12 Data Efisiensi Elektroliser Hasil Pengujian dengan Fraksi Massa Katalis 1,64%

I (Ampere)	P (Watt)	Q (l/s)	η (%)
2	5,63967	0,00014	16,3478
4	12,6133	0,0004	20,495
6	20,252	0,00075	24,1904
8	29,0067	0,00117	26,2378

4.2 Analisa Grafik dan Pembahasan

Dalam penelitian ini, data yang diperoleh akan diolah dan ditampilkan dalam bentuk grafik sehingga mempermudah dalam melakukan analisa dan pembahasan. Data berupa penambahan fraksi massa katalis dibandingkan dengan daya yang dibutuhkan dan juga efisiensi dari elektroliser.

4.2.1 Grafik Hubungan Konsentrasi Larutan Dengan Daya Dibutuhkan



Gambar 4.1 Hubungan Konsentrasi Larutan terhadap Daya

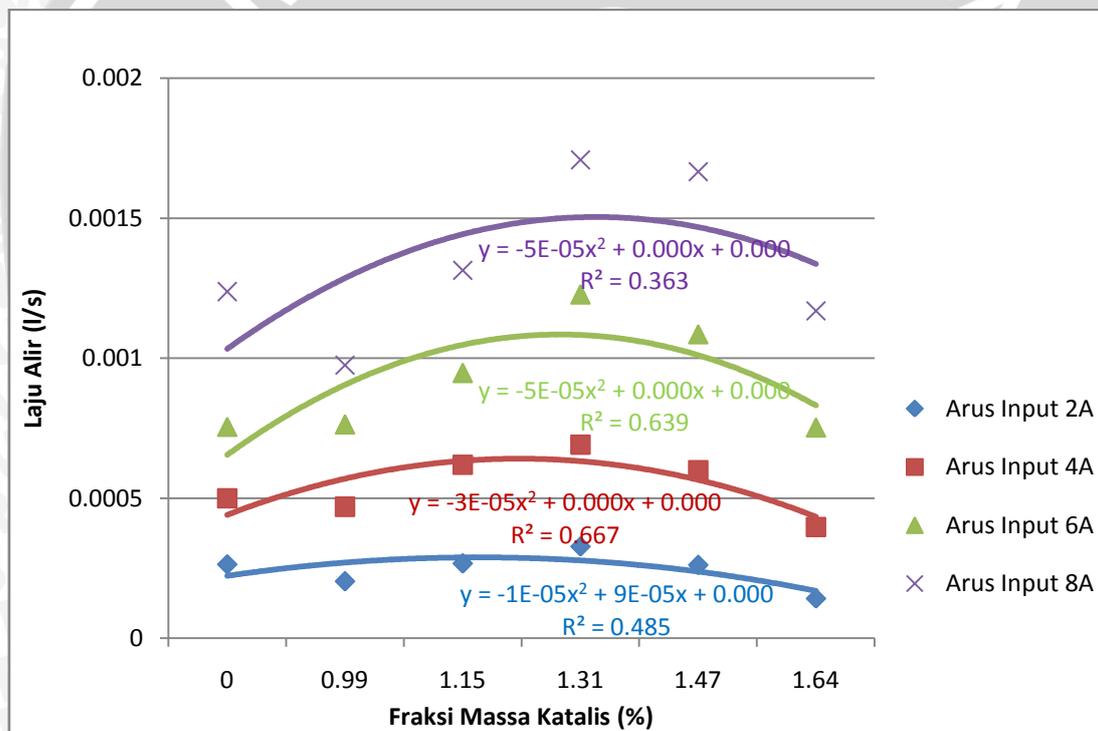
Larutan elektrolit adalah suatu senyawa yang bila dilarutkan dalam pelarut akan menghasilkan larutan yang dapat menghantarkan arus listrik, menurut Michael Faraday elektrolit merupakan suatu zat yang dapat menghantarkan listrik jika berada dalam bentuk larutan (Chem, 2010).

Pada gambar 4.1 dapat dilihat pada larutan yang tidak menggunakan katalis atau fraksi massa katalis 0% dibutuhkan daya yang sangat besar. Konsumsi daya terbesar pada penggunaan arus sebesar 8 A yang mencapai 353,52 Watt. Dengan penambahan katalis konsumsi daya yang digunakan untuk melakukan proses elektrolisis akan semakin kecil. Fenomena ini dapat terjadi karena fungsi katalis untuk mempercepat laju reaksi kimia tanpa mengalami perubahan atau terpakai pada reaksi kimia tersebut. Ketika tidak menggunakan katalis maka tegangan listrik yang digunakan untuk menggerakkan elektron akan besar, sehingga hal itu akan menaikkan konsumsi daya yang digunakan untuk melakukan proses elektrolisis tersebut. Arus listrik akan mengalir pada media yang bersifat konduktor, semakin baik konduktivitas media tersebut maka akan semakin mudah arus listrik untuk mengalir. Sebagai contohnya pada pengujian ini digunakan larutan elektrolit dengan katalis NaHCO_3 , sehingga media aquades akan mampu untuk menghantarkan listrik lebih baik.

Katalisator misalnya NaHCO_3 berfungsi mempermudah proses penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen karena ion-ion katalisator mampu mempengaruhi kesetabilan molekul air menjadi menjadi ion H dan OH yang lebih mudah di elektrolisis karena terjadi penurunan energi pengaktifan. Zat tersebut tidak mengalami perubahan yang kekal atau tidak dikonsumsi dalam proses elektrolisis (Ridwan, 2012).

Dengan penambahan katalis berupa NaHCO_3 maka akan terjadi reaksi kimia dan NaHCO_3 akan terurai menjadi anion Na^+ dan kation HCO_3^- . Anion dan kation tersebut akan bergerak untuk menghantarkan arus listrik pada media aquades. Ketika terdapat beda potensial pada larutan elektrolit, maka arus listrik yang mengalir akan digunakan untuk mengelektrolisis air.

4.2.2 Grafik Hubungan Konsentrasi Larutan Dengan Laju Alir *Brown's gas*



Gambar 4.2 Hubungan Konsentrasi Larutan terhadap Laju Alir HHO

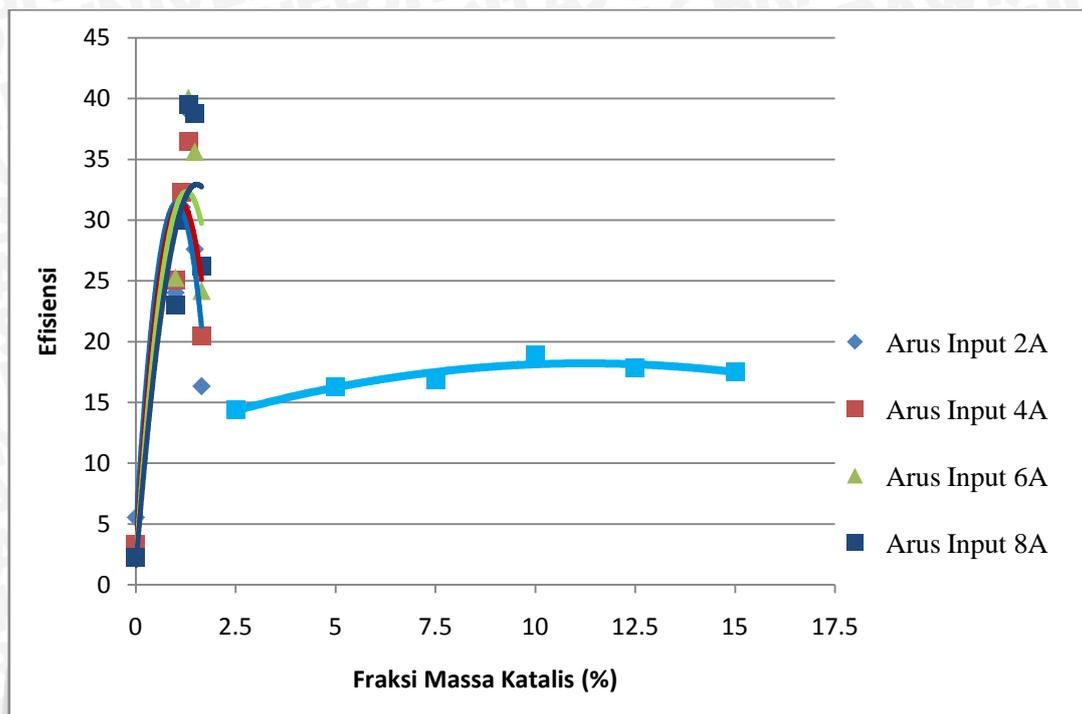
Dari gambar 4.2 dapat diketahui pada penggunaan katalis 0% atau tidak menggunakan katalis sudah dapat memproduksi *Brown's gas*. Namun pada saat ditambahkan fraksi massa katalis sebesar 0.99% terlihat penurunan laju alir *Brown's gas* dan seiring ditambahkannya katalis terjadi peningkatan laju alir hingga mencapai titik puncak laju alir produksi *Brown's gas* dan akhirnya laju alir terus menurun. Hal ini dapat terjadi karena pada saat tidak menggunakan katalis maka daya yang digunakan untuk melakukan proses elektrolisis sangat

besar, sesuai dengan gambar 4.2 sehingga laju alir *Brown's gas* juga cukup besar. Namun dengan tanpa menggunakan katalis terdapat *losses* dimana daya yang besar tersebut tidak hanya mengelektrolisis air, tetapi juga digunakan untuk memanaskan air.

Dengan menambahkan katalis mulai dari 0.99%, daya yang digunakan untuk melakukan elektrolisis akan lebih kecil, sehingga laju alir *Brown's gas* juga akan berkurang. Dengan semakin ditambahkan fraksi massa katalis pada larutan elektrolit, maka akan meningkatkan pula daya yang digunakan untuk mengelektrolisis air. Dapat dilihat pada gambar 4.2 bahwa semakin besar arus yang digunakan maka laju alir dari *Brown's gas* yang diproduksi pun akan semakin besar. Begitu pula dengan penambahan fraksi massa katalis, semakin banyak katalis yang digunakan maka laju alir *Brown's gas* yang diproduksi akan semakin besar. Hal ini dapat terjadi karena dengan menambahkan katalis maka anion dan kation yang terkandung dalam larutan akan bertambah banyak, sehingga sifat larutan yang menjadi semakin konduktif. Hal ini dapat terjadi karena katalis NaHCO_3 terurai menjadi Na^+ pada anoda yang akan meningkatkan kemampuan larutan elektrolit untuk menghantarkan listrik dan juga akan meningkat pula kemampuan arus listrik untuk mengelektrolisis air. Dengan semakin banyaknya larutan yang dielektrolisis maka akan semakin banyak pula *Brown's gas* yang terbentuk, dengan kata lain laju alir *Brown's gas* akan bertambah pula. Namun dengan semakin banyaknya NaHCO_3 yang digunakan, larutan akan semakin jenuh (Marlina, 2013). Hal tersebut mengakibatkan anion dan kation dalam larutan akan semakin sulit untuk bergerak menghantarkan arus listrik. Oleh sebab itu laju alir *Brown's gas* semakin melandai dan laju alir menurun setelah melewati titik puncak.

Dari gambar 4.2 terlihat bahwa produksi *Brown's gas* pada setiap penggunaan arus input mulai dari 2A, 4A, 6A sampai dengan 8A mencapai titik puncak pada fraksi massa katalis 1.31%. Sedangkan untuk laju alir produksi *Brown's gas* terbesar yaitu pada penggunaan arus 8A dengan fraksi massa katalis 1.31%, didapatkan laju alir produksi *Brown's gas* sebanyak 0.00171 l/detik. Hal ini disebabkan karena terjadi proses pertukaran ion-ion dalam larutan yang memiliki kekuatan besar untuk menarik ion muatan yang berlawanan sehingga semakin banyak produksi gas hidrogen yang diperoleh (Andewi, 2009).

4.2.3 Grafik Hubungan Konsentrasi Larutan Dengan Efisiensi Elektroliser



Gambar 4.3 Hubungan Konsentrasi Larutan terhadap Efisiensi Elektroliser

Gambar 4.3 menunjukkan perbandingan konsentrasi larutan terhadap efisiensi elektroliser. Pada gambar terlihat bahwa seiring penambahan fraksi massa katalis, efisiensi dari elektroliser *Brown's gas* akan semakin naik. Namun kenaikan nilai efisiensi tersebut akan mencapai titik puncak dan kemudian nilai efisiensi akan menurun.

Kenaikan nilai efisiensi tersebut sebanding dengan jumlah *Brown's gas* yang diproduksi. Nilai efisiensi dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu volume, berat jenis dan LHV HHO. Semakin banyak *Brown's gas* yang diproduksi maka akan semakin tinggi pula nilai efisiensi dari elektroliser *Brown's gas* tersebut. Hal tersebut sesuai dengan rumus efisiensi elektroliser *Brown's gas* sebagai berikut :

$$\eta = \frac{V_{\text{HHO}} \times \rho_{\text{HHO}} \times \text{LHV}_{\text{HHO}}}{P_{\text{HHO}}} \times 100\%$$

Dengan semakin bertambahnya prosentase NaHCO_3 (Natrium Bikarbonat) menyebabkan larutan elektrolit semakin besar dalam mengalirkan arus listrik, sehingga molekul air yang terurai menjadi gas HHO (*Brown's gas*) semakin banyak dan energi listrik yang dikonsumsi dapat secara optimal digunakan untuk terjadinya reaksi elektrolisis air. Tetapi setelah mencapai titik maksimum kenaikan produksi gas HHO (*Brown's gas*) lebih

kecil dari kenaikan energi listrik yang dibutuhkan, yang disebabkan oleh semakin besarnya energi listrik yang mengalir dalam rangkaian elektrolisis maka semakin banyak energi listrik yang berubah menjadi panas yang terlepas ke lingkungan. Hal ini mengakibatkan penurunan efisiensi generator HHO (Marlina, 2013).

Pada gambar 4.3 pada grafik dengan arus input 23.3 A, penelitian tersebut dilakukan oleh Marlina (2013) dimana menggunakan volume air 500 ml dan fraksi massa katalis 2,5%, 5%, 7,5%, 10%, 12,5%, dan 15% dengan tegangan konstan 12 V pada accu. Namun pada penelitian tersebut hanya didapatkan nilai efisiensi tertinggi pada fraksi massa katalis 10% yaitu sebesar 18.95%. Elektroliser yang digunakan adalah elektroliser berbentuk silinder dengan empat buah elektroda. Sedangkan untuk efisiensi elektroliser tertinggi pada penelitian ini dicapai pada elektrolisis dengan arus 6 A dengan fraksi massa katalis sebesar 1.31% yaitu mencapai nilai efisiensi 40.0578%. Sedangkan efisiensi terendah pada penggunaan arus 8 A dengan fraksi massa katalis 0% atau tidak menggunakan katalis yaitu 2.28%.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian ini pengaruh variasi fraksi massa NaHCO_3 terhadap produksi *Brown's gas* pada elektroliser dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Produksi *Brown's gas* pada elektroliser dapat dilakukan tanpa menggunakan katalis, namun konsekuensi yang didapatkan yaitu daya yang dibutuhkan untuk melakukan proses elektrolisis tersebut akan sangat besar, sedangkan jumlah *Brown's gas* yang diproduksi tidak cukup banyak. Sehingga efisiensi dari elektroliser menjadi kecil. Daya terbesar untuk melakukan elektrolisis tanpa menggunakan katalis mencapai 353,32 Watt, sedangkan efisiensi dari elektroliser hanya 2.28%.
- Dengan penambahan katalis NaHCO_3 akan mengurangi daya yang dibutuhkan untuk melakukan proses elektrolisis pada larutan. Dengan penambahan katalis, daya terbesar untuk melakukan proses elektrolisis adalah 29,0067 Watt.
- Penambahan katalis NaHCO_3 pada larutan dapat meningkatkan produksi *Brown's gas* pada elektroliser. Namun penambahan tersebut tidak terjadi terus menerus, melainkan terdapat titik puncak dimana produksi *Brown's gas* akan menurun setelah melewati titik tersebut.
- Efisiensi elektroliser berbanding lurus dengan *Brown's gas* yang diproduksi dan berbanding terbalik dengan daya yang dibutuhkan untuk melakukan proses elektrolisis. Efisiensi elektroliser terendah didapat pada proses elektrolisis tanpa menggunakan katalis, yaitu hanya 2.28%. Sedangkan efisiensi elektroliser tertinggi dicapai pada elektrolisis dengan arus 6A dengan fraksi massa katalis sebesar 1.31% yaitu mencapai nilai efisiensi 40.0578%.

5.2 Saran

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan penelitian dimana produksi *Brown's gas* ini dilakukan untuk proses pengelasan.
2. Penelitian ini dapat juga dikembangkan dengan mengalirkan *Brown's gas* yang diproduksi untuk menjalankan motor bakar.

3. Dapat pula dicari bagaimana kandungan gas buang dari motor bakar yang menggunakan bahan bakar yang bersumber dari *Brown's gas*.

