

**Pemanfaatan Energi Surya Dalam Pembuatan Gas Hidrogen
Melalui Proses Elektrolisis Air Dengan Variasi Katalis KOH,
NaCl Dan NaHCO₃**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik**



Disusun Oleh :

Fadel Muhammad Sarira

NIM: 4513044009

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

UNIVERSITAS BOSOWA

FAKULTAS TEKNIK

2019

LEMBAR PERSETUJUAN

PEMANFAATAN ENERGI SURYA DALAM PEMBUATAN GAS
HIDROGEN MELALUI PROSES ELEKTROLISIS AIR DENGAN
VARIASI KATALIS KOH, NaCl DAN NaHCO₃

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :

Fadel Muhammad Sarira
NIM: 4513044009

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing I


(Dr. Zulfikar Syaiful, ST.,MT)
NIDN.0918026902

Dosen Pembimbing II


(M. Tang, ST.,M.Pkim)
NIDN. 0913027503

LEMBAR PENGESAHAN
Pemanfaatan Energi Surya Dalam Pembuatan Gas Hidrogen Melalui
Proses Elektrolisis Air Dengan Variasi Katalis KOH, NaCl Dan NaHCO₃

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik



Disusun Oleh :
Fadel Muhammad Sarira
NIM: 4513044009

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus
pada tanggal 15 Maret 2019

Pembimbing

1. Dr. Zulfikar Syaiful, ST.,MT
2. M. Tang, ST.,M.Pkim

Penguji

3. Dr. Ridwan, ST.,M.Si.
4. Dr.Hamsina, ST.M.Si.

Tanda Tangan

Tanda Tangan

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Kimia

M. Tang, ST.,M.Pkim
NIPN. 0913027503

INTISARI

Penelitian tentang pembuatan gas hidrogen melalui elektrolisis air dilakukan dengan tujuan untuk merancang alat pembuatan gas hidrogen melalui proses elektrolisis air dengan menggunakan sumber energi surya dan menganalisa pengaruh variasi penggunaan katalis (KOH, NaCl, NaHCO_3) serta mengamati karakteristik fisik yang dihasilkan tiap katalis pada proses elektrolisis.

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini dengan menambahkan katalis sebanyak 5% dari 1.500 ml aquades dan arus 5A pada masing-masing percobaan. Sumber energi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari aki mobil yang sebelumnya diisi dayanya menggunakan energi matahari menggunakan panel surya. Proses elektrolisis yang menggunakan elektroda plat stainless steel ini berlangsung selama 60 menit tiap percobaan dan tiap 10 menit dihitung tekanan dan suhu gas hidrogen yang dihasilkan. Selanjutnya Gas Hidrogen yang dihasilkan dihitung volumenya menggunakan dua metode yaitu secara teoritis menggunakan rumus gas ideal dan secara aktual dengan menghitung volume penampung gas yang berbentuk tabung.

Hasil Penelitian menunjukkan terjadinya kenaikan gas hidrogen yang stabil pada masing-masing katalis (KOH, NaCl, NaHCO_3) selama 60 menit Namun hasil perhitungan secara teoritis dan aktual terdapat perbedaan. Dari hasil perhitungan secara teoritis diperoleh volume gas KOH, NaHCO_3 , NaCl secara berturut-turut 2.3402 L, 2.3332 L, 2.3323 L . Sedangkan secara aktual volume gas KOH, NaHCO_3 , NaCl secara berturut-turut 2.0598 L, 1.9895 L, 1.9593 L.

Kata kunci : *Elektrolisis, Katalis KOH, NaCl, NaHCO_3 , Energi Surya, Volume Gas Hidrogen*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alikum Wr. Wb.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Hasil Skripsi ini yang berjudul "Pemanfaatan Energi Surya dalam Pembuatan Gas Hidrogen Dengan Proses Elektrolisis Air Dengan Variasi Katalis KOH, NaCl Dan NaHCO₃". Laporan Hasil Penelitian ini disusun sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan Program Studi S1 pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar. Selain itu diharapkan dapat menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya terkait dengan pembuatan gas hidrogen dengan proses elektrolisis. Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih terdapat banyak kesalahan, oleh karena itu bila ada kritik dan saran demi kesempurnaan laporan ini akan Penyusun terima dengan ikhlas dan dengan ucapan terima kasih.

Dalam penulisan skripsi ini, Penulis selalu mendapatkan bimbingan, dorongan, serta semangat dari banyak pihak. Oleh karena itu Penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ridwan, ST.,MT, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Bosowa Makassar.
2. Bapak M. Tang, ST.,M.Pkim. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Bosowa Makassar sekaligus dosen pembimbing.
3. Bapak Dr. Ir. A. Zulfikar Syaiful, MT. selaku dosen pembimbing.
4. Ibu Dr. Hamsina, ST.,MT. selaku dosen penguji
5. Bapak Algazali, ST.,MT selaku dosen penguji.
6. Seluruh dosen yang ada di program studi Teknik Kimia Universitas Bosowa Makassar yang telah memberikan ilmunya selama saya menjalani studi.
7. Ibu Nurmiaty Darwis, ST. dan Ibu Yuli selaku staff yang telah banyak membantu penulis dalam mengenyam pendidikan.

8. Teristimewa kepada Orang Tua dan keluarga besar penulis yang tak pernah lelah memberikan semangat dan motivasi kepada penulis dalam menyelesaikan studi.
9. Teman-teman seperjuangan angkatan 2013 Teknik Kimia Universitas Bosowa.
10. Dan seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis selama mengenyam bangku kuliah.

Akhirnya dengan segala keterbatasan yang ada, Penyusun berharap Hasil Penelitian ini dapat bermanfaat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Makassar, 16 Maret 2019

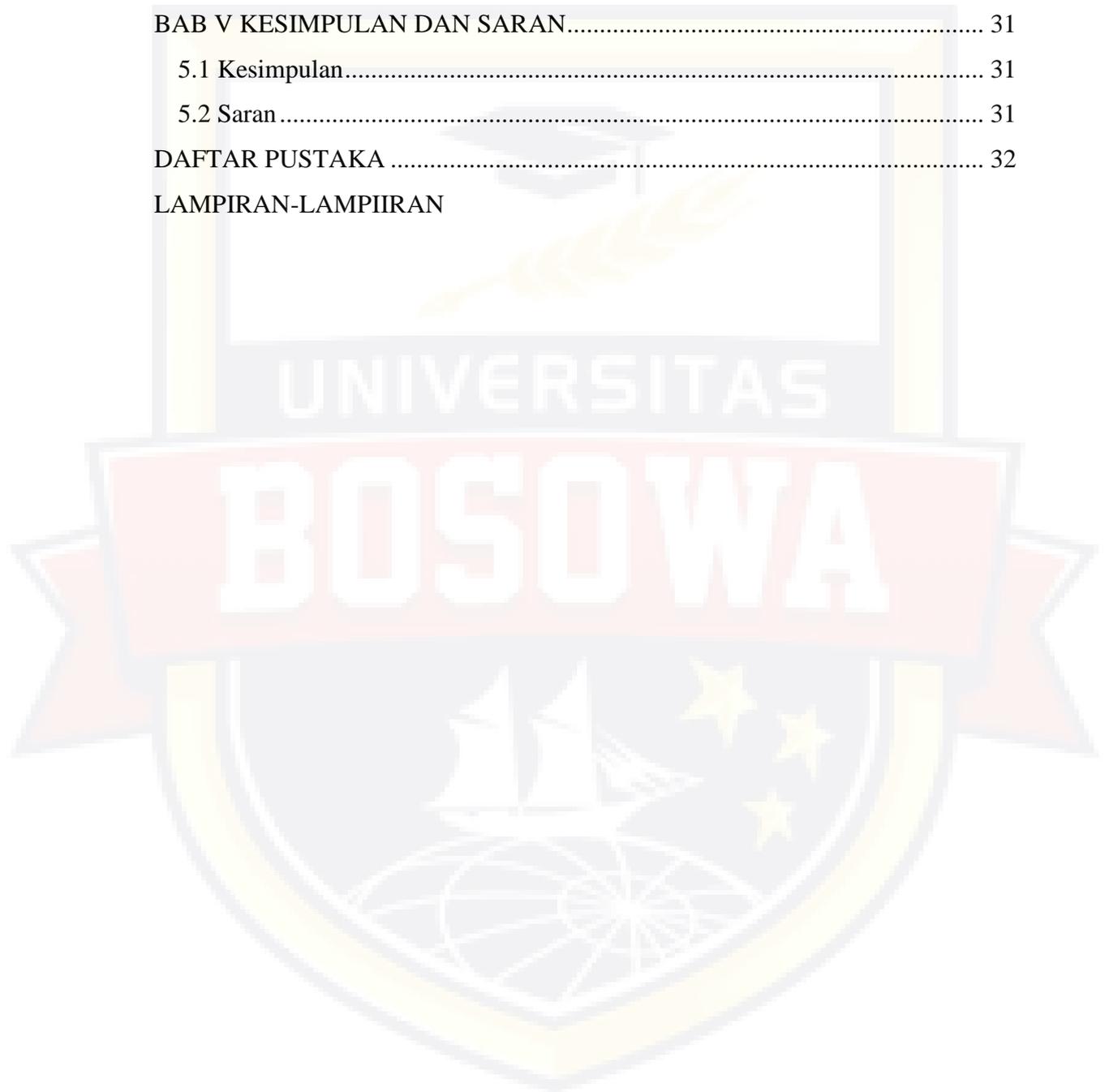
BOSOWA

Penyusun

DAFTAR ISI

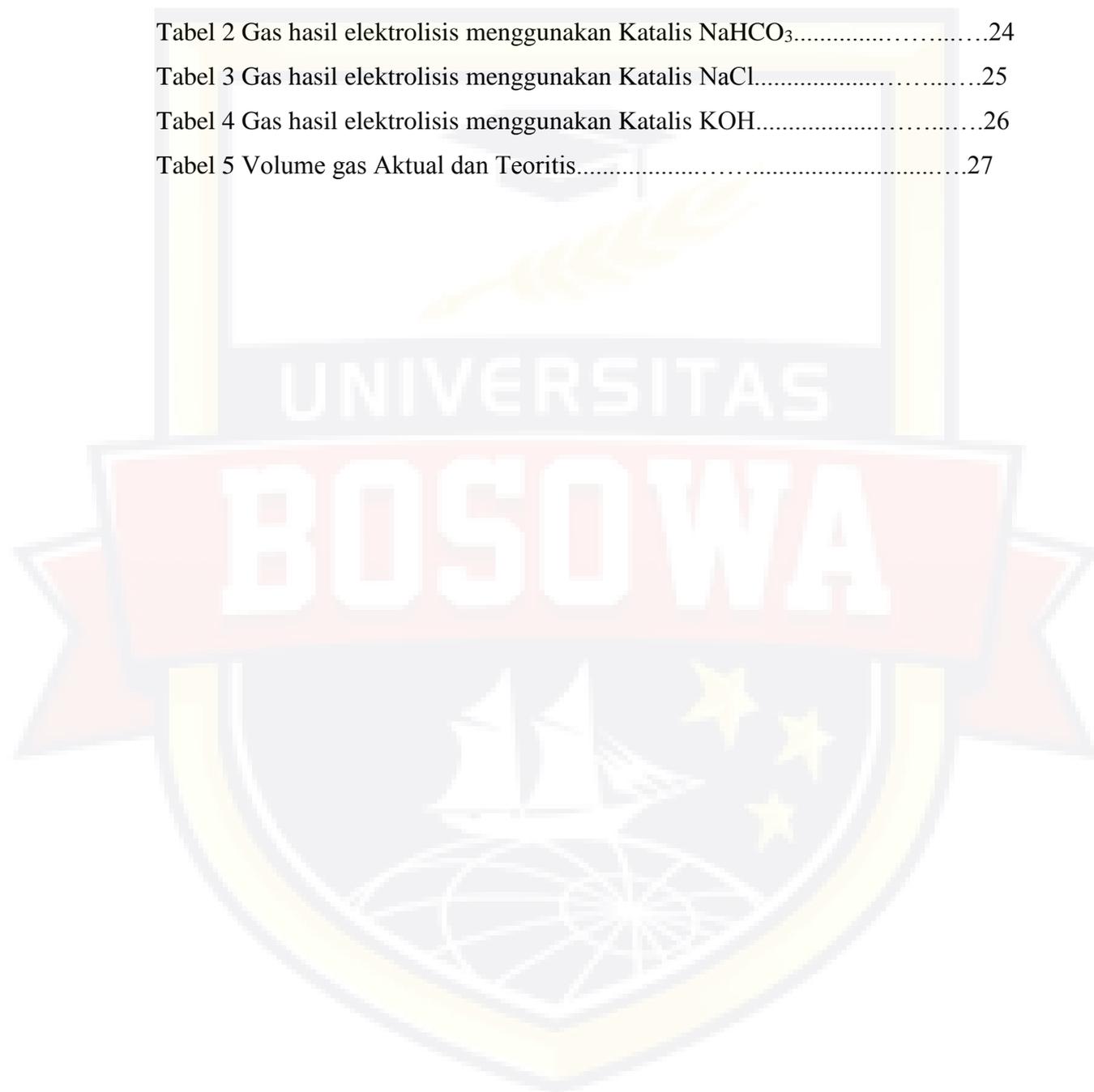
SKRIPSI.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
INTISARI.....	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Elektrolisis.....	4
2.2 Elektolisis Air (H ₂ O)	5
2.3 Gas Hidrogen.....	7
2.4 Air (H ₂ O).....	9
2.5 Elektroda	10
2.6 Elektroda <i>Stainles Steel</i>	12
2.7 Katalis.....	13
2.8 Panel Surya.....	18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	20
3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian.....	20
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian	20
3.3 Metode Penelitian.....	21
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	22
3.5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian	23

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil Penelitian.....	24
4.2 Pembahasan	27
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	31
5.1 Kesimpulan.....	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN-LAMPIIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian.....	23
Tabel 2 Gas hasil elektrolisis menggunakan Katalis NaHCO_3	24
Tabel 3 Gas hasil elektrolisis menggunakan Katalis NaCl	25
Tabel 4 Gas hasil elektrolisis menggunakan Katalis KOH	26
Tabel 5 Volume gas Aktual dan Teoritis.....	27



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 Proses Elektrolisis Air.....	4
Gambar 2 molekul Hidrogen.....	7
Gambar 3 Gaya Tarik-Menarik pada Molekul Air	10
Gambar 4 Contoh elektoda.....	11
Gambar 5 Pipa <i>Stainless Steel</i>	13
Gambar 6 KOH	15
Gambar 7 NaCl	16
Gambar 8 Produk Baking soda	17
Gambar 9 Panel surya	18
Gambar 10 Rangkaian alat elektrolisis	21
Gambar 11 Diagram hasil elektrolisis menggunakan katalis NaHCO_3	25
Gambar 12 Diagram hasil elektrolisis menggunakan katalis NaCl	26
Gambar 13 Diagram hasil elektrolisis menggunakan katalis KOH	27
Gambar 14 Diagram Gas Hidrogen dihitung secara teoritis	28
Gambar 15 Diagram Gas Hidrogen dihitung secara aktual	28

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan kebutuhan energi di Indonesia merupakan masalah yang serius dalam kehidupan manusia. Energi merupakan komponen penting bagi kelangsungan hidup manusia karena hampir semua aktivitas kehidupan manusia sangat tergantung terhadap ketersediaan energi.

Ketergantungan manusia terhadap energi fosil, misalnya energi untuk pembangkit listrik, industri dan berbagai macam alat-alat transportasi tidak dapat dipisahkan dalam upaya memenuhi kebutuhan keseharian. Meningkatnya jumlah penduduk dunia serta meningkatnya laju industrialisasi dari tahun ke tahun menyebabkan kebutuhan akan energi semakin besar, sedangkan jumlah energi yang tersedia hanya cukup untuk beberapa tahun mendatang. Data yang diperoleh dari Ditjen migas, produksi minyak dan gas bumi di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir mengalami penurunan yang sangat signifikan. Pada tahun 2012 jumlah dari produksi minyak bumi adalah setengah dari produksi tahun sebelumnya yaitu pada tahun 2011 sebesar 329.249 Ribu barel per hari menjadi 163.633 Ribu barel perhari. Cadangan minyak bumi Indonesia juga mengalami penurunan yaitu pada awal 2012 mencapai 3,742 miliar *metric barrel oil* (MMBO) sedangkan pada tahun 2013 perkiraan cadangan turun jadi 3,6 MMBO (Ditjen Migas, 2013). Sementara untuk pemakaian minyak bumi dalam negeri adalah sebesar 611 ribu barrel/ hari (*Blue Print* Pengelolaan Energi Nasional).

Melihat kondisi tersebut, maka saat ini sangat diperlukan penelitian yang intensif untuk mencari, mengoptimalkan dan menggunakan sumber energi baru dan ramah lingkungan mulai dari pemanfaatan energi surya, energi angin, hingga pemanfaatan hidrogen. Dari sekian banyak energi terbarukan bahan bakar hidrogen merupakan energi yang ramah lingkungan (Yanur & Djoko, 2013) dan menjadi perhatian besar pada banyak negara, terutama di negara maju. Hidrogen

diproyeksikan oleh banyak negara akan menjadi bahan bakar masa depan yang lebih ramah lingkungan dan lebih efisien.

Menurut Vanags (2012), hidrogen tidak tersedia di bumi dalam keadaan bebas melainkan diproduksi secara industri sehingga harga akhir dari gas hidrogen ditentukan melalui proses produksi yang digunakan. Hidrogen yang tersedia di dalam air dan senyawa organik berbentuk senyawa hidrokarbon, seperti gas alam, batubara, dan biomassa. Inilah alasan penelitian tentang ektrolisis air menjadi sangat penting..

Cara alternatif untuk memproduksi gas Hidrogen dapat dilakukan dengan melakukan proses elektrolisis menggunakan air. Elektrolisis itu sendiri adalah proses penguraian molekul air (H_2O) menjadi Hidrogen (H_2) dan Oksigen (O_2) dengan energi pemicu reaksi berupa energi listrik. Mulai timbulnya kedua gas ini setelah penggunaan tegangan lebih besar dari 1,7 Volt (Doddy,2013). 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. Selama ini elektrolisis dikenal sebagai proses produksi Hidrogen dari air yang paling efektif dengan tingkat kemurnian tinggi, tapi terbatas untuk skala kecil. Air merupakan sumber daya alam yang sangat penting bagi kehidupan. Apabila air dikelola dengan baik maka air dapat menjadi sumber energi alternatif yang tak terbatas karena air merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Salah satu pemanfaatan gas hidrogen adalah sebagai bahan bakar mesin. Penggunaan gas hidrogen sebagai bahan bakar massal memiliki sejumlah keunggulan. Pertama, tidak menimbulkan emisi. Kedua, proses pembuatannya mudah dengan bahan baku yang berlimpah.

Untuk mengurai air menjadi hidrogen, di samping membutuhkan sumber energi listrik, juga diperlukan suatu zat yang mampu membantu mempercepat terjadinya proses penguraian tersebut yakni katalis. Beberapa katalis yang dimanfaatkan dalam penelitian ini diantaranya Kalium Hidroksida (KOH), Natrium Klorida (NaCl), dan Soda Kue ($NaHCO_3$).

Menurut Putra (2010), penggunaan katalis akan mempermudah pemutusan gas hidrogen dan gas oksigen dalam air dan membentuk HHO. Sehingga

diperkirakan semakin banyaknya konsentrasi dari katalis, akan memperbanyak produksi dari gas HHO. Demikian juga halnya dengan pengaruh arus yang berasal dari tegangan, kemungkinan dapat mempercepat produksi gas HHO dari hasil elektrolisis. (Wahyono, Anies R, 2016). Sehingga dalam penelitian ini dilakukan pengaruh variasi penggunaan katalis KOH, NaCl, dan NaHCO₃ pada proses elektrolisis air untuk menghasilkan gas hidrogen dengan menggunakan energi surya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari tugas akhir ini antara lain :

1. Bagaimana merancang alat pembuatan gas Hidrogen melalui proses elektrolisis air dengan menggunakan sumber energi surya?
2. Bagaimana pengaruh variasi penggunaan katalis (KOH, NaCl, NaHCO₃) pada proses elektrolisis terhadap gas yang dihasilkan?
3. Bagaimana karakteristik fisik yang dihasilkan katalis pada proses elektrolisis?

1.3 Tujuan

Adapun tujuan dari tugas akhir ini antara lain :

1. Merancang alat pembuatan gas Hidrogen melalui proses elektrolisis air dengan menggunakan sumber energi surya.
2. Menganalisis pengaruh variasi penggunaan katalis KOH, NaCl, NaHCO₃ pada proses elektrolisis terhadap gas yang dihasilkan.
3. Menentukan karakteristik fisik yang dihasilkan tiap katalis pada proses elektrolisis.

1.4 Manfaat

1. Memberikan solusi alternatif konsumsi energi dalam kehidupan sehari-hari.
2. Sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya terkait proses elektrolisis air untuk menghasilkan gas hidrogen.

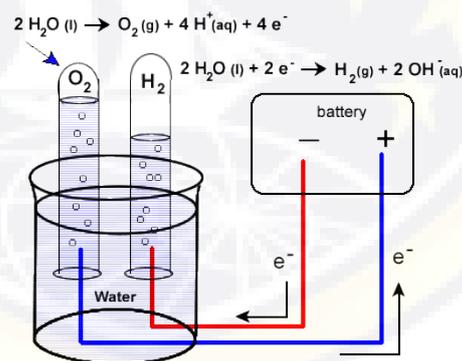
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Elektrolisis

Elektrolisis adalah peristiwa penguraian elektrolit dalam sel elektrolisis oleh arus listrik. Dalam sel volta/galvani, reaksi oksidasi reduksi berlangsung dengan spontan, dan energi kimia yang menyertai reaksi kimia diubah menjadi energi listrik. Sedangkan elektrolisis merupakan reaksi kebalikan dari sel volta/galvani yang potensial selnya negatif atau dengan kata lain, dalam keadaan normal tidak akan terjadi reaksi dan reaksi dapat terjadi bila diinduksi dengan energi listrik dari luar (Pratiwi, 2014).

Elektrolisis merupakan proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Proses elektrolisis memisahkan molekul air menjadi gas hidrogen dan oksigen dengan cara mengalirkan arus listrik ke elektroda tempat larutan elektrolit (air dan katalis) berada. Reaksi elektrolisis tergolong reaksi redoks tidak spontan, reaksi itu dapat berlangsung karena pengaruh energi listrik (Rusminto, 2009). Proses ini ditemukan oleh Faraday tahun 1820. Pergerakan elektron pada proses elektrolisa dapat dilihat pada gambar .



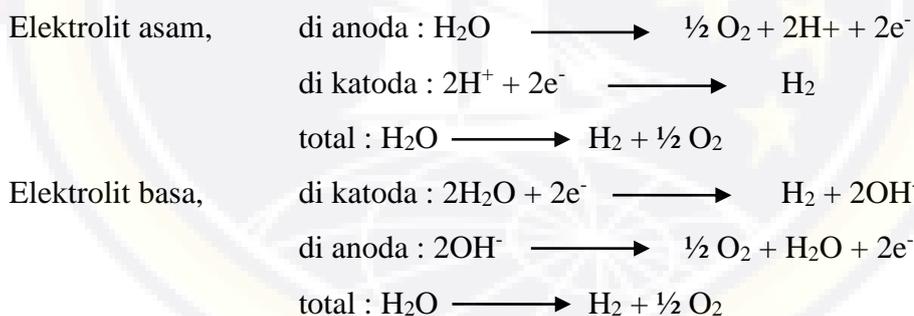
Gambar 1. Proses Elektrolisis Air

(Sumber : Chevi Noorcholis, 2011, <http://chevinoorcholis.blogspot.co.id>. Diakses pada 18 Juli 2018)

2.2 Elektrolisis Air (H₂O)

Elektrolisis air adalah peristiwa penguraian senyawa air (H₂O) menjadi oksigen (O₂) dan hidrogen gas (H₂) dengan menggunakan arus listrik yang melalui air tersebut. Pada katode, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H₂ dan ion hidroksida (OH⁻). Sementara itu pada anode, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O₂), melepaskan 4 ion H⁺ serta mengalirkan elektron ke katode. Ion H⁺ dan OH⁻ mengalami netralisasi sehingga terbentuk kembali beberapa molekul air. Selama ini elektrolisis dikenal sebagai proses produksi Hidrogen yang paling efektif dan tingkat kemurniannya tinggi, tapi terbatas untuk skala yang kecil (Marlina, 2013).

Beda potensial yang dihasilkan oleh arus listrik antara anoda dan katoda akan mengionisasi molekul air menjadi ion positif dan ion negatif. Pada katoda terdapat ion positif yang menyerap elektron dan menghasilkan molekul ion H₂, dan ion negatif akan bergerak menuju anoda untuk melepaskan elektron dan menghasilkan molekul ion O₂. Reaksi total elektrolisis air adalah penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen. Bergantung pada jenis elektrolit yang digunakan, reaksi setengah sel untuk elektrolit asam atau basa dituliskan dalam dua cara yang berbeda.



Gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan dari reaksi ini membentuk gelembung pada elektroda dan dapat dikumpulkan. Prinsip ini kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan hidrogen yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan *hidrogen*. Dengan menyediakan *energi* dari baterai, Air (H₂O) dapat dipisahkan ke dalam molekul diatomik hidrogen (H₂) dan oksigen (O₂). Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis air disebut gas HHO atau *oxyhidrogen*.

atau disebut juga *Brown's Gas*. Brown (1974), dalam penelitiannya melakukan elektrolisa air murni sehingga menghasilkan gas HHO yang dinamakan dan dipatenkan dengan nama *Brown's Gas*. Untuk memproduksi *Brown's Gas* digunakan elektroliser untuk memecah molekul-molekul air menjadi gas.

Faktor yang mempengaruhi elektrolisis antara lain penggunaan katalisator, luas permukaan tercelup, sifat logam bahan elektroda dan konsentrasi pereaksi.

a. Penggunaan Katalisator

Senyawa-senyawa seperti asam, basa dan garam yang dapat menghantarkan arus listrik dapat digunakan dalam proses elektrolisis. Adanya ion dalam larutan menyebabkan peristiwa konduksi dan ketika arus listrik dilewatkan pada larutan tersebut, maka elektron akan bergerak diantara ion-ion. Misalnya untuk asam H_2SO_4 dan basa $NaOH$ berfungsi mempermudah proses penguraian air menjadi hidrogen dan oksigen karena ion-ion katalisator mampu mempengaruhi kestabilan molekul air menjadi menjadi ion H^+ dan OH^- yang lebih mudah di elektrolisis karena terjadi penurunan energi pengaktifan.

b. Luas permukaan tercelup

Semakin banyak luas yang semakin banyak menyentuh elektrolit maka semakin mempermudah suatu elektrolit untuk mentransfer elektronnya. Sehingga terjadi hubungan sebanding jika luasan yang tercelup sedikit maka semakin mempersulit elektrolit untuk melepaskan elektron dikarenakan sedikitnya luas penampang penghantar yang menyentuh elektrolit. Sehingga transfer elektron bekerja lambat dalam mengelektrolisis elektrolit.

c. Sifat logam bahan elektroda

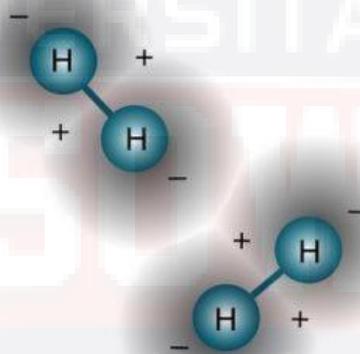
Penggunaan medan listrik pada logam dapat menyebabkan seluruh elektron bebas bergerak dalam metal, sejajar, dan berlawanan arah dengan arah medan listrik. Ukuran dari kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Jika suatu beda potensial listrik ditempatkan pada ujung-ujung sebuah konduktor,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

d. Konsentrasi Perekasi

Semakin besar konsentrasi suatu larutan pereaksi maka akan semakin besar pula laju reaksinya. Ini dikarenakan dengan prosentase katalis yang semakin tinggi dapat mereduksi hambatan pada elektrolit. Sehingga transfer elektron dapat lebih cepat meng-elektrolisis elektrolit dan didapat ditarik garis lurus bahwa terjadi hubungan sebanding terhadap prosentase katalis dengan transfer elektron.

2.3 Gas Hidrogen



Gambar 2: molekul Hidrogen

(Sumber: manfaat.co.id, diakses pada tanggal 24 Juli 2018)

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. Hidrogen adalah unsur paling melimpah dengan persentase kira-kira 75% dari total massa unsur alam semesta. Senyawa hidrogen relatif langka dan jarang dijumpai secara alami di bumi, dan biasanya dihasilkan secara industri dari berbagai senyawa hidrokarbon seperti metana. Unsur ini ditemukan dalam kelimpahan yang besar di bintang-bintang dan planet-planet gas raksasa. Di seluruh alam semesta ini, hidrogen kebanyakan ditemukan dalam keadaan atomik dan plasma yang sifatnya berbeda dengan molekul hidrogen. Sebagai plasma, elektron hidrogen dan proton terikat bersama, dan menghasilkan konduktivitas

elektrik yang sangat tinggi dan daya pancar yang tinggi (menghasilkan cahaya dari matahari dan bintang lain).(Arbi Marwan Putra, 2010)

Hidrogen (H_2), Pada suhu dan tekanan standar tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Hidrogen adalah unsur teringan di dunia, ditemukan di udara pada konsentrasi sekitar 100 ppm (0,01%). Hidrogen adalah gas yang mudah terbakar dan meledak dalam campuran dengan udara atau oksigen. Adapun Sifat kimia dan fisika hidrogen sebagai berikut:

1. Sifat fisika

- Titik lebur : $-259,14^{\circ}C$
- Titik didih : $-252,87^{\circ}C$
- Warna : tidak berwarna
- Bau : tidak berbau
- Densitas : $0,08988 \text{ g/cm}^3$ pada 293 K
- Kapasitas panas : $14,304 \text{ J/gK}$

2. Sifat kimia

- Panas Fusi : $0,117 \text{ kJ/mol } H_2$
- Energi ionisasi 1 : 1312 kJ/mol
- Afinitas electron : $72,7711 \text{ kJ/mol}$
- Panas atomisasi : 218 kJ/mol
- Panas penguapan : $0,904 \text{ kJ/mol } H_2$
- Jumlah kulit : 1
- Biloks minimum : -1
- Elektronegatifitas : 2,18 (skala Pauli)
- Konfigurasi electron : $1s^1$
- Biloks maksimum : 1
- Volume polarisasi : $0,7 \text{ \AA}^3$
- Struktur : hcp (hexagonal close packed) (padatan H_2)
- Jari-jari atom : 25 pm
- Konduktifitas termal : $0,1805 \text{ W/mK}$
- Berat atom : 1,0079

- Potensial ionisasi : 13,5984 eV

(Wikipedia.id)

Ada beberapa metode pembuatan gas hidrogen yang telah kita kenal. Namun semua metode pembuatan tersebut prinsipnya sama, yaitu memisahkan hidrogen dari unsur lain dalam senyawanya. Berikut ini adalah beberapa metode pembuatan H₂:

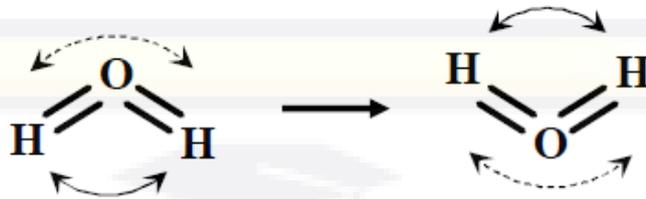
1. Steam Reforming
2. Gasifikasi Biomassa
3. Gasifikasi Batubara
4. Elektrolisis Air (H₂O)

2.4 Air (H₂O)

Air adalah zat kimia yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi, tetapi tidak di planet lain. Air menutupi hampir 71% permukaan bumi. Terdapat 1,4 triliun kilometer kubik (330 juta mil³) tersedia di bumi. Air dalam obyek-obyek tersebut bergerak mengikuti suatu siklus air, yaitu: melalui penguapan, hujan, dan aliran air di atas permukaan tanah (runoff, memanfaatkan air sebagai bahan bakarmeliputi mata air, sungai, muara) menuju laut. Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H₂O: satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) and temperatur 273,15 K (0 °C). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik. (Mira Esculenta Martawati, 2014)

Pada air terdapat ikatan tiga molekul berbeda muatan yang saling tarik-menarik dan juga tolak-menolak sekaligus. Yakni muatan positif yang dimiliki oleh 2 molekul H dan muatan negatif yang dimiliki sebuah molekul O. Molekul O

menarik kedua molekul tersebut. Namun gaya tolak terbentuk akibat kedua molekul H yang ditarik oleh O memiliki muatan yang sama-sama positif.



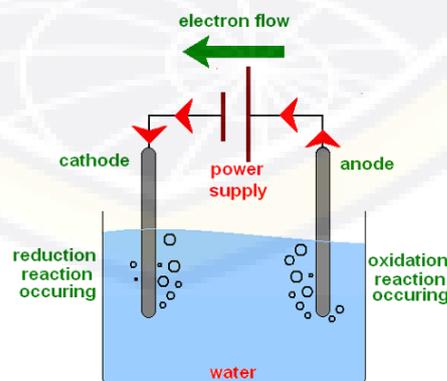
Gambar 3. Gaya Tarik-Menarik pada Molekul Air

(Sumber: Membuat Alat Pengubah Air Menjadi Bahan Bakar, diakses pada tanggal 24 juli 2018)

Gerakan antara menarik dan menolak itu kemudian membentuk pola gerakan mengepak seperti sayap burung yang sedang terbang. Oleh gerakan ini kemudian bergerak secara kontinyu dan massal dalam kumpulan ikatan besar berupa air. Bila air mengalami gangguan baik itu berupa pemberian panas, pancaran gelombang elektromagnetik, maupun beda potensial maka molekul-molekul penyusun di dalamnya akan mengalami perubahan gerak. Oleh sebab itu air disebut sebagai cairan elektrolit.

Bila air diberi perlakuan panas maka yang terjadi adalah makin panas suhunya maka makin cepat gerakan molekul-molekul di dalamnya. Hingga pada suhu tertentu air tersebut kemudian lepas dan membentuk ikatan yang kecil berupa uap air.

2.5 Elektroda



Gambar 4. Contoh elektoda

(Sumber: kf-tekkimits.blogspot.com, diakses pada tanggal 24 juli 2018)

Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit (misal semikonduktor, elektrolit atau vakum). Elektroda adalah suatu sistem dua fase yang terdiri dari sebuah penghantar elektrolit (misalnya logam) dan sebuah penghantar ionik (larutan). Elektroda positif (+) disebut anoda sedangkan elektroda negatif (-) adalah katoda. Reaksi kimia yang terjadi pada elektroda selama terjadinya konduksi listrik disebut elektrolisis dan alat yang digunakan untuk reaksi ini disebut sel elektrolisis. Sel elektrolisis memerlukan energi untuk memompa elektron. Pada beberapa perangkat elektroda juga disebut kutub atau pelat. Elektroda baterai dipisahkan oleh larutan yang mengandung ion-ion (atom atau kelompok atom bermuatan listrik). Salah satu elektroda (elektroda negatif) mengalami reaksi kimia yang memberikan kelebihan elektron. Elektroda lainnya (elektroda positif) mengalami reaksi kimia yang menghilangkan elektron. Ketika dua elektroda dihubungkan oleh sebuah sirkuit listrik eksternal, kelebihan elektron akan mengalir dari elektroda negatif ke positif. Elektroda dalam sel elektrokimia dapat disebut sebagai anode atau katode, kata-kata yang juga diciptakan oleh Faraday. Anode ini didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron datang dari sel elektrokimia dan oksidasi terjadi, dan katode didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron memasuki sel elektrokimia dan reduksi terjadi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anode atau katode tergantung dari tegangan listrik yang diberikan ke sel elektrokimia tersebut. Elektroda bipolar adalah elektroda yang berfungsi sebagai anode dari sebuah sel elektrokimia dan katode bagi sel elektrokimia lainnya. 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.

2.6 Elektroda *Stainles Steel*

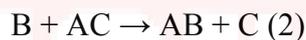
Stainless steel merupakan salah satu keluarga logam dari keluarga besar logam ferro dari klasifikasi logam baja ($\text{Fe}+\text{C} = \text{Fe}_3\text{C}$) dan dari klasifikasi logam baja paduan tinggi (*high alloy*) yang unsur paduan di atas 8-10 %. Sedangkan *stainless steel* memiliki unsur paduan utamanya adalah Chromium (Cr) dan Nickel (Ni) sebagian. Terdapat 5 pembagian dari jenis *stainless steel* yaitu:

- *Austenitic Stainless Steels*
- *Ferritic Stainless Steels*
- *Martensitic Stainless Steels*
- *Duplex Stainless Steels*
- *Precipitation Hardening Stainless Steels*

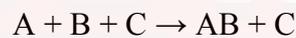
Meskipun semua *stainless steel* tergantung pada presentase unsur chrome (sebagian besar) dan nickel, elemen paduan lainnya juga sering di tambahkan untuk meningkatkan sifat-sifat *stainless steel* tersebut menjadi lebih baik lagi. Kategori *stainless steel* tidak seperti pada logam-logam alamiah pada umumnya struktur kirstal yang berubah-ubah pada suhu kamar (stabil) tergantung presentase unsur chrome dan nickel. Elektroda berbahan *stainless steel* dapat dibuat dengan berbagai macam bentuk menjadi lempeng, spiral, dan pipa silinder yang memiliki dua sisi yang berbeda (mengkilap dan tidak). *Stainless steel* merupakan elektroda aktif, dimana mereka akan ikut bereaksi selama proses elektrolisis berlangsung. Oleh sebab itu, lama kelamaan elektroda ini akan mengalami penurunan aktivitasnya. Ini berarti bahwa kemampuan untuk mempercepat reaksi tertentu telah berkurang. Hal ini terbukti, semakin lama elektroda digunakan kemampuan menghasilkan gas semakin rendah, karena permukaan elektroda semakin lama semakin berubah warna dan perlahan tergerus. Elektroda spiral mengalami perubahan yang lebih cepat dari bentuk elektroda lempeng dan pipa silinder, karena pada elektroda spiral suhu yang terbentuk pada konsentrasi yang sama lebih cepat meningkat dari pada elektroda yang lain. Kerja yang dilakukan elektroda spiral lebih besar, sehingga permukaan elektroda lebih cepat mengalami perubahan warna pada bagian anoda.

2.7 Katalis

Katalis adalah suatu zat yang dapat mempercepat atau memperlambat reaksi. *Katalis* sengaja ditambahkan dalam jumlah sedikit ke dalam suatu sistem reaksi untuk mempercepat reaksi. Pada reaksi akhir, zat katalis diperoleh kembali dalam bentuk zat semula. Dalam suatu reaksi, katalis tidak mengalami perubahan kimia (tidak ikut bereaksi). Katalis juga tidak dapat memicu reaksi, tetapi hanya membantu reaksi yang berlangsung lambat menjadi cepat. Katalis bekerja dengan cara turut terlibat dalam setiap tahap reaksi dengan cara mengubah mekanisme reaksi, tetapi pada akhir tahap, katalis terbentuk kembali. Katalis yang memperlambat reaksi disebut inhibitor.. Berikut ini merupakan skema umum reaksi katalitik, di mana C melambangkan katalisnya:



Meskipun katalis (C) termakan oleh reaksi 1, namun selanjutnya dihasilkan kembali oleh reaksi 2, sehingga untuk reaksi keseluruhannya menjadi,



(sumber: Wikipedia.id)

Jenis katalis dibagi menjadi tiga jenis, yaitu katalis homogen, katalis heterogen, dan biokatalis (enzim):

- **Katalis Homogen:** Katalis homogen adalah katalis yang wujudnya sama dengan wujud zat-zat pereaksi. Katalis homogen berfungsi sebagai zat perantara (fasilitator). Katalis homogen bekerja dengan cara berinteraksi dengan partikel pereaksi membentuk fase transisi. Selanjutnya, fase transisi bergabung dengan pereaksi lain membentuk produk, dan setelah produk dihasilkan katalis beregenerasi menjadi zat semula.
- **Katalis Heterogen:** Katalis heterogen adalah katalis yang wujudnya berbeda dengan pereaksi. Katalis heterogen bekerja pada pereaksi berupa gas atau cairan, dan reaksi katalis terjadi pada permukaan katalis. Katalis heterogen biasanya berbentuk padatan.

- Biokatalis (enzim): Enzim adalah katalis yang mempercepat reaksi-reaksi kimia dalam makhluk hidup. Terdapat bermacam-macam enzim, dan masing-masing enzim hanya dapat mengkatalis satu reaksi tertentu.

(sumber: <http://pengertianahli.id>, diakses pada tanggal 24 Juli 2018)

2.7.1 Katalis KOH

Kalium hidroksida adalah basa kuat yang terbuat dari logam alkali kalium yang bernomor atom 19 pada tabel periodik. Menurut Rifqi Mahaputra (2016), Katalis KOH menghasilkan gas sebesar 0,00475 l/s pada proses elektrolisis air dengan persentase 3% dalam 500 ml air. Kalium hidroksida (KOH) atau yang juga dikenal dengan nama caustic potash merupakan senyawa anorganik basa kuat yang juga termasuk dalam golongan heavy chemical industry. Heavy chemical merupakan bahan kimia yang diproduksi dalam partai besar dan harga murah dengan industri lain sebagai konsumen utamanya. Di pasaran, KOH biasa dijual dalam fasa padat berbentuk flake dan juga fasa cair dengan konsentrasi sebesar 45-50%. Kalium hidroksida cukup banyak digunakan oleh berbagai industri kimia proses seperti pada industri pupuk, sabun, baterai alkaline, dan juga reagent.

(pirdan ramdani, 2017)

Sifat-Sifat Umum Zat Kalium Hidroksida:

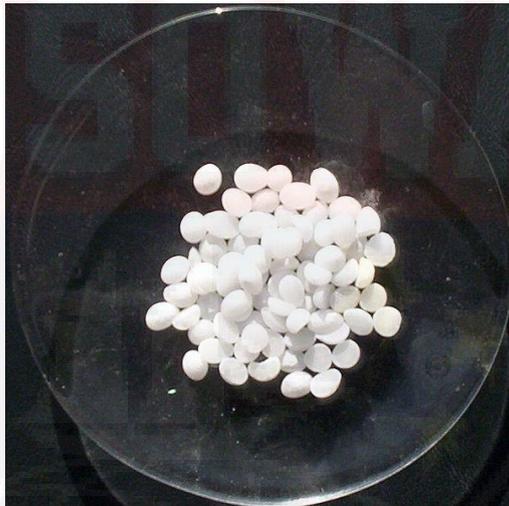
a. Sifat Fisika

- Rumus molekul : KOH
- Berat molekul : 56,10564 gr/mol
- Titik lebur : 360°C
- Titik didih : 1320°C
- Densitas : 2,044 gr/cm³ ΔHF°
- Kristal : -114,96 kj/kmol
- Kapasitas panas °C : 0,75 J/kmol
- Kelarutan (air) : 1109 g/L
- Bentuk : Padat tetapi dapat dibentuk menjadi butir,stick, gumpalan dan serpih.
- Warna : Tidak berwarna (putih)

- Bau : Tak Berbau
- Kelarutan : larut dalam alkohol, gliserol, larut dalam eter, Cairan Amonia

b. Sifat Kimia

- Termasuk dalam golongan basa kuat
- Reaktivitas: Hidroskopis, menyerap karbondioksida
- Korosi : Dapat merusak logam-logam
- Bereaksi dengan CO_2 di udara membentuk K_2CO_3 dan air
- Bereaksi dengan asam membentuk garam
- Bereaksi dengan Al_2O_3 membentuk AlO_2^- yang larut dalam air
- Bereaksi dengan halida (X) menghasilkan KOX dan asam halide
- Bereaksi dengan trigliserida membentuk sabun dan gliserol
- Bereaksi dengan ester membentuk garam dan senyawa alcohol



Gambar 6. KOH
(sumber: Wikipedia.id)

2.7.2 Katalis NaCl

Natrium klorida juga dikenal dengan garam dapur, atau halid, adalah senyawa kimia dengan rumus molekul NaCl . Senyawa ini adalah garam yang paling memengaruhi salinitas laut dan cairan ekstraselular pada banyak organisme

multiselular. Sebagai komponen utama pada garam dapur, natrium klorida sering digunakan sebagai bumbu dan pengawet makanan.(wikipedia.id)

Natrium klorida adalah senyawa ionik yang terdiri dari ion Na dan ion Cl yang bergabung membentuk NaCl dengan perbandingan 1 : 1. Natrium klorida memiliki massa molar 58,5 g/mol. NaCl padat berbentuk kristal berwarna putih dengan struktur, setiap ion Na⁺ dikelilingi oleh enam ion Cl⁻ dalam geometri oktahedral. Natrium klorida adalah garam yang utama menyebabkan air laut terasa asin dan juga terdapat pada cairan ekstrasel dibanyak organisme multi-sel seperti manusia. Kebanyakan senyawa-senyawa kimia yang mengandung Cl atau Na biasanya adalah turunan dari NaCl. Di alam, NaCl tersebar merata. Di air laut mengandung sekitar 1 – 5 % natrium klorida. Selain itu garam murni bisa juga ditemukan dalam garam halite atau garam batu.

Cara yang paling mudah dan sudah dilakukan orang dalam skala industri untuk memproduksi natrium klorida adalah dengan menguapkan air laut atau air asin. Penguapan dibantu dengan cahaya matahari dimana air akan menguap ketika dipanaskan sedangkan garam NaCl akan mengkristal. Dengan cara ini kita bisa memisahkan natrium klorida yang terkandung dalam air laut.

Sifat-sifat NaCl sbb:

- Rumus kimia : NaCl
- Massa molar : 58.44 g/mol
- Penampilan : Tidak berwarna/berbentuk kristal putih
- Densitas : 2.16 g/cm³
- Titik lebur : 801 °C (1074 K)
- Titik didih : 1465 °C (1738 K)
- Kelarutan dalam air : 35.9 g/100 mL (25 °C)



Gambar 7. NaCl

(sumber: www.avkimia.com, diakses pada tanggal 24 Juli 2018)

2.7.3 Katalis NaHCO_3

Natrium bikarbonat adalah senyawa kimia dengan rumus NaHCO_3 . Dalam penyebutannya kerap disingkat menjadi bicnat. Senyawa ini termasuk kelompok garam dan telah digunakan sejak lama. Senyawa ini disebut juga baking soda (soda kue), Sodium bikarbonat, natrium hidrogen karbonat, dan lain-lain. Senyawa ini merupakan kristal yang sering terdapat dalam bentuk serbuk. Natrium bikarbonat larut dalam air.



Gambar 8. Produk Baking soda (Gb.<http://www.returnofkings.com/>)

Natrium bikarbonat sering digunakan sebagai pengembang kue, roti dan biskuit. dimana natrium bikarbonat jika berada di atas suhu 60 derajat Celcius maka ia akan bereaksi menghasilkan gelembung-gelembung gas karbon dioksida yang membuat kenaikan tekanan pada gelembung-gelembung gas karbondioksida sehingga perlahan-lahan biskuit akan mengembang dan menyebabkan pori-pori pada biskuit sehingga mempermudah proses penguapan air didalam biskuit tersebut dan menyebabkan biskuit menjadi lebih rapuh dan enak.

Sifat fisika dan kimia NaHCO_3 yaitu: Bentuk fisik padat berupa granula, kristal, serbuk; Berwarna putih; Tidak berbau; Terasa dingin; Rumus molekul NaHCO_3 ; Berat molekul 84,01; Titik leleh 270°C (518F); Berat jenis (air =1) 2,159; Indeks bias 1,500; Suhu dekomposisi $> 50^\circ\text{C}$; pH 8,3 (larutan 0,84%); Bahan bersifat higroskopis; Sedikit larut dalam air (kelarutan dalam air 10%; 8,6 g/100 mL @ 20°C); Sedikit larut dalam alkohol. (Sentra Informasi Keracunan

Nasional (SiKerNas) Pusat Informasi Obat dan Makanan, Badan POM RI Tahun 2012)

Natrium bikarbonat digunakan sebagai bahan kimia di laboratorium; sebagai buffer biologis; digunakan dalam pembuatan garam natrium ; sebagai sumber CO₂; sebagai bahan tambahan pangan, yaitu sebagai bahan pengembang pada pembuatan roti,, garam busa, dan minuman; sebagai bahan pemadam kebakaran; sebagai bahan tambahan dalam larutan elektrolit IV, antasida, pengalkalin urinaria dan sistemik; sebagai larutan garam terapeitik untuk irigasi; sebagai bahan tambahan pangan pada pakan hewan.

2.8 Panel Surya

Sebuah panel surya terdiri dari kumpulan *sel surya*. Sel surya adalah perangkat listrik yang mengubah energi matahari menjadi arus listrik. Sejumlah besar sel surya yang tersebar di area yang luas dapat bekerja sama untuk mengubah cahaya menjadi listrik. Semakin banyak cahaya yang menabrak sel surya, semakin banyak listrik yang dihasilkannya



Gambar 9. panel surya

(sumber: kelas-fisika.com)

Sel surya atau juga sering disebut fotovoltaik adalah divais yang mampu mengkonversi langsung cahaya matahari menjadi listrik. Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai ke bumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem solar thermal.

Sel surya dapat dianalogikan sebagai divais dengan dua terminal atau sambungan, dimana saat kondisi gelap atau tidak cukup cahaya berfungsi seperti dioda, dan saat disinari dengan cahaya matahari dapat menghasilkan tegangan. Ketika disinari, umumnya satu sel surya komersial menghasilkan tegangan dc sebesar 0,5 sampai 1 volt, dan arus short-circuit dalam skala milliampere per cm^2 . Besar tegangan dan arus ini tidak cukup untuk berbagai aplikasi, sehingga umumnya sejumlah sel surya disusun secara seri membentuk modul surya. Satu modul surya biasanya terdiri dari 28-36 sel surya, dan total menghasilkan tegangan dc sebesar 12 V dalam kondisi penyinaran standar (Air Mass 1.5). Modul surya tersebut bisa digabungkan secara paralel atau seri untuk memperbesar total tegangan dan arus outputnya sesuai dengan daya yang dibutuhkan untuk aplikasi tertentu.

Sebuah panel surya terdiri dari kumpulan *sel surya*. Sel surya adalah perangkat listrik yang mengubah energi matahari menjadi arus listrik. Sejumlah besar sel surya yang tersebar di area yang luas dapat bekerja sama untuk mengubah cahaya menjadi listrik. Semakin banyak cahaya yang menabrak sel surya, semakin banyak listrik yang dihasilkannya.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu Dan Tempat Penelitian

Penelitian ini direncanakan akan dilaksanakan selama waktu 2 bulan pada bulan September sampai dengan Oktober 2018 di Laboratorium Kimia Universitas Bosowa Makassar.

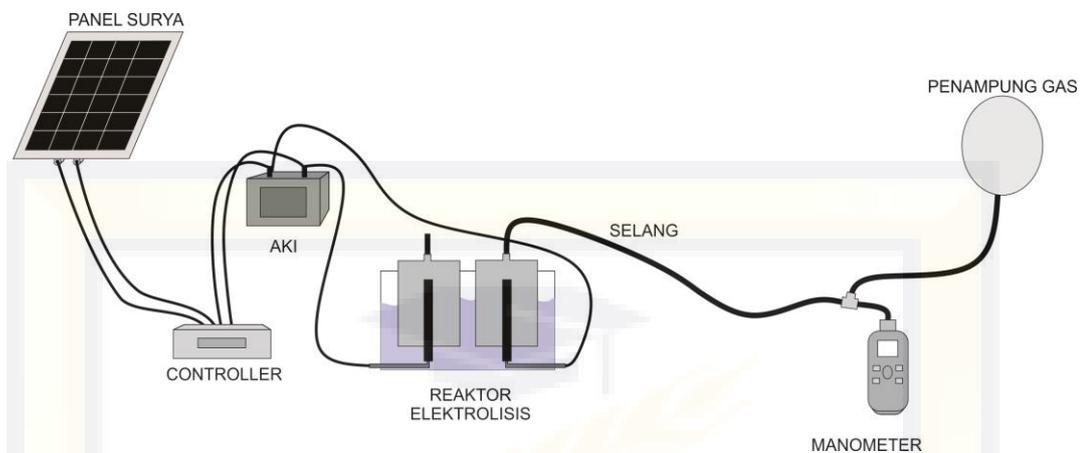
3.2 Alat Dan Bahan Penelitian

1. Alat Penelitian:

- Panel Surya
- Aki
- Controller
- Reaktor Elektrolisis
- Elektroda Stainless Steel
- Alat Ukur Tekanan
- Gelas Ukur
- Stopwatch
- Kabel dan Mulut Buaya
- Corong
- Tabung berisi air
- Penampung Gas
- Sambungan T
- Pengukur Suhu
- Selang
- Lem Lilin

2. Bahan Penelitian:

- Air/Aquades
- Katalis (KOH, NaCl, NaHCO₃)



Gambar 10. rangkaian alat elektrolisis

3.3 Metode Penelitian

Tahapan metode penelitian adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Alat dan Bahan

Pada tahap awal ini air/aquades sebanyak 1.500 ml dicampurkan dengan masing-masing katalis KOH, NaCl, dan NaHCO₃ dengan Persentase 5%.

2. Pengisian Daya Aki

Selanjutnya adalah mengisi daya aki yang dihubungkan dengan panel surya yang juga dihubungkan dengan controller yang berfungsi untuk mengontrol pengisian daya aki. Pada tahap ini juga dihitung berapa lama waktu yang digunakan panel surya untuk mengisi daya aki.

3. Pemasangan rangkaian alat

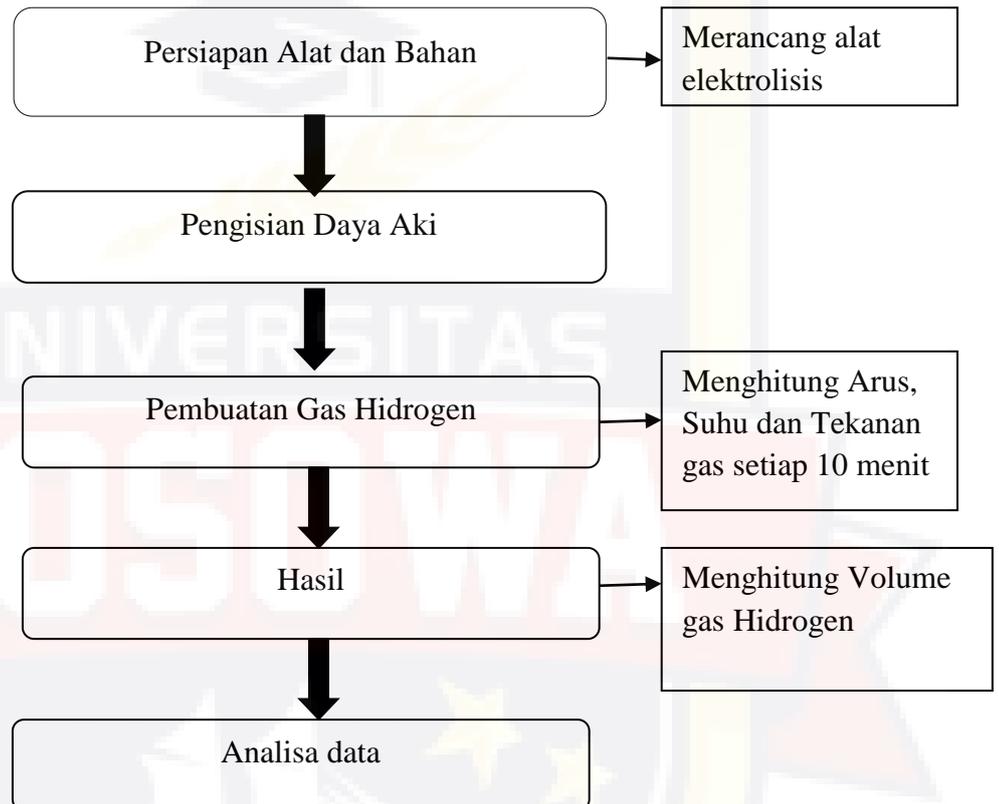
Setelah daya aki terisi, selanjutnya aki dihubungkan dengan menggunakan kabel dan mulut buaya. Kemudian masukan air dan katalis yang sudah ditakar ke dalam reaktor elektrolisis. Sambungkan pula selang dari reaktor elektrolisis dengan tabung berisi air dan alat pengukur tekanan gas. Lalu gas yang melewati alat pengukur gas di tampung dalam tabung untuk nantinya diuji.

4. Proses pembuatan Gas Hidrogen

Setelah rangkaian alat terpasang semua, hubungkan aki dan reaktor elektrolisis menggunakan mulut buaya. Lalu pasang waktu di stopwatch selama 1 jam untuk masing-masing percobaan. Pastikan tidak ada kebocoran

sedikitpun agar didapat hasil yang maksimal. Munculnya gelembung-gelembung kecil disekitar elektroda menandakan bahwa proses elektrolisis telah dimulai.

3.4 Diagram Alir Penelitian



3.5 Jadwal Pelaksanaan Penelitian

No	Kegiatan	September				Oktober			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	Seminar Proposal	■							
2	Persiapan Alat dan Bahan		■	■					
3	Perangkaian alat dan pengisian daya aki			■					
4	Pembuatan Gas Hidrogen			■	■	■	■		
5	Analisa data dan kesimpulan							■	
6	Seminar Hasil								■



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

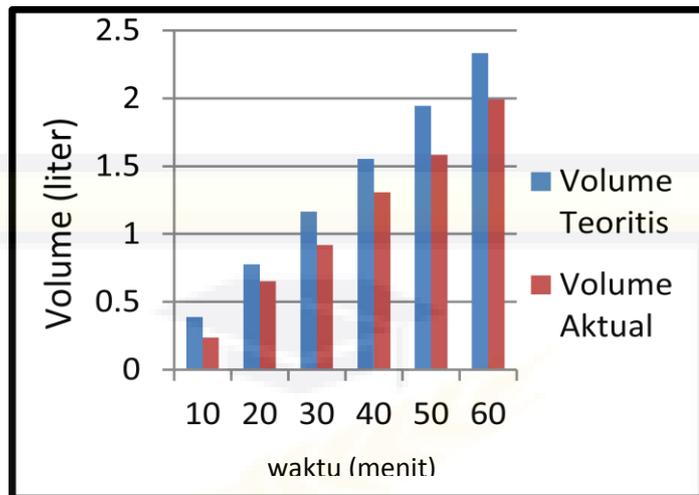
Pada Penelitian ini menggunakan Air aquades masing-masing sebanyak 1.500 ml dengan menggunakan katalis NaHCO_3 , NaCl dan KOH dengan persentase 5% dari banyaknya air. Sumber listrik yang digunakan pada penelitian ini dari aki mobil yang besar arusnya 5 A yang awalnya di charging menggunakan panel surya selama 24 jam. Lama waktu yang digunakan untuk setiap percobaan adalah 60 menit dan tiap 10 menit dilakukan pencatatan suhu dan tekanannya. Gas Hidrogen yang dihasilkan di sajikan dalam tabel di bawah ini.

a. Percobaan Menggunakan Katalis NaHCO_3

Pada percobaan ini, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.1 hasil elektrolisis Menggunakan Katalis NaHCO_3

Waktu (Menit)	Tekanan (Atm)	Suhu (K)	Volume (L)	
			Teoritis	Aktual
10	1.0043	303.15	0.3885	0.2361
20	1.0044	303.15	0.7772	0.6531
30	1.0046	303.15	1.1659	0.9194
40	1.0047	303.15	1.5548	1.3062
50	1.0048	303.2	1.9440	1.5826
60	1.005	303.2	2.3332	1.9895



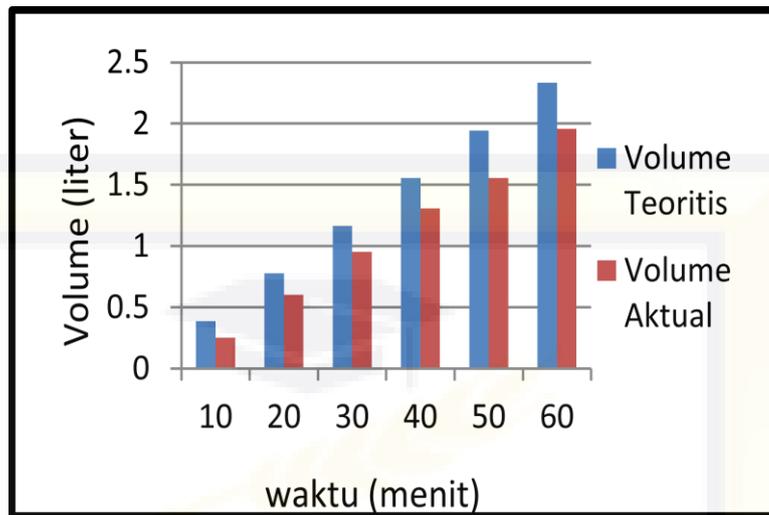
Gambar 4.1 diagram hasil elektrolisis menggunakan katalis NaHCO_3

b. Percobaan Menggunakan Katalis NaCl

Pada percobaan ini, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.2 hasil elektrolisis Menggunakan Katalis NaCl

Waktu (Menit)	Tekanan (Atm)	Suhu (K)	Volume (L)	
			Teoritis	Aktual
10	1.0043	303.2	0.3886	0.2512
20	1.0043	303.2	0.7772	0.6029
30	1.0044	303.2	1.1659	0.95456
40	1.0044	303.2	1.5546	1.3062
50	1.0044	303.2	1.9433	1.5574
60	1.0046	303.2	2.3323	1.9593



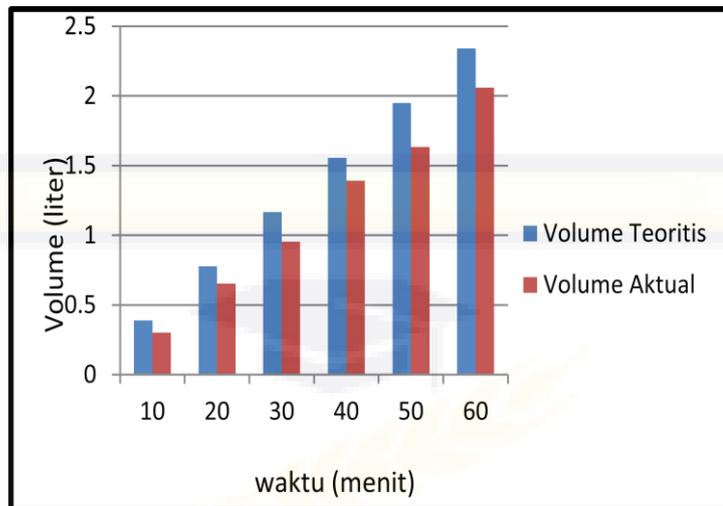
Gambar 4.2 diagram hasil elektrolisis menggunakan katalis NaCl

c. Percobaan Menggunakan Katalis KOH

Pada percobaan ini, didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 4.3 hasil elektrolisis Menggunakan Katalis KOH

Waktu (Menit)	Tekanan (Atm)	Suhu (K)	Volume (L)	
			Teoritis	Aktual
10	1.0044	303.2	0.3886	0.3014
20	1.0046	303.2	0.7774	0.6531
30	1.0047	303.2	1.1663	0.9546
40	1.0047	303.2	1.5550	1.3916
50	1.0048	304.15	1.9501	1.6328
60	1.0048	304.15	2.3402	2.0598



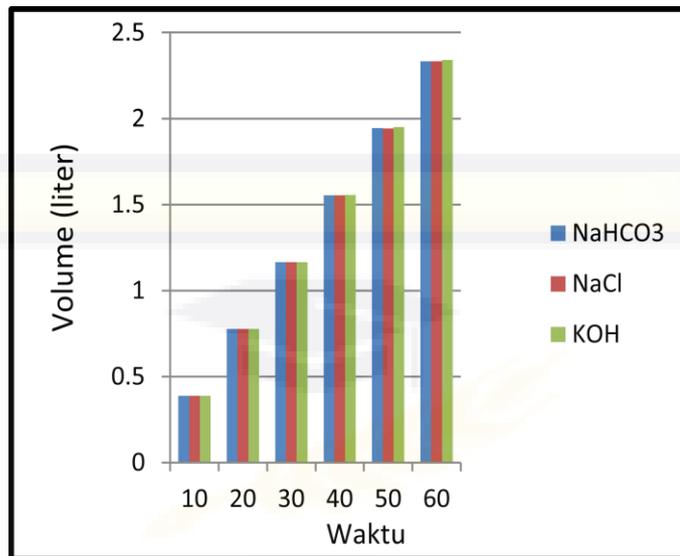
Gambar 4.3 diagram hasil elektrolisis menggunakan katalis KOH

4.2 Pembahasan

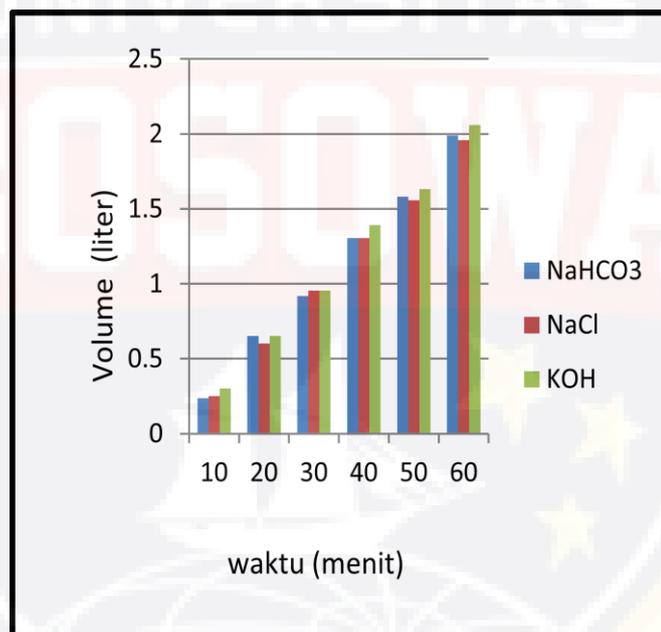
Dalam penelitian ini digunakan dua metode untuk menghitung volume gas hidrogen yang dihasilkan, yaitu secara teoritis menggunakan persamaan gas ideal dan secara aktual yaitu menghitung volume gas pada penampung berbentuk tabung.

Tabel 4.4 Perbandingan Volume gas Aktual dan Teoritis

Tegangan	Waktu (Menit)	Volume (Liter)					
		NaHCO ₃		NaCl		KOH	
		Teoritis	Aktual	Teoritis	Aktual	Teoritis	Aktual
12 Volt	10	0.3885	0.2361	0.3886	0.2512	0.3886	0.3014
	20	0.7772	0.6531	0.7772	0.6029	0.7774	0.6531
	30	1.1659	0.9194	1.1659	0.9545 6	1.1663	0.9546
	40	1.5548	1.3062	1.5546	1.3062	1.5550	1.3916
	50	1.9440	1.5826	1.9433	1.5574	1.9501	1.6328
	60	2.3332	1.9895	2.3323	1.9593	2.3402	2.0598



Gambar 4.9 Diagram Gas Hidrogen dihitung secara teoritis



Gambar 4.10 Diagram Gas Hidrogen dihitung secara aktual

Berdasarkan hasil pada tabel 4.4 dapat diketahui bahwa katalis yang menghasilkan gas paling banyak pada proses elektrolisis air selama satu jam adalah Katalis KOH, kemudian katalis NaHCO₃ dan yang paling sedikit adalah katalis NaCl.

Reaksi kimia yang terjadi pada larutan pada tiap katalis adalah sebagai berikut:



Pada reaksi kimia katalis diatas KOH menunjukkan jika 2 bagian KOH dilarutkan ke dalam 2 bagian air dan kemudian di elektrolisis, maka akan terjadi penguraian senyawa yaitu K_2 yang berupa padatan akan tetap bertahan di dalam larutan, sedangkan 3 bagian H_2 dan 2 bagian O_2 akan keluar menguap ke udara. Pada reaksi ini jelas terlihat bahwa gas hidrogen yang terbentuk lebih banyak daripada katalis yang lain. (Arbi Marwan Putra, 2010)

Pada katalis NaHCO_3 yang terlarut dalam air akan terurai menjadi anion Na^+ dan kation HCO_3^- . Anion dan Kation akan mengantarkan arus listrik di dalam air. Reaksi diatas menunjukkan bahwa terdapat 2 bagian Gas H_2 yang terbentuk pada katoda dan 1 bagian gas O_2 yang terbentuk pada anoda.

Elektrolisis larutan NaCl akan menghasilkan gelembung gas H_2 dan ion OH^- (basa) di katoda serta gelembung gas Cl_2 dan ion Na^+ di anoda. Pada reaksi menunjukkan bahwa gas H_2 yang terbentuk sebanyak 1 bagian pada bagian katoda dan gas 1 bagian gas Cl_2 pada anodanya. Untuk katalis NaCl sendiri menyebabkan korosi pada elektroda meskipun elektroda yang digunakan dari bahan stainless steel. Hal ini dapat disebabkan oleh elektroda Stainless Steel yang digunakan memiliki kandungan krom yang rendah.

Berdasarkan reaksi diatas maka dapat diketahui mengapa katalis KOH menghasilkan gas lebih banyak dari katalis NaHCO_3 dan NaCl karena terdapat 3 bagian gas H_2 yang terbentuk dalam larutan KOH sedangkan NaHCO_3 terbentuk hanya 2 bagian H_2 sedangkan NaCl hanya 1 bagian gas H_2 .

Semakin banyak katalis yang ditambahkan kedalam air maka semakin besar pula volume gas yang akan dihasilkan, karena ion-ion yang menghantarkan arus listrik makin besar pula. Begitupun juga bila tegangan listrik yang digunakan semakin besar maka volume gaspun akan semakin besar. Semakin lama waktu elektrolisis maka semakin jenuh/pekat pula larutan dalam elektrolizer yang dapat

menyebabkan pergerakan anion dan kation menjadi terbatas. Akibatnya ion-ion akan lebih sulit pergerakannya dan menyebabkan daya hantarnya menjadi rendah.

Dari tabel 4.4 dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan volume gas antara perhitungan secara teoritis dan secara aktual. Hal ini terjadi karena beberapa alasan sebagai berikut:

1. Masih ada gas yang tersisa didalam selang maupun pada penutup elektroda
2. Adanya kebocoran pada tiap sambungan pipa
3. Terjadinya kepekatan pada sekitar elektroda dan terhalang oleh penutup elektroda.

Selain menghitung volume gas hidrogen, dalam penelitian ini juga diamati beberapa hal sebagai berikut:

Pengamatan	Katalis		
	NaHCO ₃	NaCl	KOH
Warna air setelah elektrolisis	Bening	Kehijauan	Kekuningan
Korosi pada elektroda	Tidak terjadi	terjadi	Tidak terjadi
Jumlah gelembung	Banyak	banyak	Paling banyak

Keterangan:

- Warna air yang dicampur katalis sebelum proses elektrolisis semuanya bening/jernih.
- Perubahan warna terjadi pada katalis NaCl dan KOH terjadi karena terdapat sisa katalis yang tertinggal dari proses elektrolisis seperti Na dan K.
- Untuk Korosi yang terjadi pada penggunaan katalis NaCl dikarenakan konduktivitas katalis yang tinggi sehingga laju korosi juga lebih tinggi. Selain itu elektroda stainless steel yang digunakan bukan kualitas yang baik.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan Penelitian yang menggunakan Elektrolizer dengan menggunakan elektroda pelat Stainless Steel, dengan prosentase katalis 5% dapat diambil kesimpulan yaitu, Produksi Gas Hidrogen tertinggi sebesar 2.3402 liter secara teoritis dan 2.0598 liter secara aktual dengan menggunakan katalis KOH. Sedangkan katalis NaHCO_3 menghasilkan gas Hidrogen sebesar 2.3332 liter secara teoritis dan 1.9895 liter secara aktual. Serta katalis NaCl menghasilkan gas sebesar 2.3323 liter secara teoritis dan 1.9593 liter secara aktual. Selain itu volume gas yang dihasilkan masing-masing katalis selama 60 menit mengalami kenaikan yang stabil.

5.2 Saran

Sehubungan dengan penelitian ini maka disarankan kepada peneliti selanjutnya untuk menambah variasi konsenrasi katalis maupun variasi arus yang digunakan serta merancang alat elektrolisis yang lebih efisien.

DAFTAR PUSTAKA

Abdurrohman Afief, Isana SYL (2017). Produksi Gas Hidrogen Menggunakan Elektroda Stainless Steel/Fe-Co-Ni Dengan Media Tepung Biji Rambutan (*Nephelium lappaceum l.*). Jurusan Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta

Arbi Marwan Putra (2010). Analisis Produktifitas Gas Hidrogen Dan Oksigen Pada Elektrolisis Larutan Koh. Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Dedy Pradigdo, Sudjito. S, Agung SugengW.(2017). Pengaruh Luasan Elektrode Stainless Steel Terhadap Produksi Gas HHO Pada Proses Elektrolisis Menggunakan Baterai 12 Volt 70 AH. Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta

Ena Marlina, Slamet Wahyudi, Lilis Yulianti (2013). Produksi Brown's Gas Hasil Elektrolisis H₂O Dengan Katalis NaHCO₃. Jurnal Rekayasa Mesin Vol.4, No.1 (53-58)

Habibah Akmal, Hesti Diana Wahyuni, Ken Putri Kinanti KSP (2014). Laporan Praktikum Satuan Proses 1 Pembuatan Gas Hidrogen (H₂) Dengan Bahan Dasar Air Secara Elektrolisis. Program Studi D-Iv Teknik Kimia Produksi Bersih Politeknik Negeri Bandung

<http://anekailmu.blogspot.com/2009/04/pembuatan-gas-hidrogen-h2.html>. diakses pada tanggal 2 Agustus 2018

<https://www.kompasiana.com/sylva25/552a691ff17e61dd08d623f1/manfaat-dan-kegunaan-gas-hidrogen>. diakses pada tanggal 2 Agustus 2018

<http://gembalailmu.blogspot.com/2016/04/larutan-natrium-klorida.html>. diakses pada tanggal 2 Agustus 2018

I Nyoman Budiartana, I Ketut Adi (2013). Produksi Gas Dengan Proses Elektrolisis Dalam Pembuatan Generator Gas Hho, Elektroda Lembaran Dan Spiral Dengan Katalis NaOH, NaCl dan NaHCO₃. Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bali

Irvan Nur Bimantara (2017). Pengaruh Konsentrasi Katalis Nahco₃ Terhadap Produksi Gas Hho Pada Proses Elektrolisis HHO. Program Studi Teknik Mesin Universitas Kediri.

Ni Made Ayu Yasmitha Andewi, Wahyono Hadi (2010). Produksi Gas Hidrogen Melalui Proses Elektrolisis Air Sebagai Sumber Energi. Jurusan Teknik Lingkungan-FTSP-ITS

Rifqi Mahaputra Rachman (2016). Pengaruh Prosentase Koh Terhadap Produksi Brown's Gas Dalam Proses Elektrolisis Dengan Menggunakan Elektroliser Dry Cell. Program Studi Teknik Mesin Universitas Islam Malang

Wahyono, Anis Roihatin (2016). Pembuatan Alat Produksi Gas Hidrogen Dan Oksigen Tipe Wett Cell Dengan Variasi Luas Penampang. Jurnal Teknik Energi Vol 12 No. 1



UNIVERSITAS

BOSOWA

LAMPIRAN-LAMPIRAN

1. LAMPIRAN PERHITUNGAN

a. Secara Teoritis

Secara teori untuk menghitung massa (M) hasil elektrolisis air mengikuti persamaan Faraday yaitu:

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$

Dimana:

- M = massa yang dihasilkan (g)
- Q = jumlah muatan listrik (C)
- Q = I x t
- I = besar arus (A)
- T = waktu (s)
- n = perubahan bilangan oksidasi
- A = massa atom relatif (g/mol)
- F = konstanta faraday = 96.500 C

Sedangkan untuk menghitung volume gas (V) hasil elektrolisis mengikuti persamaan Gas Ideal yaitu:

$$PV = nRT \text{ atau } V = \frac{nRT}{P}$$

Dimana:

- V = Volume gas (L)
- P = Tekanan (atm)
- R = 0,0821 (L atm/K mol)
- T = Temperatur (K)
- T = waktu (s)
- n = jumlah zat (mol)
- n = M/Mr
- Mr = massa molekul relatif (g/mol)
- M = massa zat (g)

1. Perhitungan Volume NaHCO_3

- Untuk t = 10 menit = 600 s

Dik: $P = 1,00385 \text{ atm}$

$$T = 303,15 \text{ K}$$

$$I = 5 \text{ A(C/s)}$$

$$F = 96.500 \text{ C}$$

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$
$$= \frac{5 \frac{\text{C}}{\text{s}} \times 600 \text{ s} \times 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1}{1 \frac{1}{\text{mol}} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,031088083 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,031088083 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L atm}}{\text{K mol}} \times 303,15 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{\text{mol}} \times 1,00382 \text{ atm}}$$

$$= 0,388549492 \text{ L}$$

- Untuk t = 20 menit = 1200 s

Dik: $P = 1,00395 \text{ atm}$

$$T = 303,15 \text{ K}$$

$$I = 5 \text{ A(C/s)}$$

$$F = 96.500 \text{ C}$$

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$
$$= \frac{5 \frac{\text{C}}{\text{s}} \times 1200 \text{ s} \times 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1}{1 \frac{1}{\text{mol}} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,062176166 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,062176166 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L atm}}{\text{K mol}} \times 303,15 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{\text{mol}} \times 1,00395 \text{ atm}}$$

$$= 0,777200792 \text{ L}$$

- Untuk t = 30 menit = 1800 s

Dik: P = 1,00408 atm

T = 303,15 K

I = 5 A(C/s)

F = 96.500 C

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$
$$= \frac{5 \frac{C}{s} \times 1800 \text{ s} \times 1 \frac{g}{mol} \times 1}{1 \frac{1}{mol} \times 96.500 \text{ C}}$$
$$= 0,093264249 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$
$$= \frac{0,093264249 \text{ g} \times 0,0821 \frac{L \text{ atm}}{K \text{ mol}} \times 303,15 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{mol} \times 1,00408 \text{ atm}}$$
$$= 1,165953899 \text{ L}$$

- Untuk t = 40 menit = 24000 s

Dik: P = 1,00421 atm

T = 303,15 K

I = 5 A(C/s)

F = 96.500 C

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$
$$= \frac{5 \frac{C}{s} \times 2400 \text{ s} \times 1 \frac{g}{mol} \times 1}{1 \frac{1}{mol} \times 96.500 \text{ C}}$$
$$= 0,124352332 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$
$$= \frac{0,124352332 \text{ g} \times 0,0821 \frac{L \text{ atm}}{K \text{ mol}} \times 303,15 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{mol} \times 1,00421 \text{ atm}}$$
$$= 1,554808815 \text{ L}$$

- Untuk t = 50 menit = 3000 s

Dik: P = 1,00421 atm

T = 303,20 K

I = 5 A(C/s)

$$F = 96.500 \text{ C}$$

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$

$$= \frac{5 \frac{\text{C}}{\text{s}} \times 3000 \text{ s} \times 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1}{1 \frac{1}{\text{mol}} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,155440415 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,155440415 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L atm}}{\text{K mol}} \times 303,20 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{\text{mol}} \times 1,00421 \text{ atm}}$$

$$= 1,944086133 \text{ L}$$

- Untuk t = 60 menit = 3600 s

Dik: $P = 1,00421 \text{ atm}$

$$T = 303,20 \text{ K}$$

$$I = 5 \text{ A(C/s)}$$

$$F = 96.500 \text{ C}$$

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$

$$= \frac{5 \frac{\text{C}}{\text{s}} \times 3600 \text{ s} \times 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1}{1 \frac{1}{\text{mol}} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,18652849 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,18652849 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L atm}}{\text{K mol}} \times 303,20 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{\text{mol}} \times 1,00421 \text{ atm}}$$

$$= 2,333208833 \text{ L}$$

2. Perhitungan Volume NaCl

- Untuk t = 10 menit = 600 s

Dik: $P = 1,00434 \text{ atm}$

$$T = 303,20 \text{ K}$$

$$I = 5 \text{ A(C/s)}$$

$$F = 96.500 \text{ C}$$

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$

$$= \frac{5 \frac{C}{s} \times 600 \text{ s} \times 1 \frac{g}{mol} \times 1}{1 \frac{1}{mol} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,031088083 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,031088083 \text{ g} \times 0,0821 \frac{L \text{ atm}}{K \text{ mol}} \times 303,20 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{mol} \times 1,00434 \text{ atm}}$$

$$= 0.388612763 \text{ L}$$

- Untuk t = 20 menit = 1200 s

Dik: P = 1,00434 atm

T = 303,15 K

I = 5 A(C/s)

F = 96.500 C

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$

$$= \frac{5 \frac{C}{s} \times 1200 \text{ s} \times 1 \frac{g}{mol} \times 1}{1 \frac{1}{mol} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,062176166 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,062176166 \text{ g} \times 0,0821 \frac{L \text{ atm}}{K \text{ mol}} \times 303,20 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{mol} \times 1,00434 \text{ atm}}$$

$$= 0.777225526 \text{ L}$$

- Untuk t = 30 menit = 1800 s

Dik: P = 1,00447 atm

T = 303,20 K

I = 5 A(C/s)

F = 96.500 C

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$

$$= \frac{5 \frac{C}{s} \times 1800 \text{ s} \times 1 \frac{g}{mol} \times 1}{1 \frac{1}{mol} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,093264249 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,093264249 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L atm}}{\text{K mol}} \times 303,20 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{\text{mol}} \times 1,00408 \text{ atm}}$$

$$= 1.165989192 \text{ L}$$

- Untuk $t = 40 \text{ menit} = 24000 \text{ s}$

Dik: $P = 1,00447 \text{ atm}$

$$T = 303,20 \text{ K}$$

$$I = 5 \text{ A(C/s)}$$

$$F = 96.500 \text{ C}$$

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$

$$= \frac{5 \frac{\text{C}}{\text{s}} \times 2400 \text{ s} \times 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1}{1 \frac{1}{\text{mol}} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,124352332 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,124352332 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L atm}}{\text{K mol}} \times 303,20 \text{ K}}{1,00447 \text{ atm}}$$

$$= 1.554652256 \text{ L}$$

- Untuk $t = 50 \text{ menit} = 3000 \text{ s}$

Dik: $P = 1,00447 \text{ atm}$

$$T = 303,20 \text{ K}$$

$$I = 5 \text{ A(C/s)}$$

$$F = 96.500 \text{ C}$$

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$

$$= \frac{5 \frac{\text{C}}{\text{s}} \times 3000 \text{ s} \times 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1}{1 \frac{1}{\text{mol}} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,155440415 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,155440415 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L atm}}{\text{K mol}} \times 303,20 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{\text{mol}} \times 1,00447 \text{ atm}}$$

$$= 1.943315321 \text{ L}$$

- Untuk $t = 60 \text{ menit} = 3600 \text{ s}$

Dik: $P = 1,00461 \text{ atm}$

$T = 303,20 \text{ K}$

$I = 5 \text{ A(C/s)}$

$F = 96.500 \text{ C}$

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$

$$= \frac{5 \frac{\text{C}}{\text{s}} \times 3600 \text{ s} \times 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1}{1 \frac{1}{\text{mol}} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,18652849 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,18652849 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L atm}}{\text{K mol}} \times 303,20 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{\text{mol}} \times 1,00461 \text{ atm}}$$

$$= 2.332303409 \text{ L}$$

3. Perhitungan Volume KOH

- Untuk $t = 10 \text{ menit} = 600 \text{ s}$

Dik: $P = 1,00447 \text{ atm}$

$T = 303,20 \text{ K}$

$I = 5 \text{ A(C/s)}$

$F = 96.500 \text{ C}$

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$

$$= \frac{5 \frac{\text{C}}{\text{s}} \times 600 \text{ s} \times 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1}{1 \frac{1}{\text{mol}} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,031088083 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,031088083 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L atm}}{\text{K mol}} \times 303,20 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{\text{mol}} \times 1,00447 \text{ atm}}$$

$$= 0.388663064 \text{ L}$$

- Untuk $t = 20 \text{ menit} = 1200 \text{ s}$

Dik: $P = 1,00461 \text{ atm}$

$T = 303,20 \text{ K}$

$I = 5 \text{ A(C/s)}$

$F = 96.500 \text{ C}$

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$

$$= \frac{5 \frac{\text{C}}{\text{s}} \times 1200 \text{ s} \times 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1}{1 \frac{1}{\text{mol}} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,062176166 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,062176166 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L atm}}{\text{K mol}} \times 303,20 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{\text{mol}} \times 1,00461 \text{ atm}}$$

$$= 0.77743447 \text{ L}$$

- Untuk $t = 30 \text{ menit} = 1800 \text{ s}$

Dik: $P = 1,00474 \text{ atm}$

$T = 303,20 \text{ K}$

$I = 5 \text{ A(C/s)}$

$F = 96.500 \text{ C}$

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$

$$= \frac{5 \frac{\text{C}}{\text{s}} \times 1800 \text{ s} \times 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1}{1 \frac{1}{\text{mol}} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,093264249 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,093264249 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L atm}}{\text{K mol}} \times 303,20 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{\text{mol}} \times 1,00474 \text{ atm}}$$

$$= 1.166302608 \text{ L}$$

- Untuk t = 40 menit = 2400 s

Dik: P = 1,00474 atm

T = 303,20 K

I = 5 A(C/s)

F = 96.500 C

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$

$$= \frac{5 \frac{C}{s} \times 2400 \text{ s} \times 1 \frac{g}{mol} \times 1}{1 \frac{1}{mol} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,124352332 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,124352332 \text{ g} \times 0,0821 \frac{L \text{ atm}}{K \text{ mol}} \times 303,20 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{mol} \times 1,00474 \text{ atm}}$$

= 1.555070145 L

- Untuk t = 50 menit = 3000 s

Dik: P = 1,00487 atm

T = 304,15 K

I = 5 A(C/s)

F = 96.500 C

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$

$$= \frac{5 \frac{C}{s} \times 3000 \text{ s} \times 1 \frac{g}{mol} \times 1}{1 \frac{1}{mol} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,155440415 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$

$$= \frac{0,155440415 \text{ g} \times 0,0821 \frac{L \text{ atm}}{K \text{ mol}} \times 304,15 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{mol} \times 1,00487 \text{ atm}}$$

= 1.950180496 L

- Untuk t = 60 menit = 3600 s

Dik: P = 1,00487 atm

T = 304,15 K

$$I = 5 \text{ A(C/s)}$$

$$F = 96.500 \text{ C}$$

$$M = \frac{Q \times A \times 1}{n \times F}$$
$$= \frac{5 \frac{\text{C}}{\text{s}} \times 3600 \text{ s} \times 1 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1}{1 \frac{1}{\text{mol}} \times 96.500 \text{ C}}$$

$$= 0,18652849 \text{ g}$$

$$V = \frac{nRT}{P}$$
$$= \frac{0,18652849 \text{ g} \times 0,0821 \frac{\text{L atm}}{\text{K mol}} \times 304,15 \text{ K}}{2 \times \frac{1}{\text{mol}} \times 1,00487 \text{ atm}}$$
$$= 2.340216595 \text{ L}$$

b. Perhitungan Gas Secara Aktual

Untuk mencari volume gas secara aktual digunakan rumus sebagai berikut:

$$V = \pi r^2 t$$

Keterangan:

- V= Volume Tabung/Gas (cm³)
- $\pi = 3,14$
- r = jari-jari (cm)
- t = tinggi tabung (cm)

1. Volume gas NaHCO₃

- untuk t = 10 menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 4,7 \text{ cm}$$
$$= 236,128 \text{ cm}^3 \text{ atau } 0,2361 \text{ L}$$

- untuk t = 20 menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 13 \text{ cm}$$
$$= 653,12 \text{ cm}^3 \text{ atau } 0,6531 \text{ L}$$

- untuk t = 30 menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 18,3 \text{ cm}$$
$$= 919,392 \text{ cm}^3 \text{ atau } 0,9194 \text{ L}$$

- untuk t = 40 menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 26 \text{ cm}$$

$$= 1.306,26 \text{ cm}^3 \text{ atau } 1,3062 \text{ L}$$

- untuk $t = 50$ menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 31,5 \text{ cm}$$

$$= 1.582,56 \text{ cm}^3 \text{ atau } 1,5826 \text{ L}$$

- untuk $t = 60$ menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 39,6 \text{ cm}$$

$$= 1.989,504 \text{ cm}^3 \text{ atau } 1,9895 \text{ L}$$

2. Volume gas NaCl

- untuk $t = 10$ menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 5 \text{ cm}$$

$$= 251,2 \text{ cm}^3 \text{ atau } 0,2512 \text{ L}$$

- untuk $t = 20$ menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 12 \text{ cm}$$

$$= 602,88 \text{ cm}^3 \text{ atau } 0,6029 \text{ L}$$

- untuk $t = 30$ menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 19 \text{ cm}$$

$$= 954,56 \text{ cm}^3 \text{ atau } 0,9546 \text{ L}$$

- untuk $t = 40$ menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 26 \text{ cm}$$

$$= 1.306,26 \text{ cm}^3 \text{ atau } 1,3062 \text{ L}$$

- untuk $t = 50$ menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 31 \text{ cm}$$

$$= 1.557,44 \text{ cm}^3 \text{ atau } 1,5574 \text{ L}$$

- untuk $t = 60$ menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 39 \text{ cm}$$

$$= 1.959,36 \text{ cm}^3 \text{ atau } 1,9594 \text{ L}$$

3. Volume gas KOH

- untuk $t = 10$ menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 6 \text{ cm}$$

$$= 301,44 \text{ cm}^3 \text{ atau } 0,3014 \text{ L}$$

- untuk $t = 20$ menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 13 \text{ cm}$$

$$= 653,12 \text{ cm}^3 \text{ atau } 0,6531 \text{ L}$$

- untuk $t = 30$ menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 19 \text{ cm}$$

$$= 954,56 \text{ cm}^3 \text{ atau } 0,9546 \text{ L}$$

- untuk $t = 40$ menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 27,7 \text{ cm}$$

$$= 1.391,648 \text{ cm}^3 \text{ atau } 1,3916 \text{ L}$$

- untuk $t = 50$ menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 32,5 \text{ cm}$$

$$= 1.632,8 \text{ cm}^3 \text{ atau } 1,6383 \text{ L}$$

- untuk $t = 60$ menit

$$V = 3,14 \times (4 \text{ cm})^2 \times 41 \text{ cm}$$

$$= 2.059,84 \text{ cm}^3 \text{ atau } 2,0598 \text{ L}$$

2. Lampiran Dokumentasi Penelitian



Gambar L.1 Panel Surya



Gambar L.2 Aki Mobil



Gambar L.3 Controller



Gambar L.4 Bagian-bagian Elektrolizer



Gambar L.5 Pembuatan Elektroda Pelat Stainless Steel



Gambar L.6 Pengisian Daya aki



Gambar L.7 Penimbangan Katalis



Gambar L.8 Proses Elektrolisis



Gambar L.9 gas yang menggunakan katalis KOH



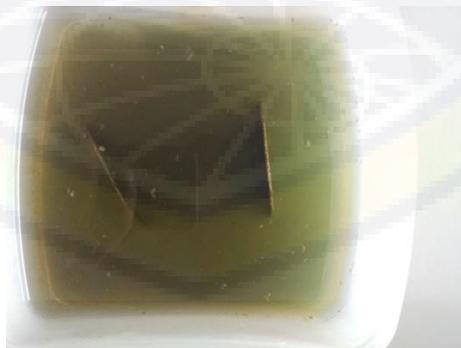
Gambar L.10 gas yang menggunakan katalis NaCl



Gambar L.11 gas yang menggunakan katalis NaHCO_3



Gambar L.12 Air hasil elektrolisis menggunakan katalis KOH



Gambar L.13 Air hasil elektrolisis menggunakan katalis NaCl



Gambar L.14 Air hasil elektrolisis menggunakan katalis NaHCO_3



Gambar L.15 Korosi pada Elektroda yang menggunakan katalis NaCl