

TUGAS AKHIR

ANALISIS PROSES PEMBENTUKAN HIDROGEN *FUEL CELL* DENGAN ELEKTROLISIS AIR MENGGUNAKAN PLATTITANIUM

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Teknik Elektro Pada Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun Oleh:

ANDIKA WAHYU
1907220106



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Andika Wahyu

NPM : 1907220106

Program Studi : Teknik Elektro

Judul Skripsi : Analisis Proses Pembentukan Hidrogen Fuel Cell dengan
Elektrolisis air menggunakan Plat Titanium

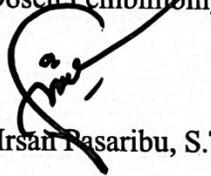
Bidang ilmu : Energi Baru Terbarukan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 29 Juli 2023

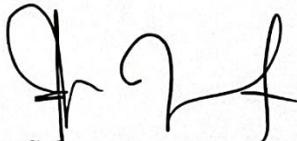
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



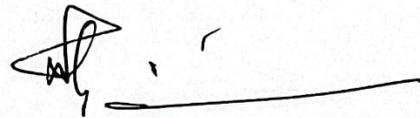
Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T

Dosen Penguji I



Elvy Sahnur Nasution, S.T.,M.Pd

Dosen Penguji II



Ir. Abdul Azis Hutasuht, M.M



Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama Lengkap : Andika Wahyu

Tempat /Tanggal Lahir : Simpang Empat, Asahan / 14 November 2000

NPM : 1907220106

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Elektro

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul :

“Analisis Proses Pembentukan Hidrogen Fuel Cell dengan Elektrolisis air menggunakan Plat Titanium”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/ kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro/Mesin/Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 8 Agustus 2023

Saya yang menyatakan



Andika Wahyu

ABSTRAK

Pembangunan energi terbarukan, termasuk energi hidrogen melalui elektrolisis air laut dengan plat titanium, merupakan solusi untuk mengatasi masalah lingkungan dan mengurangi ketergantungan pada sumber energi fosil. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas, kinerja, dan efisiensi pembentukan hidrogen. Penggunaan energi matahari dan sumber air laut menjadikan teknologi ini ramah lingkungan dan berkelanjutan. Penggunaan plat titanium dalam elektrolisis air laut meningkatkan produksi gas hidrogen secara stabil dan konsisten. Dalam proses pengolahan data digunakan Analisis regresi linier menunjukkan hubungan positif antara penggunaan plat titanium dan produksi gas hidrogen. Metode regresi Y atas X digunakan, dengan X sebagai variabel bebas dan Y sebagai variabel terikat. Persamaan regresi dapat diperoleh melalui program grafik pada Microsoft Excel. Prediksi produktivitas dapat dilakukan dengan memasukkan nilai variabel ke dalam persamaan regresi. Selain itu, pemeliharaan elektrode dan pemantauan laju produksi menjadi faktor penting dalam menjaga kinerja sistem elektrolisis. Arus dan tegangan sangat mempengaruhi terhadap pembentukan hidrogen. Penelitian lebih lanjut tentang plat titanium, faktor interaksi kritis, dan metode perbandingan lainnya dapat meningkatkan efisiensi dan stabilitas proses. Hal ini mendukung pengembangan teknologi bahan bakar hidrogen yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Kata kunci: *Hydrogen fuel*, elektrolisis air laut, Plat Titanium teknologi EBT.

ABSTRACT

The development of renewable energy, including hydrogen energy through seawater electrolysis with titanium plates, is a solution to address environmental issues and reduce dependence on fossil fuel energy sources. This research aims to evaluate the effectiveness, performance, and efficiency of hydrogen production. The use of solar energy and seawater as resources makes this technology environmentally friendly and sustainable. The use of titanium plates in seawater electrolysis enhances the production of hydrogen gas in a stable and consistent manner. In the data processing, linear regression analysis is employed to demonstrate the positive relationship between the use of titanium plates and hydrogen gas production. The regression analysis is conducted with the dependent variable Y and the independent variable X, using the Y-on-X regression method. The regression equation can be obtained through graphing software such as Microsoft Excel. Predictions of productivity can be made by inputting variable values into the regression equation. Furthermore, electrode maintenance and monitoring of production rate are crucial factors in maintaining the performance of the electrolysis system. Current and voltage significantly affect hydrogen formation. Further research on titanium plates, critical interaction factors, and other comparative methods can enhance the efficiency and stability of the process. These efforts support the development of sustainable and environmentally friendly hydrogen fuel technology.

Keywords: Hydrogen fuel, seawater electrolysis, Titanium plates, RE technology.

KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Proses Pembentukan Hidrogen Fuel dengan Elektrolisis air menggunakan Plat Titanium” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibunda tercinta Purnama Ningsih serta seluruh keluarga yang telah memberikan bantuan moril maupun materil serta nasehat dan doanya untuk penulis demi selesainya Tugas Sarjana ini.
2. Bapak Munawar Alfansury Siregar, S.T.,M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah memberikan perhatian sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
3. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T.,M.T., selaku Pembimbing sekaligus ketua program studi Teknik Elektro UMSU, dalam tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingannya, masukan dan bantuan sehingga tugas sarjana ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.
5. Bapak/Ibu staff Seluruh Civitas Laboratorium Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Kepada Seluruh Bapak/Ibu dosen dan civitas yang ada di PUSKIBII yang telah membimbing kami dan memberikan ruang dalam mengikuti program P2MW sampai dengan ketahap akhir KMI AWARD.

7. Kepada Seluruh rekan rekan dan Mentor Magang PT. Industri Kereta api yang telah memberikan masukan dan arahan dalam melakukan penyelesaian Skripsi sampai dengan akhir.
8. Kepada seluruh rekan – rekan Mahasiswa Seperjuangan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara terutama kelas B1 Pagi TE Stambuk 2019. Terimakasih atas dukungan bantuan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi dan kebersamaan selama ini.
9. Kepada seluruh keluarga besar Pimpinan Komisariat Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah Fakultas Teknik UMSU yang merupakan keluarga kedua saya diperantauan yang sangat banyak memberikan segudang pengalaman, ilmu dan menjadikan saya menjadi pribadi yang lebih baik yang tidak saya dapatkan dibangku perkuliahan.
10. Teruntuk Sahabat Sahabat Saya Widi Swandana, Iksan Aidil Adhzar dan Aditya Angga Pratama, Terimakasih atas dukungan bantuan dan motivasi dalam penyelesaian skripsi dan kebersamaannya selama ini.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis dimasa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia energi baru terbarukan.

Medan, 29 Juli 2023

Andika Wahyu

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	ii
ABSTRAK	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.4.1. Tujuan umum	3
1.4.2. Tujuan khusus	3
1.5. Manfaat penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1. Tinjauan Pustaka Relevan	4
2.2. Proses Produksi Hidrogen	5
2.2.1. <i>Steam Reforming</i>	6
2.2.2. Elektrolisis air	6
2.2.3. Larutan Elektrolit	8
2.2.4. Hidrogen	9
2.2.5. Metode Produksi Hidrogen	10
2.3. Titanium	11
2.3.1. Jenis jenis titanium	13
2.3.2. Karakteristik titanium	16
2.3.3. Sifat Fisik titanium	17
2.3.4. Sifat Kimia titanium	17
2.3.5. Spesifikasi titanium	18
2.4. Menghitung Jumlah gas pada proses Elektrolisis	19
2.4.1. Teori Hoffman	19

2.4.2.	Hukum Gas Ideal.....	19
2.5.	Menghitung Efisiensi.....	21
2.5.1.	<i>Efisiensi Reactor ACE</i>	21
2.6.	Pengaruh Kondisi Operasi.....	21
2.6.1.	Tegangan Listrik	22
2.6.2.	Arus Listrik	23
2.7.	Converter DC.....	23
2.8.	Metode Regresi.....	26
BAB III	METODE PENELITIAN	28
3.1.	Waktu dan Tempat	28
3.1.1.	Waktu	28
3.1.2.	Tabel Jadwal Penelitian.....	28
2.2.2.	Tempat.....	29
3.2.	Alat dan Bahan penelitian	29
3.2.1.	Alat Penelitian.....	29
3.2.2.	Bahan penelitian.....	35
3.2.3.	Bahasa Pemrograman Pengambilan data	35
3.3.	Diagram Alir Penelitian.....	36
3.4.	Prosedur percobaan	37
3.5.	Diagram Blok	38
3.6.	Rangkaian Percobaan	39
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	41
4.1	Hasil Penelitian.....	41
4.2.	Data Hasil Percobaan	42
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1.	Kesimpulan.....	52
5.2.	Saran	52
DAFTAR PUSTAKA		54
LAMPIRAN.....		55

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Elektrolisis Air	12
Gambar 2. 2 Diagram Proses Elektrolisis Air	12
Gambar 2. 3 Plat Titanium	17
Gambar 2. 4 Titanium Komersil	18
Gambar 2. 5 Titanium alumida	18
Gambar 2. 6 Titanium Beta.....	19
Gambar 2. 7 Titanium Karbida	19
Gambar 2. 8 Titanium Niobium	20
Gambar 2. 9 Titanium Vanabium.....	20
Gambar 2. 10 Titanium Molydium	20
Gambar 2. 11 Titanium Zirconium	21
Gambar 2. 12 Efek Tegangan Pada Proses Eelektrolisis.....	27
Gambar 2. 13 Converter DC	29
Gambar 2. 14 Rangkaian dasar DC to DC	29
Gambar 2. 15 Gelombang DC – DC CONVERTER	30
Gambar 3. 1 Elektroda Plat Titanium.....	34
Gambar 3. 2 Sifat Fisik Plat Titanium.....	35
Gambar 3. 3 Power Supplai	36
Gambar 3. 4 Tabung Reaktor	36
Gambar 3. 5 Arduino Uno.....	37
Gambar 3. 6 Sensor Gas.....	38
Gambar 3. 7 Flowmeter gas	38
Gambar 3. 8 multimeter Digital	39
Gambar 3. 9 Sensor Arus ACS712.....	39
Gambar 3. 10 Thermometer	40
Gambar 3. 11 Diagram Blok	43
Gambar 3. 12 Rangkaian Elektrolisis dan Pengambilan Data.....	44
Gambar 4. 1 Alat Percobaan	46
Gambar 4. 2 Grafik Persamaan Regresi	50
Gambar 4. 3 Grafik Data Proses Elektrolisis pada Tegangan 12v	51
Gambar 4. 4 Grafik Data Proses Elektrolisis pada Tegangan 15v	51

Gambar 4. 5 Grafik Persamaan Arus dengan Flowrate.....	52
Gambar 4. 6 Grafik Hasil Dari Percobaan Proses Elektrolisis Air	53
Gambar 4. 7 Laju Produksi Hidrogen pada flowrate	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Daya Hantar Listrik dalam Larutan	14
Tabel 2. 2 Sifat Fisik Gas Hidrogen.....	15
Tabel 2. 3 Beberapa Proses Pembuatan Gas Hidrogen	16
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian.....	33
Tabel 4. 1 Data Percobaan 1	46
Tabel 4. 2 Data Percobaan 2	47
Tabel 4. 3 Hasil Rata Rata.....	49
Tabel 4. 4 Persamaan Regresi	50

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pembangunan infrastruktur energi dunia saat ini berkembang cepat untuk memenuhi permintaan yang semakin meningkat. Namun, ketergantungan terhadap sumber energi fosil yang masih dominan menyebabkan masalah lingkungan seperti pemanasan global dan pencemaran udara. Oleh karena itu, perlu dikembangkan sumber energi ramah lingkungan dan terbarukan sebagai solusi untuk masalah ini. Salah satu alternatif energi terbarukan yang menjanjikan adalah energi hidrogen. Maka diharapkan dapat menjadi solusi alternatif dalam pemenuhan kebutuhan energi ramah lingkungan dan dapat diandalkan.

Kebutuhan energi yang terus meningkat dan fakta bahwa sumber energi yang digunakan sebagian besar berasal dari sumber energi fosil yang tidak dapat diperbarui dan menyebabkan emisi gas rumah kaca, membuat pentingnya untuk mencari alternatif yang lebih baik.

Pembentukan hidrogen fuel menggunakan elektrolisis air laut dengan menggabungkan plat titanium sebagai elektroda yang resisten terhadap korosi dan stabil dalam air laut. Proses elektrolisis ini memisahkan molekul air (H_2O) menjadi hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2). Dalam proses ini, energi cahaya matahari digunakan untuk menghasilkan energi listrik yang diperlukan untuk elektrolisis air laut. Hal ini memungkinkan pembuatan hidrogen yang ramah lingkungan dan mengurangi dependensi pada sumber energi fosil yang tidak dapat diperbarui.

Proses elektrolisis air laut ini menghasilkan hidrogen dan oksigen dari garam dan air laut. Penggunaan energi matahari dalam proses elektrolisis membuatnya menjadi metode yang ramah lingkungan karena tidak menimbulkan emisi gas rumah kaca. Oleh karena itu, pengembangan teknologi hidrogen fuel dengan elektrolisis air laut menggunakan plat titanium sangat penting untuk mencapai tujuan pemenuhan energi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan di masa depan.

Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi untuk masalah produksi hidrogen yang bersih dan murah karena menggunakan air laut sebagai sumber air dan matahari sebagai sumber energi, yang merupakan sumber energi terbarukan yang tersedia secara luas dan stabil. Selain itu, sistem ini juga dapat digunakan dalam

skala yang lebih luas dan meningkatkan efisiensi pembentukan hidrogen. Penelitian ini akan mengevaluasi keefektifan dari pembentukan hidrogen fuel dengan elektrolisis air laut menggunakan plat titanium, dengan mengukur tingkat kinerja sistem, efisiensi pembentukan hidrogen, dan utilitas dari sistem tersebut.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diambil pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana menganalisa proses pembentukan hidrogen fuel yang optimal dengan elektrolisis air laut menggunakan plat titanium, sehingga dapat mencapai produksi gas hidrogen yang stabil?
2. Bagaimana pengaruh arus dan tegangan yang diberikan pada proses elektrolisis terhadap produksi gas hidrogen yang stabil?

1.3. Ruang Lingkup

Karena kompleksnya berbagai permasalahan yang ada, penulis merasa perlu untuk membatasi lingkup masalah yang akan dibahas dalam penelitian berikut. Hal ini dilakukan mengingat adanya keterbatasan waktu, ruang, kemampuan, dan pengalaman.

Adapun hal-hal yang akan dibatasi dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian akan fokus pada pemahaman dan penelitian mendalam mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi pembentukan hidrogen, seperti air, suhu, dan arus. Tujuan adalah untuk mencari kondisi optimal yang menghasilkan produksi gas hidrogen yang stabil.
2. Penelitian akan mempelajari hubungan antara arus dan tegangan yang diberikan dan produksi gas hidrogen yang dihasilkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan rentang arus dan tegangan yang optimal untuk mencapai produksi gas hidrogen yang stabil.

Penelitian ini tidak akan membahas aspek-aspek teknis lain dari hidrogen *fuel*, atau aspek-aspek dari teknologi lain yang berhubungan dengan produksi hidrogen. Hanya akan di fokuskan pada analisa kinerja sistem elektrolisis air menggunakan plat titanium.

1.4. Tujuan Penelitian

1.4.1. Tujuan umum

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari terhadap produktivitas pembentukan gas hidrogen dan pengaruh arus dan tegangan listrik yang terjadi pada saat proses elektrolisis air menggunakan plat titanium.

1.4.2. Tujuan khusus

tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui efektivitas dalam pembentukan Gas hidrogen *fuel*.
2. Menganalisis pengaruh faktor-faktor seperti komposisi air, suhu, tegangan dan arus terhadap produksi gas hidrogen dalam proses elektrolisis menggunakan plat titanium.

Tujuan umum dan khusus dari penelitian ini bertujuan untuk memberikan solusi terhadap masalah produksi hidrogen yang bersih dan efisien, serta memberikan kontribusi dalam pengembangan sumber energi yang bersih dan ramah lingkungan.

1.5. Manfaat penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan penulis adalah :

1. Dapat digunakan sebagai solusi yang efektif dalam mengurangi emisi gas rumah kaca yang dapat menyebabkan perubahan iklim.
2. Dapat digunakan untuk mengurangi ketergantungan pada sumber energi yang tidak stabil dan tidak dapat diandalkan seperti minyak bumi dan batubara.
3. Membuka wawasan tentang pemanfaatan hidrogen sebagai alternatif pengganti bahan bakar fosil dan sebagai bahan bakar yang ramah lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Pustaka Relevan

(Abdurahman et al. 2021) menjelaskan bahwa Gas hidrogen dapat dihasilkan dari proses elektrolisis air menggunakan elektroda logam. Untuk menghasilkan gas hidrogen dengan cara memecah senyawa H₂O (air) menjadi HHO (hidrogen hidrogen oksigen) dengan proses elektrolisis dengan bantuan arus listrik searah. Elektrolisis adalah suatu proses untuk memisahkan senyawa kimia menjadi unsur-unsurnya atau memproduksi suatu molekul baru dengan memberikan arus listrik. Sedangkan dalam penelitian (Supiah 2014) Elektrolisis air sebagai sumber hidrogen telah lama dipelajari, hanya secara spesifik untuk mencapai efisiensi relatif tinggi perlu dikembangkan dan diteliti lebih lanjut, yakni dengan bervariasi jenis elektrolit, konsentrasi elektrolit, jenis elektroda dan modifikasinya, serta pemanfaatan katalis yang memungkinkan tercapainya efisiensi yang relatif tinggi. Menurut (Handayani and Priyadi 2018) Seiring dengan kemajuan teknologi dan penambahan penduduk, dalam kehidupan sehari-hari mulai mengembangkan dan mengaplikasikan hidrogen sebagai bahan bakar atau energi alternatif. Tetapi pada kenyataannya hidrogen didapat dari proses steam reforming yaitu metana yang bersumber dari gas alam. Sehingga di Amerika Serikat memproduksi sebesar 95% energi alternatif yang campurannya dari gas alam.

(Dawood, Anda, and Shafiullah 2020) menjelaskan bahwa *Power to hydrogen* adalah solusi yang menjanjikan untuk menyimpan variabel Energi Terbarukan (RE) untuk mencapai ekonomi hidrogen 100% terbarukan dan berkelanjutan. Sistem energi berbasis hidrogen (energi menjadi hidrogen menjadi energi) terdiri dari empat tahap utama produksi, penyimpanan, keamanan dan pemanfaatan. Sistem energi berbasis hidrogen disajikan sebagai empat sudut (tahap) dari keseluruhan terintegrasi berbentuk persegi untuk menunjukkan interkoneksi dan saling ketergantungan dari tahapan utama ini. Jalur produksi hidrogen dan pemilihan teknologi spesifik bergantung pada jenis energi dan bahan baku yang tersedia serta kemurnian penggunaan akhir yang diperlukan. Oleh karena itu, teknologi pemurnian termasuk dalam jalur produksi untuk integrasi sistem, penyimpanan

energi, pemanfaatan atau ekspor Energi Terbarukan. Energi matahari dan angin disiapkan dan sumber daya terbarukan yang cocok untuk produksi hidrogen melalui elektrolisis air karena distribusi dayanya yang luas (Shiva Kumar and Lim 2022). Kombinasi energi terbarukan dengan elektrolisis air khususnya lebih menguntungkan karena kelebihan energi listrik dapat disimpan secara kimiawi dalam bentuk hidrogen untuk menyeimbangkan perbedaan antara kebutuhan energi dan produksi (Brauns and Turek 2020).

(Siregar 2010) Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan KOH sebagai senyawa basa kuat dan elektroda aluminium. Tujuannya adalah untuk mempelajari perilaku sel elektrolisis air dengan elektroda aluminium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi elektrolit mempengaruhi perilaku sel elektrolisis air, semakin tinggi konsentrasi elektrolit, semakin besar perubahan temperatur dalam waktu tertentu. Disisi yang lain didapatkan bahwa pada penelitian tentang Perilaku sel elektrolisis air dengan elektroda *stainless steel* bahwa Termogram temperatur dan waktu sel elektrolisis berbagai air sumur dan air dengan penambahan sejumlah elektrolit akan memiliki pola yang khas untuk masing-masing sistem, demikian juga dengan pH sel elektrolisis akan berbeda untuk masing-masing sel elektrolisis karena sangat berkaitan dengan perilaku sistem pada elektroda.

2.2. Proses Produksi Hidrogen

Hidrogen selama ini lebih banyak digunakan dalam proses pengolahan minyak bumi dibandingkan sebagai sumber energi. Hidrogen antara lain digunakan dalam proses *Hydrocracking* dan *Polymerisasi*. *Hydrocracking* adalah proses pengurai hidrokarbon yang digunakan untuk mengubah molekul hidrokarbon yang lebih besar menjadi molekul yang lebih kecil. Polimerisasi adalah proses pembuatan polimer dari monomer yang menggunakan hidrogen sebagai katalis. Oleh karena itu, produksi hidrogen lebih banyak dilakukan dalam kilang minyak. Proses produksi hidrogen yang paling umum adalah *Steam Reforming*. *Steam Reforming* adalah proses produksi hidrogen yang menggunakan uap air untuk memecah ikatan hidrogen dan karbon pada molekul hidrokarbon. Hidrogen dapat pula diproduksi dengan elektrolisis air, tetapi proses ini menghabiskan energi listrik

dalam jumlah besar sehingga jarang digunakan. Elektrolisis air adalah proses pemisahan air menjadi hidrogen dan oksigen dengan menggunakan arus listrik.

2.2.1. *Steam Reforming*

Proses *Steam Methane Reforming* (SMR) adalah suatu proses reaksi metana dengan uap air pada suhu tinggi. Proses ini merupakan proses termokimia untuk produksi gas hidrogen. Ada dua tahap reaksi yang terjadi pada proses produksi gas hidrogen melalui proses pembentukan uap metana. Metode produksi hidrogen yang banyak digunakan saat ini adalah proses *Steam Methane Reforming* (SMR). Mekanisme reaksinya adalah sebagai berikut :



Proses ini memang menghasilkan hidrogen dalam jumlah yang jauh lebih banyak daripada proses fotokatalitik heterogen. Namun, karena menghasilkan senyawa CO melebihi toleransi yang diperkenankan untuk aplikasi *fuel cell* (10-20 ppm), proses ini membutuhkan unit tambahan untuk proses pemurnian (Irianto, Tenaga, and Nasional 2015).

Selain itu, kebanyakan senyawa metana yang digunakan bersumber dari minyak bumi dan gas alam, yang merupakan sumber energi yang tidak terbarukan.

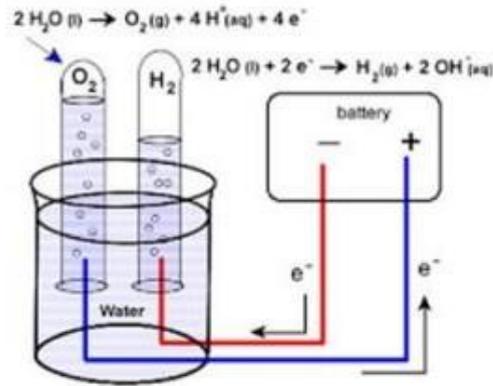
2.2.2. Elektrolisis air

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. Reaksi keseluruhan yang setara dari elektrolisis air dapat dituliskan sebagai berikut.



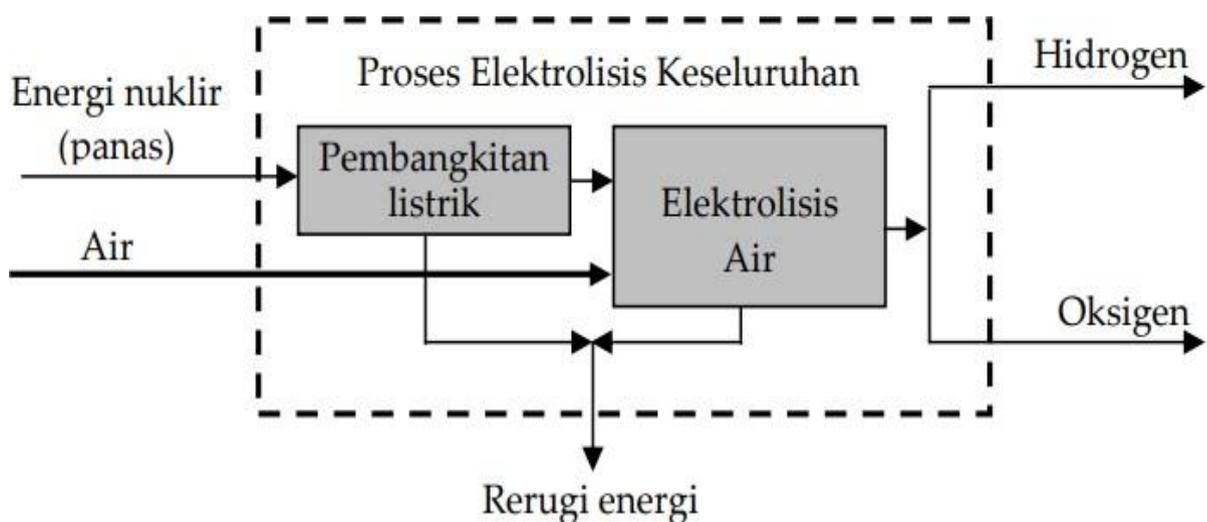
Gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan dari reaksi ini membentuk gelembung pada elektroda dan dapat dikumpulkan. Prinsip ini kemudian

dimanfaatkan untuk menghasilkan hidrogen dan hidrogen peroksida (H₂O₂) yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan hidrogen (Departemen et al. 2013).



Gambar 2. 1 Elektrolisis Air
(Sumber: Sebastian Otto, 2013)

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 *hydrogen*. Dengan menyediakan *energy* dari baterai, Air (H₂O) dapat dipisahkan ke dalam molekul diatomik hidrogen (H₂) dan oksigen (O₂) (Lestari 2016).



Gambar 2. 2 Diagram Proses Elektrolisis Air
(Sumber: Lestari, 2016)

Gas yang dihasilkan dari proses elektrolisis air disebut gas HHO atau *oxyhydrogen* 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. 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 (Handayani and Priyadi 2018).

2.2.3. Larutan Elektrolit

Elektrolit adalah suatu zat yang dapat larut atau terurai menjadi ion-ion dan menyebabkan larutannya menjadi konduktor listrik. Ion-ion tersebut adalah atom-atom yang memiliki muatan listrik. Elektrolit dapat berupa air, asam, basa atau senyawa kimia lainnya. Umumnya, elektrolit berbentuk asam, basa, atau garam. Beberapa gas juga dapat berfungsi sebagai elektrolit dalam kondisi tertentu seperti suhu tinggi atau tekanan rendah (Supiah 2014). Elektrolit kuat serupa dengan asam, basa, dan garam kuat. Elektrolit merupakan senyawa yang memiliki ikatan ion dan kovalen polar. Kebanyakan senyawa yang memiliki ikatan ion adalah elektrolit, contohnya ikatan ion NaCl yang merupakan salah satu jenis garam, yaitu garam dapur. Bila larutan elektrolit dialiri dengan arus listrik, ion-ion akan bergerak menuju elektroda dengan muatan yang berlawanan, dengan cara ini arus listrik akan mengalir dan ion akan bertindak sebagai penghantar, sehingga dapat menghantarkan arus listrik (Miranda Ayu and Juniar 2018). Air laut merupakan larutan elektrolit yang terdiri dari garam-garam natrium klorida, magnesium, kalsium, dan berbagai jenis garam lainnya. Elektrolit dalam air laut dapat diionisasi menjadi ion-ion positif dan negatif, yang memungkinkan arus listrik mengalir melalui larutan tersebut. Hal ini juga menyebabkan air laut memiliki konduktivitas

listrik yang lebih tinggi dibandingkan dengan air tawar(Lestari 2016). Proses oksidasi dan reduksi sebagai reaksi pelepasan dan penangkapan oleh suatu zat.

Tabel 2. 1 Sifat Daya Hantar Listri dalam Larutan

Jenis Larutan	Sifat dan Pengamatan lain	Contoh Senyawa	Reaksi Ionisasi
Elektrolit Kuat	- Terionisasi Sempurna		$\text{NaCl} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{Cl}^-$
	- Menghantarkan Arus listrik	NaCl, NaOH ,	$\text{NaOH} \rightarrow \text{Na}^+ + \text{OH}^-$
Elektrolit Lemah	- Lampu menyala terang	$\text{H}_2\text{SO}_4, \text{HCl}$,	$\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{H}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
	- Terdapat gelembung gas	dan KOH	$\text{HCl} \rightarrow \text{H}^+ + \text{Cl}^-$
	- Terionisasi sebagian		$\text{KOH} \rightarrow \text{K}^+ + \text{OH}^-$
	- Menghantarkan arus listrik	CH_3COOH ,	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COOH}^-$
Non Elektrolit	- Lampu menyala redup	$\text{N}_4\text{OH}, \text{HCN}$	$\text{HCN} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CN}^-$
	- Terdapat gelembung Gas	dan $\text{Al}(\text{OH})_3$	$\text{Al}(\text{OH})_3 \rightarrow \text{Al}^{3+} + \text{OH}^-$
Non Elektrolit	- Tidak Terionisasi		$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
	- Tidak menghantarkan arus Listrik	$\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$
	- Lampu tidak menyala	$\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$
	- Tidak terdapat gelembung Gas	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	$\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$

Oksidasi adalah proses pelepasan elektron dari suatu zat sedangkan reduksi adalah proses penangkapan electron oleh suatu zat(Supiah 2014).

2.2.4. Hidrogen

Hidrogen adalah unsur kimia yang paling sederhana dan umum di alam semesta. Dalam bentuk gas, hidrogen sangat banyak terdapat di atmosfer, tetapi dalam bentuk molekul hidrogen sangat reaktif dan tidak ditemukan secara bebas di alam. Hidrogen digunakan sebagai bahan bakar ramah lingkungan, bahan baku industri kimia, bahan penyimpanan energi, dan dalam teknologi pembangkit listrik melalui proses elektrolisis. Namun, pembuatan hidrogen masih memerlukan banyak energi dan sering menghasilkan polusi.

Hidrogen adalah gas ringan (lebih ringan dari udara), tidak berwarna dan tidak berbau. Jika terbakar tidak menunjukkan adanya nyala dan akan menghasilkan

Tabel 2. 4 Beberapa Proses Pembuatan Gas Hidrogen

Metode	Proses	Bahan Baku	Energi	Emisi
Thermal	Steam Reforming	Gas Alam Hidrokarbon ringan	Steam Bersuhu Tinggi	Emisi gas rumah kaca
	Gasifikasi	Batubara, Hidrokarbon Berat	Steam dan oksigen pada tekanan dan suhu tinggi	Emisi gas rumah kaca
	<i>Autothermal Reformation</i> (Oksida Parsial)	Gas Alam, Hidrokarbon ringan	Steam yang dibangkitkan dengan panas proses eksoterm	Emisi gas rumah kaca
	<i>Catalytic Reforming</i>	Naptha dari oil refining	Panas dari proses oil refining	Emisi gas rumah kaca
	Pirolisis	Biomassa	Steam Bersuhu tinggi	Emisi Gas Rumah Kaca
	<i>Thermochemical Water Splitting</i>	Air	Panas bersuhu tinggi	Tidak ada emisi
Elektrokimia	Elektrolisis	Air	Listrik dari energi terbarukan	Tidak ada emisi
	Elektrolisis	Air	Listrik dari bahan bakar fosil	Emisi gas rumah kaca dan emisi lain dari bahan bakar fosil
	<i>Thermal Catalytic Dry Reformation</i>	Metana, air, gas landfill	Panas (dari energi matahari atau sumber panas lain)	Emisi gas rumah kaca (tergantung dari <i>feedstock</i>)
	Disosiasi Plasma	Biomassa, gas alam	Listrik (<i>plasma discharge</i>)	Tidak ada emisi
<i>By Product Recovery</i>	Recovery H ₂ dari berbagai proses	Tidak Umpan Spesifik untuk produksi hidrogen	Energi <i>incremental</i> untuk gas <i>clean up</i> dan <i>compressi</i>	Tidak ada emisi
Biologi	<i>Photobiology</i>	Air dan Alga	Sinar Matahari	Tidak ada emisi
	Pencernaan anaerobik	Biomassa	Steam bertemperatur tinggi	Emisi gas rumah kaca dan emisi lain
	Fermentasi mikroorganism	Biomassa	Steam bertemperatur tinggi	Emisi gas rumah kaca dan emisi lain

(Sumber:(Irianto et al. 2015)

Proses termal seperti yang tercantum dalam tabel dapat menghasilkan hidrogen dalam jumlah besar, namun terbatas oleh energi yang digunakan dan emisi yang dihasilkan. Proses elektrokimia tidak menghasilkan emisi, tetapi jumlah hidrogen yang dihasilkan sedikit. Sementara itu, proses biologi hanya dapat menghasilkan jumlah hidrogen yang kecil dan hanya dapat diterapkan pada skala kecil. Berkembangnya sistem produksi energi yang ramah lingkungan membuat proses elektrolisis terus dimodifikasi untuk menghasilkan hidrogen yang lebih banyak.

2.3. Titanium

Titanium adalah logam transisi yang berwarna putih perak dan memiliki nomor atom 22. Ia dikenal karena kekuatannya yang tinggi dibandingkan dengan beratnya yang ringan, serta resistensi yang baik terhadap korosi. Aplikasi yang

umum dari logam titanium termasuk pembuatan pesawat, kapal, implant medis, peralatan olahraga, industri kimia, pembuatan katalis, dan sebagai bahan pembuatan pigmen. Titanium dapat diperoleh dari mineral dengan proses yang disebut sebagai reduksi klorida titanium ($TiCl_4$). Dalam proses ini, ilmenit atau mineral lainnya diukur dengan klorida titanium ($TiCl_4$) di suhu tinggi. Kemudian titanium diendapkan dari campuran hasil reaksi dan diolah menjadi produk akhir yang diinginkan.



Gambar 2. 3 Plat Titanium

Sumber:(Ardhy, Gunawarman, and Affi 2015)

Produksi hidrogen menggunakan titanium dapat dilakukan melalui proses elektrolisis air. Dalam proses ini, arus listrik yang diterapkan pada elektroda titanium akan menyebabkan air yang berada di sekitarnya terurai menjadi hidrogen dan oksigen. Elektroda titanium digunakan karena sifat-sifatnya yang stabil dan resistensi terhadap korosi yang baik. Selain itu, titanium juga digunakan dalam proses yang disebut sebagai "*photocatalysis*" atau fotokatalisis. Dalam proses ini, titanium diaktifkan dengan sinar UV atau cahaya visible dan akan bereaksi dengan air dan CO_2 yang diperkenalkan ke dalam sistem untuk menghasilkan hidrogen dan oksigen. Proses-proses ini masih dalam tahap penelitian dan pengembangan, namun diharapkan akan menjadi solusi yang efisien dan ramah lingkungan untuk produksi hidrogen di masa depan(Ardhy et al. 2015).

2.3.1. Jenis jenis titanium

- Titanium Commercial Purity (CP) adalah bahan logam titanium dengan tingkat kemurnian tertentu. Ini adalah jenis titanium yang paling sering digunakan untuk aplikasi industri dan komersial. Tingkat kemurnian titanium CP bervariasi antara 99-99,5%. Hal ini digunakan dalam berbagai produk seperti implant medis, peralatan olahraga, bahan konstruksi, dll. Keunggulan utama dari titanium CP adalah kekuatannya, stabilitas kimia, dan resistensi terhadap korosi. Namun, titanium CP memiliki kekurangan seperti harga yang lebih tinggi dibandingkan dengan bahan lain dan daya tahan panas yang lebih rendah.



Gambar 2. 4 Titanium Komersil

- Titanium alumida (TiAl) adalah jenis titanium yang kuat dan tahan terhadap panas, sehingga banyak digunakan dalam industri penerbangan dan rumah sakit.



Gambar 2. 5 Titanium alumida

- Titanium beta-tiroid (Beta-C) memiliki kekuatan dan kekerasan yang sangat tinggi, sehingga banyak digunakan dalam aplikasi medis dan militer.



Gambar 2. 6 Titanium Beta

- Titanium karbida (TiC) memiliki kekuatan tinggi dan kemampuan tahan terhadap abrasi yang baik, sehingga sering digunakan dalam alat potong dan komponen mesin



Gambar 2. 7 Titanium Karbida

- Titanium niobium (TiNb) memiliki kekuatan dan kemampuan tahan terhadap korosi yang baik, sehingga sering digunakan dalam aplikasi medis dan lingkungan laut.



Gambar 2. 8 Titanium Niobium

- Titanium-Vanadium (TiV) memiliki kekuatan dan ketahanan terhadap panas yang baik, sehingga banyak digunakan dalam industri penerbangan dan aplikasi kimia.



Gambar 2. 9 Titanium Vanabium

- Titanium-Molybdenum (TiMo) memiliki kekuatan dan ketahanan terhadap panas yang baik, sehingga banyak digunakan dalam aplikasi mesin dan kimia.



Gambar 2. 10 Titanium Molydium

- Titanium-Zirconium (TiZr) memiliki kekuatan dan kemampuan tahan terhadap korosi yang baik, sehingga sering digunakan dalam aplikasi lingkungan laut dan medis.



Gambar 2. 11 Titanium Zirconium

2.3.2. Karakteristik titanium

Titanium memiliki beberapa karakteristik yang menyebabkan ia banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Beberapa karakteristik utama titanium adalah:

- Kekuatan yang tinggi: Titanium memiliki kekuatan yang hampir sama dengan baja, namun beratnya jauh lebih ringan. Ini menyebabkan titanium sangat cocok digunakan dalam aplikasi-aplikasi struktural seperti pembuatan pesawat, kapal, dan jembatan.
- Resistensi korosi yang baik: Titanium memiliki lapisan oksida yang menyelimuti permukaannya, yang menyebabkan resistensi yang baik terhadap korosi. Ini membuat titanium cocok digunakan dalam lingkungan yang berbahaya seperti lingkungan laut atau lingkungan kimia.
- Biokompatibilitas yang baik: Titanium tidak menimbulkan reaksi alergi pada tubuh, sehingga cocok digunakan dalam pembuatan implant medis seperti tulang, gigi, dan lainnya.
- Daya tahan panas yang baik: Titanium memiliki daya tahan panas yang baik, sehingga cocok digunakan dalam aplikasi-aplikasi yang menghasilkan panas seperti jet engine dan roket.

- Mudah diolah: Titanium dapat diolah dengan mudah menjadi berbagai bentuk seperti plat, pipa, dan profil.
- Non-magnetik: Titanium tidak memiliki sifat magnetik, sehingga cocok digunakan dalam aplikasi-aplikasi yang memerlukan sifat non-magnetik seperti peralatan medis atau peralatan elektronik(Ardhy et al. 2015).

2.3.3. Sifat Fisik titanium

Titanium memiliki beberapa sifat fisik yang unik dan menyebabkan ia banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Beberapa sifat fisik utama titanium adalah:

- Berat Jenis: Berat jenis titanium sekitar 4,51 g/cm³, yang relatif ringan dibandingkan dengan banyak logam lainnya.
- Titik lebur: Titik lebur titanium sekitar 1.668 °C (3.033 °F), yang cukup tinggi dibandingkan dengan banyak logam lainnya.
- Titik didih: Titik didih titanium sekitar 3.287 °C (5.951 °F), yang cukup tinggi dibandingkan dengan banyak logam lainnya.
- Kekuatan: Kekuatan titanium sekitar 60-90 ksi (414-621 MPa), yang cukup kuat dibandingkan dengan banyak logam lainnya.
- Elastisitas: Elastisitas titanium sekitar 16 x 10⁶ psi (110 GPa), yang cukup tinggi dibandingkan dengan banyak logam lainnya.
- Konduktivitas panas: Konduktivitas panas titanium sekitar 21 W/mK, yang cukup rendah dibandingkan dengan banyak logam lainnya.
- Konduktivitas listrik: Konduktivitas listrik titanium sekitar 6.0 x 10⁶ S/m, yang cukup rendah dibandingkan dengan banyak logam lainnya(Ardhy et al. 2015).

2.3.4. Sifat Kimia titanium

Titanium memiliki beberapa sifat kimia yang unik dan menyebabkan ia banyak digunakan dalam berbagai aplikasi industri. Beberapa sifat kimia utama titanium adalah:

- Oksidasi: Titanium memiliki lapisan oksida yang menyelubungi permukaannya yang menyebabkan resistensi yang baik terhadap korosi.

Lapisan ini dapat dipulihkan dengan cara menghilangkan oksida yang terbentuk dengan cara pengelupasan atau pemolesan.

- Reaktivitas : Titanium tidak bereaksi dengan air dan udara pada suhu ruang, namun dapat bereaksi dengan asam-asam kuat dan basa-basa kuat pada suhu tinggi.
- Non-toksik : Titanium adalah logam yang tidak toksik dan tidak berbahaya bagi manusia dan lingkungan.
- Biokompatibilitas: Titanium tidak menimbulkan reaksi alergi pada tubuh, sehingga cocok digunakan dalam pembuatan implant medis seperti tulang, gigi, dan lainnya.
- Kemurnian : Titanium dapat diperoleh dalam kemurnian yang tinggi sehingga dapat digunakan dalam aplikasi-aplikasi yang memerlukan kemurnian yang tinggi, seperti pembuatan implant medis dan peralatan elektronik(Ardhy et al. 2015).

2.3.5. Spesifikasi titanium

- Kekuatan: Titanium memiliki kekuatan yang baik dan sangat ringan, sehingga banyak digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan kekuatan dan kelembaban rendah.
- Kemampuan tahan terhadap korosi: Titanium memiliki ketahanan terhadap korosi yang sangat baik, terutama dalam lingkungan laut dan kimia.
- Kemampuan tahan terhadap panas: Titanium memiliki kemampuan tahan terhadap panas yang baik, sehingga banyak digunakan dalam aplikasi penerbangan dan industri.
- Duktilitas: Titanium memiliki duktilitas yang baik, sehingga bisa dibentuk dengan mudah dan memiliki kemampuan penyambungan logam yang baik.
- Kemampuan biokompatibilitas: Titanium memiliki kemampuan biokompatibilitas yang baik, sehingga banyak digunakan dalam aplikasi medis, seperti implan dan peralatan medis(Peacock, Duggleby, and Koop 2014).

2.4. Menghitung Jumlah gas pada proses Elektrolisis

2.4.1. Teori Hoffman

Hukum Hoffman menyatakan bahwa jumlah massa zat yang dihasilkan pada suatu elektrode selama proses elektrolisis sebanding dengan jumlah muatan listrik yang digunakan. Kuat arus yang dialirkan dan waktu elektrolisis digabungkan menentukan besarnya muatan listrik yang terjadi dalam sel (Abdurahman et al. 2021). Ini merupakan prinsip dasar dari Hukum Hoffman dan dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Dalam sel Elektrokimia, massa yang diendapkan pada suatu elektroda sebanding dengan besarnya muatan listrik (aliran elektron) yang terlibat dalam suatu sel.
2. Massa ekuivalen zat yang diendapkan pada elektrode akan setara dengan muatan listrik yang dialirkan ke dalam sel.

Ideal gas untuk mencari mol hidrogen

$$n_{H_2} = PV/RT \quad (2.3)$$

mol electron persatuan waktu

$$n_e = it/Ne \quad (2.4)$$

koefisien yang setara menggunakan

$$n_e = 2 n_{H_2} \quad (2.5)$$

2.4.2. Hukum Gas Ideal

Gas ideal adalah suatu konsep teoritis yang mengasumsikan bahwa gas terdiri dari partikel-partikel titik yang bergerak secara acak dan tidak saling berinteraksi. Konsep ini sangat berguna karena memungkinkan analisis dengan menggunakan persamaan keadaan yang disederhanakan yang disebut hukum gas ideal dan mekanika statistika.

Gas ideal merupakan suatu konsep teoritis yang mengasumsikan bahwa gas terdiri dari partikel-partikel yang bergerak secara acak dan tidak saling berinteraksi.

Kebanyakan gas nyata dapat diperlakukan seperti gas ideal pada kondisi normal seperti temperatur dan tekanan standar. Gas seperti nitrogen, oksigen, hidrogen, gas mulia, dan karbon dioksida dapat dianggap sebagai gas ideal dengan perbedaan yang masih dapat ditolerir. Secara umum, gas berperilaku seperti gas ideal pada temperatur tinggi dan tekanan rendah karena kerja yang melawan gaya intermolekuler menjadi jauh lebih kecil dibandingkan dengan energi kinetik partikel dan ukuran molekul juga menjadi jauh lebih kecil dibandingkan dengan ruangan kosong antar molekul (Noh, Lee, and Lee 2011).

Model gas ideal tidak dapat digunakan pada kondisi suhu rendah atau tekanan tinggi karena gaya intermolekuler dan ukuran molekul menjadi penting. Model ini juga tidak dapat digunakan pada gas-gas berat seperti refrigeran atau gas dengan gaya intermolekuler yang kuat, seperti uap air. Pada beberapa kondisi suhu rendah dan tekanan tinggi, gas nyata akan mengalami fase transisi menjadi liquid atau solid, yang tidak dapat dijelaskan oleh model gas ideal. Hal ini dapat dijelaskan dengan menggunakan persamaan keadaan yang lebih kompleks. Pada Gas Ideal formula dapat dijelaskan sebagai berikut :

$$PV = nRT \quad (2.6)$$

Sehingga

$$\frac{P_1 \times v_1}{P_2 \times v_2} = \frac{n R T_1}{n R T_2} \quad (2.7)$$

Menjadi

$$v_2 = \frac{P_1 \times v_1 \times T_1}{P_2 \times T_1} \quad (2.8)$$

Dimana :

P = Tekanan Tabung Penampung Gas (atm)

v₁ = Volume Awal (liter) R = Konstanta Gas 0,082 L·atm·K⁻¹·mol⁻¹

v₂ = Volume Akhir (liter) T = Suhu (K)

n = Mol gas H₂

2.5. Menghitung Efisiensi

Untuk menghitung efisiensi pada proses elektrolisis hidrogen, dapat digunakan persamaan yang menghubungkan jumlah muatan listrik yang digunakan dengan jumlah hidrogen yang dihasilkan. Efisiensi dapat ditentukan dengan membandingkan jumlah hidrogen yang dihasilkan dengan jumlah muatan listrik yang digunakan dalam proses tersebut. Namun persamaan yang digunakan tergantung pada kondisi spesifik dari alat elektrolisis dan kondisi operasional yang digunakan dalam penelitian tersebut.

2.5.1. Efisiensi Reactor ACE

Efisiensi adalah rasio antara energi yang digunakan dengan energi yang dihasilkan dalam suatu sistem. Dalam Generator HHO, produk yang berguna adalah gas HHO yang dihasilkan dari proses elektrolisis air (H₂O). Efisiensi Generator HHO dapat diukur dengan menganalisis perbandingan antara energi yang digunakan dalam proses elektrolisis dengan jumlah gas HHO yang dihasilkan.



Reaksi endoterm merupakan reaksi yang menghasilkan energi entalpi positif, yang digunakan untuk memecah molekul H₂O menjadi H₂ dan O₂. Dalam hal ini, reaksi penguraian H₂O membutuhkan energi entalpi sebesar +285.84 kJ/mol. Jadi proses penguraian air (H₂O) menjadi hidrogen dan oksigen adalah reaksi endoterm yang membutuhkan energi entalpi +285.84 kJ/mol (Zuhair and Suwoto 2013).

$$\% \text{ Efisiensi Alat} = \frac{\text{Energi Teoritis yang digunakan}}{\text{Energi Aktual yang digunakan}} \times 100 \% \quad (2.9)$$

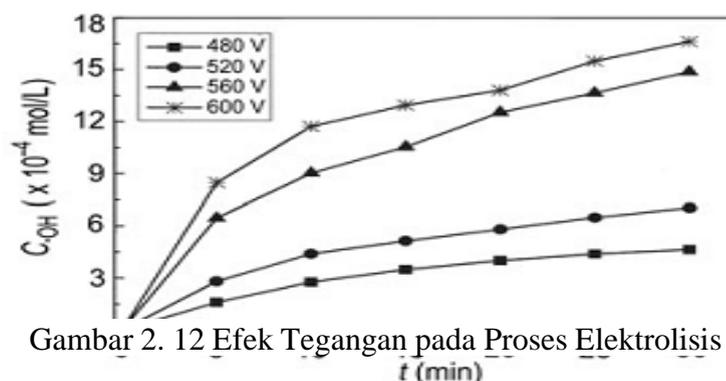
2.6. Pengaruh Kondisi Operasi

Dalam proses elektrolisis, kondisi operasi sangat penting untuk mengatur reaksi elektrokimia yang terjadi. Beberapa faktor yang mempengaruhi kondisi operasi tersebut antara lain tegangan listrik, konduktivitas larutan, pH larutan, dan konsentrasi zat terlarut dalam air. Tegangan listrik yang diterapkan pada sel elektrolisis memiliki dampak besar terhadap kecepatan reaksi elektrokimia dan

jumlah produk yang dihasilkan. Semakin tinggi tegangan listrik, semakin cepat reaksi berlangsung dan semakin besar produk yang dihasilkan. Konduktivitas larutan merujuk pada kemampuan larutan untuk menghantarkan arus listrik. Konduktivitas larutan dipengaruhi oleh konsentrasi elektrolit dalam larutan. Semakin tinggi konduktivitas larutan, semakin baik larutan menghantarkan arus listrik. Konduktivitas larutan yang tinggi memungkinkan arus listrik mengalir lebih lancar dan efisiensi reaksi elektrokimia menjadi lebih baik. pH larutan juga mempengaruhi reaksi elektrokimia. Tingkat keasaman atau kebasaan larutan elektrolit dapat mempengaruhi aktivitas ion-ion dalam larutan. pH larutan yang rendah atau asam dapat mempercepat reaksi elektrokimia, sedangkan pH larutan yang tinggi atau basa dapat menghambat reaksi. Selain itu, konsentrasi zat terlarut dalam air juga memiliki pengaruh pada reaksi elektrokimia. Jumlah partikel dalam larutan elektrolit mempengaruhi konduktivitas larutan dan kecepatan reaksi. Semakin tinggi konsentrasi zat terlarut, konduktivitas larutan akan semakin tinggi, dan reaksi elektrokimia dapat berlangsung lebih cepat. Meskipun faktor-faktor tersebut penting dalam kondisi operasi elektrolisis plasma, dalam metode dan pembahasan, seringkali hanya tegangan listrik dan arus listrik yang dijelaskan secara rinci. Hal ini mungkin disebabkan oleh fokus penelitian tertentu atau keterbatasan eksperimental. Namun, tetap diingat bahwa faktor-faktor seperti konduktivitas larutan, pH larutan, dan konsentrasi zat terlarut dalam air tetap berpengaruh pada efisiensi dan hasil reaksi elektrokimia.

2.6.1. Tegangan Listrik

Efek tegangan dan arus listrik yang digunakan dalam proses elektrolisis plasma berhubungan langsung dengan pembentukan spesi spesi aktif dari molekul larutan gliserol. Spesi aktif yang dimaksud



Gambar 2. 12 Efek Tegangan pada Proses Elektrolisis

terutama berupa radikal hidrogen dan radikal hidroksil.(Bernt and Gasteiger 2016) Selain itu tegangan yang digunakan juga berperan dalam pembentukan dan kestabilan keadaan plasma. telah mempublikasikan hasil penelitiannya mengenai efek tegangan yang hasilnya dapat terlihat pada gambar berikut:

2.6.2. Arus Listrik

Arus listrik yang mengalir dalam proses elektrolisis juga memiliki pengaruh signifikan terhadap proses tersebut. Berikut adalah pengaruh arus listrik dalam elektrolisis beserta beberapa sumber yang mendukung informasi tersebut. Arus listrik mempengaruhi kecepatan reaksi elektrokimia dalam elektrolisis. Semakin tinggi arus listrik yang melewati sel elektrolisis, semakin cepat reaksi berlangsung. Menurut hukum Faraday, laju reaksi elektrokimia sebanding dengan arus listrik yang melewati sel. Dengan demikian, arus listrik yang tinggi akan meningkatkan laju reaksi(Yoga et al. 2022).

2.7. Converter DC

Converter tegangan DC (DC-DC converter) adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengubah tegangan DC dari satu nilai ke nilai lain. Fungsi utama converter tegangan DC adalah untuk menyesuaikan tegangan yang dihasilkan oleh sumber daya dengan tegangan yang dibutuhkan oleh beban. Mengubah tegangan DC yang dihasilkan oleh panel surya atau generator DC menjadi tegangan DC yang sesuai untuk digunakan oleh alat-alat elektronik di rumah atau kantor(Sivakumar et al. 2016).

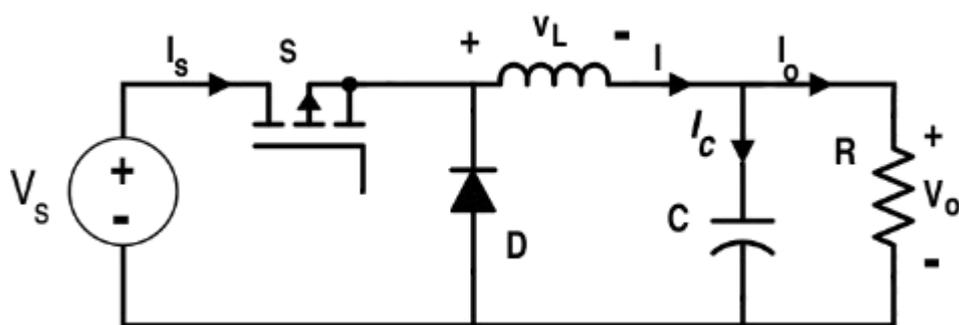
- Mengubah tegangan DC yang dihasilkan oleh baterai atau sumber daya DC lainnya menjadi tegangan DC yang sesuai untuk digunakan oleh alat-alat elektronik di mobil atau kendaraan lainnya.
- Mengubah tegangan DC yang dihasilkan oleh sumber daya DC lainnya menjadi tegangan AC untuk digunakan oleh peralatan rumah tangga atau industri yang memerlukan tegangan AC.

- Jenis converter tegangan DC yang paling umum digunakan adalah step-up converter yang meningkatkan tegangan DC, dan step-down converter yang menurunkan tegangan DC.



Gambar 2. 13 Converter DC

DC-DC *buck converter* merupakan sebuah alat yang berfungsi untuk menurunkan tegangan keluaran dari generator agar sesuai dengan tegangan keluaran yang diinginkan. Tegangan keluaran ini nantinya akan disimpan di baterai, sehingga membutuhkan nilai tegangan keluaran yang konstan. Rangkaian dasar untuk DC-DC *converter* ditunjukkan seperti Gambar 2.16.

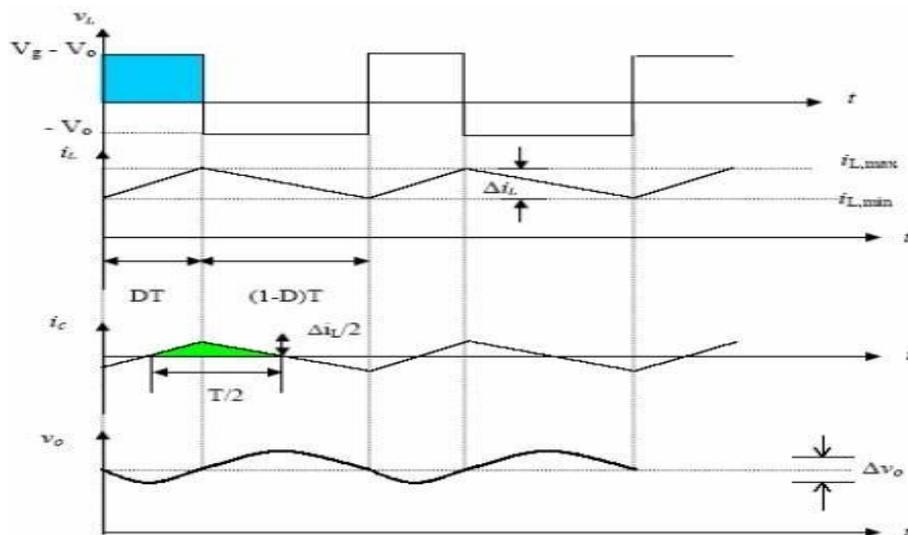


Gambar 2. 14 Rangkaian dasar DC-DC

DC-DC *converter* menggunakan komponen penyimpan energi seperti induktor dan kapasitor untuk mengontrol aliran energi dari generator menuju beban dengan menggunakan saklar *on-off* secara kontinyu. Saklar adalah sebuah alat elektronik yang beroperasi dalam dua keadaan. Keadaan *conduction mode (on)* terjadi pada

saat keluaran generator dihubungkan pada sebuah induktor. Saat keadaan *cut-off mode (off)*, keluaran dari generator tidakdihubungkan dari induktor. DC-DC *buck converter* juga berisi sebuah dioda bias maju yang dapat menyediakan arah balik untuk arus dalam keadaan *cut-off* (Baihaqi et al. 2022).

Saklar yang digunakan berupa sebuah MOSFET yang dikendalikan dengan sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*). Saklar bekerja menghantar *on* dan *off* untuk mengatur nilai tegangan pada induktor. Tegangan pada induktor mempunyai bentuk gelombang kotak yang kemudian di-*filter* dengan kombinasi LC untuk menghasilkan sebuah *quasi-continuous voltage* pada keluarannya. Nilai rata-rata dari gelombang kotak dapat diatur untuk mengendalikan panjang dari konduksi dan *cut-off states* pada saklar. Waktu *ON* dari saklar dihubungkan dengan periode waktu, dengan *D* adalah *duty cycle*. Dalam kondisi *ON*, arus mengalir dari generator melalui induktor yang menyebabkan induktor mengisi energi. Dioda berada dalam keadaan bias mundur dan tidak ada arus yang melewatinya. Kondisi *OFF* menyatakan waktu *off* diberikan $T_{off} = (1-D)T$ dan arus dalam induktor menyebabkan dioda menjadi bias maju. Dioda menyala aktif dan menyediakan jalan untuk mempertahankan kontinuitas arus melewati induktor (Baihaqi et al. 2022). Bentuk gelombang pulsa DC-DC *buckconverter* ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2. 15 Gelombang DC – DC CONVERTER

Duty cycle dapat diatur supaya tegangan keluaran dari konverter berada pada nilai yang diinginkan. Untuk sebuah konverter DC – DC ideal, *duty cycle* adalah perbandingan antara tegangan keluaran dan tegangan masukan. Konverter DC-DC digunakan sebagai sumber daya DC, dengan tegangan masukan bervariasi, tapi tegangan keluaran dijaga pada nilai yang diinginkan. *Duty cycle* dijaga nilainya melalui sinyal PWM digunakan untuk mengendalikan kondisi *on* dan *off* dari sebuah MOSFET (Musyafa & Ibrohim, 2013).

2.8. Metode Regresi

Metode regresi adalah teknik statistik yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel independen dan variabel dependen. Tujuannya adalah untuk memahami dan menjelaskan hubungan antara variabel independen (variabel prediktor) dan variabel dependen (variabel respons), serta melakukan prediksi atau estimasi nilai variabel dependen berdasarkan nilai-nilai variabel independen yang diketahui.

Dalam konteks penelitian, metode regresi digunakan untuk memahami pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen, dan untuk membangun model matematika yang dapat menjelaskan hubungan tersebut. Dalam metode regresi, hubungan antara variabel independen dan dependen dijelaskan melalui suatu fungsi matematika atau persamaan regresi.

Ada beberapa jenis metode regresi yang umum digunakan, di antaranya:

1. Regresi Linear: Metode ini digunakan ketika hubungan antara variabel independen dan dependen dapat dijelaskan secara linier. Regresi linear mencoba memodelkan hubungan linier antara variabel independen dan dependen menggunakan persamaan garis lurus.
2. Regresi Nonlinear: Metode ini digunakan ketika hubungan antara variabel independen dan dependen tidak dapat dijelaskan secara linier. Regresi nonlinier mencoba memodelkan hubungan melalui fungsi matematika yang nonlinier, seperti polinomial, eksponensial, logaritmik, atau fungsi trigonometri.

3. Regresi Logistik: Metode ini digunakan ketika variabel dependen adalah variabel biner atau kategori. Regresi logistik mencoba memodelkan probabilitas atau kemungkinan kejadian suatu peristiwa berdasarkan nilai-nilai variabel independen.

Dalam metode regresi, langkah-langkah umum yang dilakukan meliputi pengumpulan data, pemilihan model regresi yang sesuai, estimasi parameter model (misalnya, koefisien regresi), evaluasi kualitas dan kecocokan model (misalnya, menggunakan koefisien determinasi), dan interpretasi hasil model untuk memahami pengaruh variabel independen terhadap variabel dependen.

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

3.1.1. Waktu

Waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan selama 6 bulan, yang dimulai pada tanggal 15 Februari 2023 dan berakhir pada tanggal 16 Juli 2023. Penelitian ini dimulai dengan persetujuan proposal dan berakhir dengan selesainya penelitian. Penelitian ini dimulai dengan kajian awal (tinjauan pustaka), perancangan desain alat, pembuatan alat reaktor hidrogen fuel dengan plat titanium, kemudian pengukuran serta analisis data, dan terakhir kesimpulan dan saran. Rincian dari penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut ini :

3.1.2. Tabel Jadwal Penelitian

Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian

No.	Uraian	Bulan Ke-					
		1	2	3	4	5	6
1	Kajian Literatur						
2	Penyusunan Proposal Penelitian						
3	Penulisan Bab 1 sampai Bab 3						
4	Seminar Proposal Penelitian						
5	Perancangan Desain Alat,Pembuatan Reaktor Fuel cell dengan plat titanium dan pengukuran.						
6	Analisa data pada hasil reaksi terhadap fuel cell.						
7	Seminar Hasil Penelitian						
8	Sidang Akhir						

2.2.2. Tempat

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium dan lantai 8 Gedung Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.2. Alat dan Bahan penelitian

3.2.1. Alat Penelitian

Berikut ini alat – alat yang digunakan pada penelitian ini :

1. Elektroda plat titanium HHO

Elektroda *fuel* HHO adalah komponen utama yang berfungsi sebagai penghasil Gas Brown atau Gas HHO. Dimana Elektroda *fuel* yang digunakan adalah elektroda *fuel* HHO tipe *wet cell*.



Gambar 3. 1 Elektroda Plat Titanium

bagian dari Generator hidrogen fuel:

➤ Plat

Material yang digunakan untuk elektroda, plat netral dan plat sisi adalah Titanium JY865 Gr2. Pemilihan ini dilakukan karena Titanium tahan terhadap korosi, ringan dan memiliki umur pakai yang panjang.

Sifat fisik						
Fase pada STS (0 °C dan 101,325 kPa)	padat					
Titik lebur	1941 K (1668 °C, 3034 °F)					
Titik didih	3560 K (3287 °C, 5949 °F)					
Kepadatan mendekati s.k.	4,506 g/cm ³					
saat cair, pada t.l.	4,11 g/cm ³					
Kalor peleburan	14,15 kJ/mol					
Kalor penguapan	425 kJ/mol					
Kapasitas kalor molar	25,060 J/(mol·K)					
Tekanan uap						
<i>P.</i> (Pa)	1	10	100	1 k	10 k	100 k
pada <i>T.</i> (K)	1982	2171	(2403)	2692	3064	3558

Gambar 3. 2 Sifat Fisik Plat Titanium

➤ Karet Ring (gasket)

Gasket ini digunakan untuk menyediakan ruang antara masing-masing pelat. Dalam penelitian ini, digunakan gasket dengan diameter 60 mm dan terdapat 2 jenis ketebalan yaitu 1,5 mm dan 3 mm. Ketebalan 3 mm digunakan untuk menciptakan jarak antara elektroda yang memiliki permukaan yang berbeda-beda.

➤ Akrilik bening

Akrilik bening dipakai sebagai tempat reaktor elektrolisis. Pada akrilik bening, proses elektrolisis dapat diamati dengan jelas dan hasilnya dapat terkontrol.

➤ Mur dan baut

Digunakan agar akrilik bening, pelat dan gasket menempel sempurna dan menghindari kebocoran. Pada penelitian ini dibutuhkan 8 mur dan baut.

2. Power Supplay

Power supply 12V adalah perangkat yang menyediakan tegangan output sebesar 12 Volt. Digunakan untuk mengalimentasi perangkat elektronik dan sistem yang membutuhkan tegangan 12V. Tersedia dalam berbagai bentuk dan tipe, termasuk adaptor AC-DC dan power supply internal. Pemilihan yang tepat harus memperhatikan kebutuhan daya dan memilih produk dari produsen yang terpercaya.



Gambar 3. 3 Power Supplai

3. Tabung Reaktor HHO

Tabung reaktor HHO adalah perangkat untuk menghasilkan gas HHO melalui elektrolisis air. Digunakan sebagai sumber energi alternatif.



Gambar 3. 4 Tabung Reaktor

Terbuat dari bahan tahan korosi seperti stainless steel atau polikarbonat. Memiliki desain yang dirancang untuk produksi gas HHO maksimal.

4. Arduino Uno

Arduino Uno dapat digunakan untuk membaca data arus dan gas melalui sensor dan modul yang sesuai. Sensor arus seperti Sensor Arus Non-Invasif atau Sensor Arus Hall Effect dapat terhubung ke Arduino Uno untuk mengukur arus listrik. Sensor gas seperti Sensor Gas MQ dapat mendeteksi keberadaan gas dalam lingkungan sekitarnya. Arduino Uno membaca data dari sensor tersebut dan memprosesnya untuk tujuan yang diinginkan, seperti pemantauan konsumsi daya atau pengendalian sistem berbasis gas. Penting untuk menghubungkan sensor dengan benar ke Arduino Uno dan menggunakan kode program yang sesuai.



Gambar 3. 5 Arduino Uno

5. Sensor MQ02

Sensor MQ-02 umumnya tidak cocok untuk mendeteksi hidrogen. Lebih baik mempertimbangkan sensor gas seperti MQ-2 atau sensor hidrogen PEM yang dirancang khusus untuk mendeteksi hidrogen dengan lebih baik. Pastikan untuk mengikuti petunjuk penggunaan dan spesifikasi sensor yang sesuai untuk memastikan kinerja yang optimal.



Gambar 3. 6 Sensor Gas

6. Selang

Selang digunakan untuk mengalirkan larutan elektrolit baik dari masuk dan keluar generator Fuel . Serta digunakan untuk mengalirkan gas hidrogen dari bubbler keluar ke tabung ukur volume. Selang yang digunakan bening dan berdiameter 8 mm.

7. Tabung ukur

Tabung ukur hidrogen/oksigen tekanan rendah berfungsi sebagai indikator gas yang telah dihasilkan dari proses elektrolisis.



Gambar 3. 7 Flowmeter gas

8. Multimeter digital

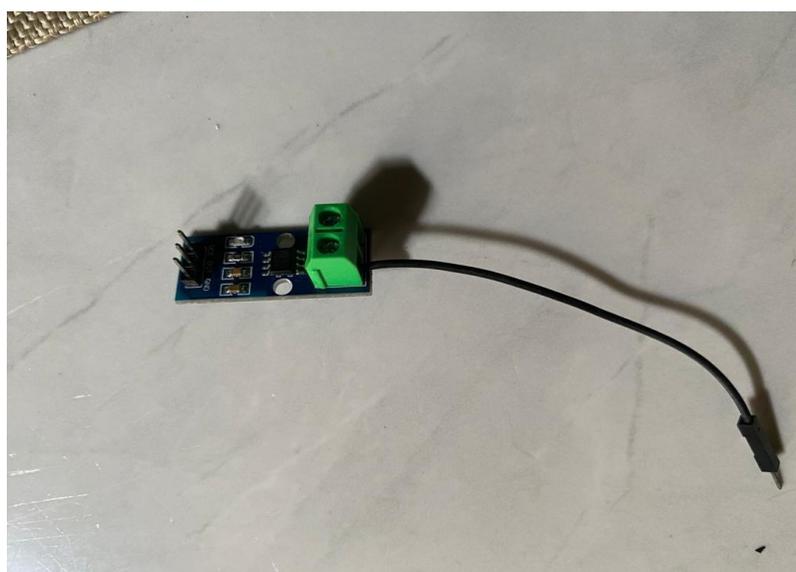
Multimeter pada penelitian ini berfungsi sebagai pengukur arus keluaran dan tegangan keluaran yang dihasilkan oleh panel surya.



Gambar 3. 8 multimeter Digital

9. Sensor Arus ACS712

Sensor Arus ACS712 berfungsi untuk mengukur arus yang digunakan pada saat proses elektrolisis.



Gambar 3. 9 Sensor Arus ACS712

10. Thermometer

Thermometer bertujuan untuk mengukur suhu pada air ketika terjadinya proses elektrolisis.



Gambar 3. 10 Thermometer

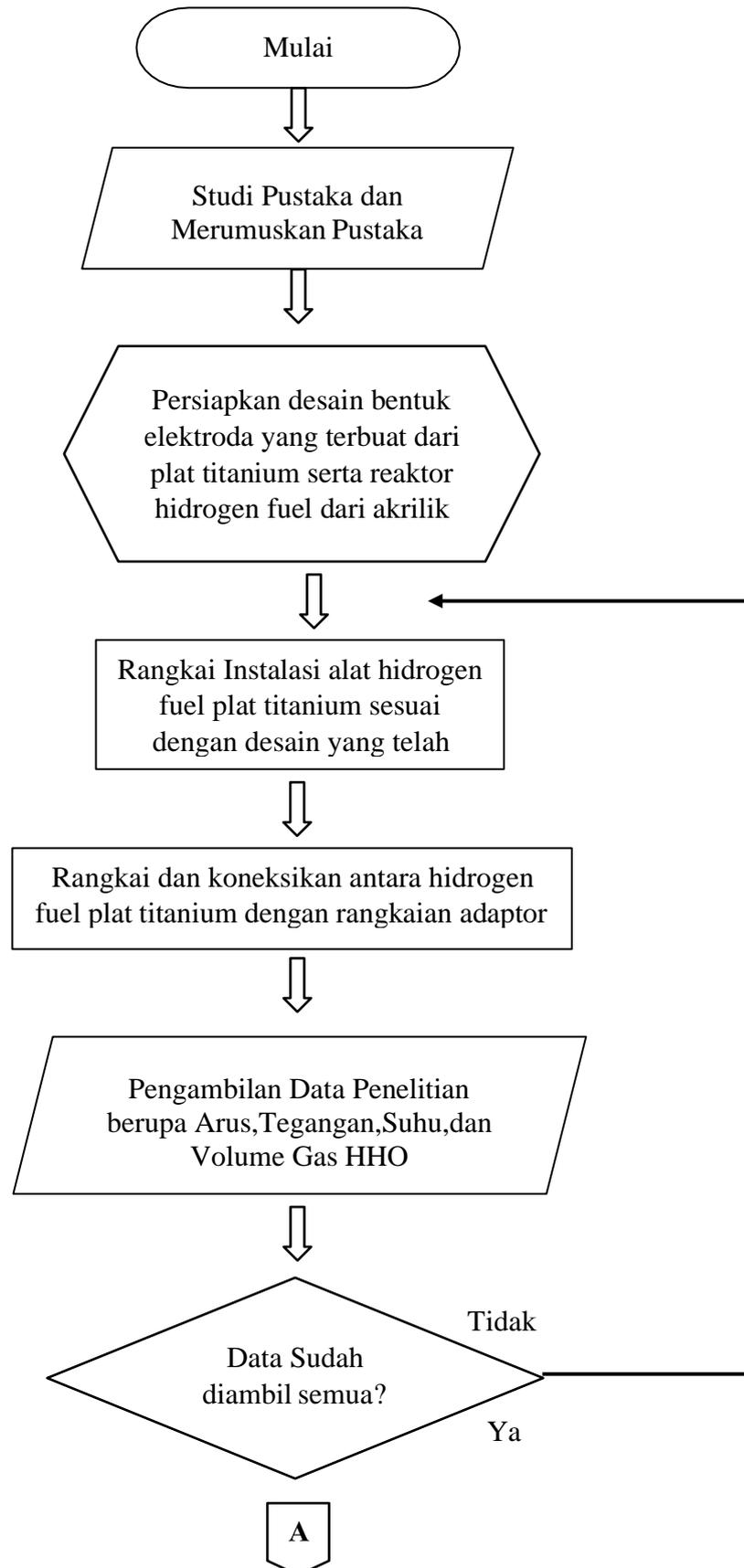
3.2.2. Bahan penelitian

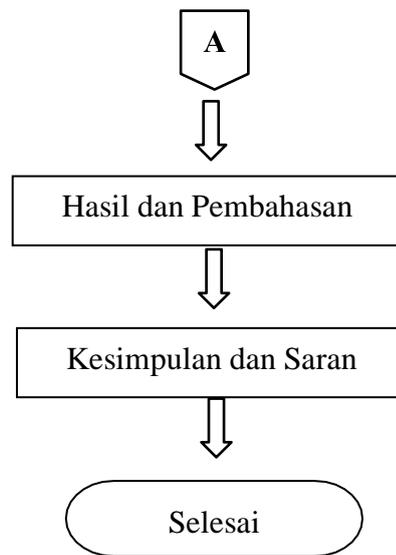
Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah larutan elektrolit dimana terdiri dari 45 gram Natrium Hidroksida (NaOH), air laut dan air (H₂O) sebanyak 2500 ml atau 2,5 L, Penyesuaian bahan akan dilakukan dengan volume yang sesuai.

3.2.3. Bahasa Pemrograman Pengambilan data

Source code Arduino merupakan sekumpulan instruksi dan perintah pemrograman yang ditulis dalam bahasa pemrograman Arduino. Ini adalah bagian penting dari pengembangan perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software) dengan menggunakan platform Arduino.,Source code disini digunakan dalam pengambilan data logger pada saat proses elektrolisis berlangsung.

3.3. Diagram Alir penelitian





3.4. Prosedur percobaan

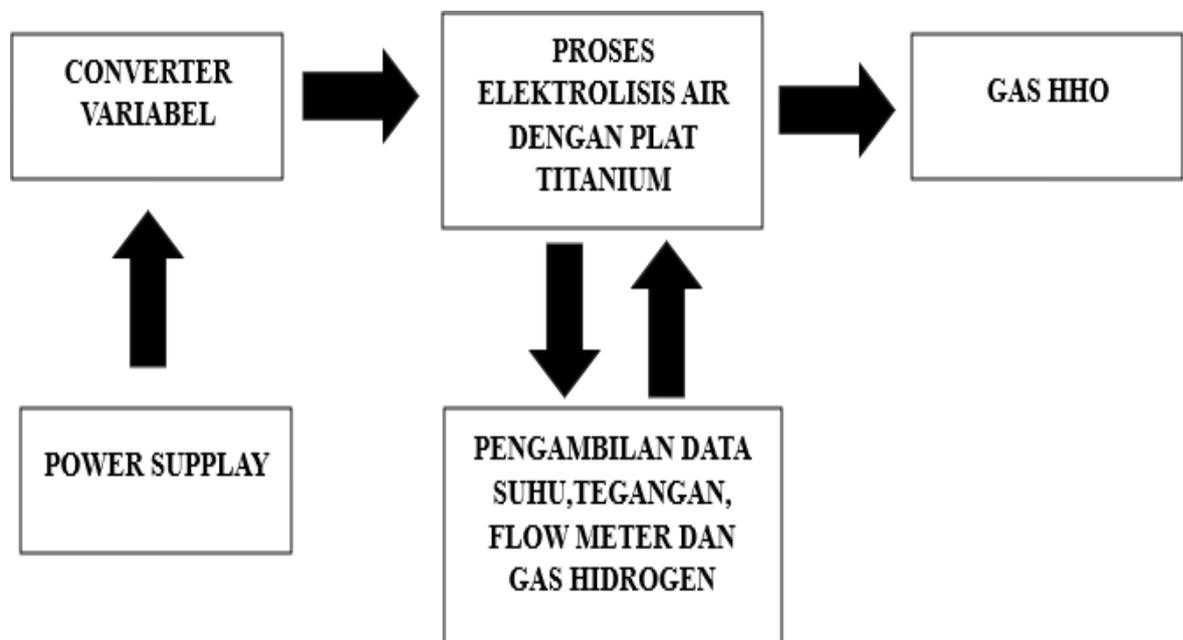
Penelitian ini dilakukan dengan melalui tahapan-tahapan berikut.

1. Siapkan semua peralatan sesuai dengan skema yang telah ditentukan.
2. Susun dan rangkai reaktor fuel hidrogen sesuai dengan desain yang telah dibuat ,contohnya pemasangan ataupun penyusunan elektroda titanium sesuai dengan ukuran pada tabung reaktor serta gunakan baut dengan pancang ukuran 15cm, serta untuk jarak antara plat berukuran 1 sampai dengan 2cm.
3. Rangkai Power Supplay kemudian periksa antara reaktor hidrogen fuel dengan power Supplay.
4. Isi Reaktor hidrogen fuel dengan air laut maupun air campuran garam NaCl
5. Pasang dua buah kabel (katoda dan anoda) dari Power Supplay ke instalasi reaktor fuel. Atur arus yang akan mengalir pada reaktor fuel dengan mengatur potensio pada pengatur tegangan.
6. Pengambilan data dilakukan pada setiap rentang waktu 5 menit sampai dengan gelas ukur volume alir gas Hidrogen mulai bereaksi. Data yang diambil berupa tegangan listrik dan kuat arus dengan menggunakan digital multitester , temperature elektrolit setelah keluar dari generator fuel cell

pelat netral dan elektroda dengan menggunakan thermometer dan volume alir gas Hidrogen dengan menggunakan flow meter.

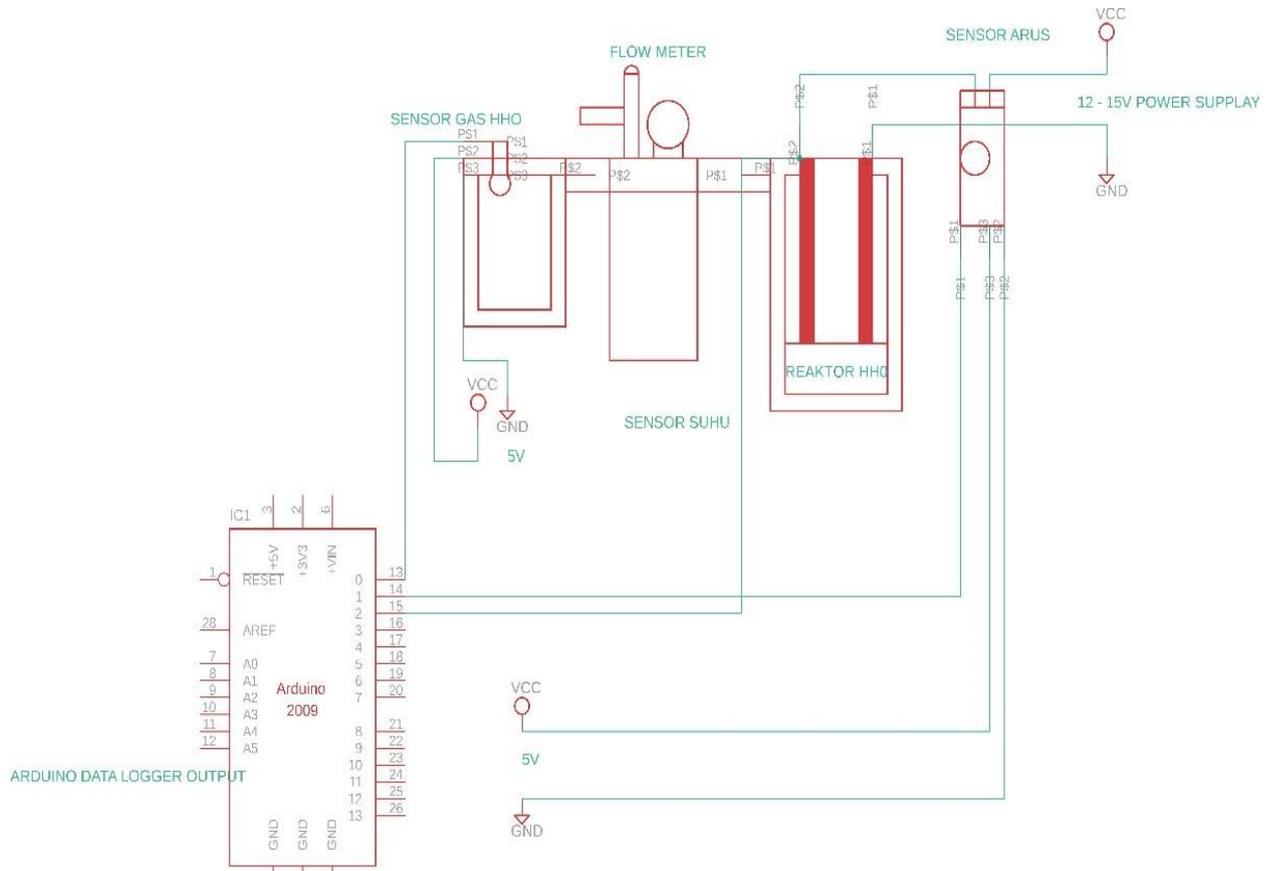
7. Nyalakan Converter dengan menekan switch on tanda dimulainya langkah pengambilan data dan catat hasilnya sesuai yang ditunjukkan pada alat ukur.
8. Setiap selesai satu kali variasi pengambilan data instalasi didinginkan sampai mencapai temperatur lingkungan seperti sebelum pengambilan data dimulai yang ditunjukkan oleh *stopwatch*.
9. Ulangi pengambilan data dengan membuat variasi tegangan pada elektroda titanium.
10. Lakukan analisa dan pengolahan terhadap hasil data yang diperoleh dari pengujian ini untuk mendapatkan produktifitas gas Hidrogen, efisiensi generator Hidrogen *Fuel* dan daya yang dibutuhkan generator Hidrogen *Fuel* serta temperatur pada Air laut.

3.5. Diagram Blok



Gambar 3. 11 Diagram Blok

3.6. Rangkaian Percobaan



Gambar 3. 12 Rangkaian Elektrolisis dan Pengambilan Data

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis proses pembentukan gas H₂O atau hidrogen yang dihasilkan melalui proses elektrolisis. Penelitian dilakukan di Laboratorium Prodi Teknik Elektro Umsu. Fokus penelitian adalah untuk menganalisis proses pembentukan hidrogen dengan plat titanium terhadap produksi hidrogen melalui proses elektrolisis air laut. Proses elektrolisis ini melibatkan pemecahan molekul air laut dengan bantuan arus listrik dari Power Supply 12 dan 15 Volt. Elektrode yang digunakan dalam penelitian ini adalah Titanium TC 06.

Metode "water displacement" digunakan untuk mengukur volume gas hidrogen yang dihasilkan setiap 10 menit selama proses elektrolisis. Perubahan tinggi permukaan air dalam tabung elektrolisis, yang diukur setiap 1 menit, digunakan untuk menentukan volume gas hidrogen yang diproduksi. Volume gas hidrogen dihitung dengan mengalikan perubahan tinggi permukaan air dengan luas penampang tabung wadah gas hidrogen. Dalam penelitian ini, dibuka keran penutup udara, sehingga batas air pada wadah menunjukkan 0 mL, dan kemudian ditutup kembali sebelum melanjutkan reaksi selama 10 menit berikutnya. Proses ini dilakukan untuk mengamati produksi gas hidrogen secara berkala.

Penelitian ini menggunakan rangkaian alat elektrolisis yang disesuaikan untuk keperluan penelitian ini. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa proses pembentukan hidrogen pada waktu yang telah ditentukan serta memberikan pemahaman tentang pengaruh variasi elektrode dengan plat titanium dalam produksi gas hidrogen melalui proses elektrolisis air laut. Pada Proses Analisa data digunakan metode analisis regresi linear yang digunakan untuk memodelkan hubungan linier antara satu variabel dependen (variabel respons) dengan satu atau lebih variabel independen (variabel prediktor). Tujuan dari analisis regresi linear yaitu untuk memahami dan menjelaskan hubungan antara variabel dependen dan independen, serta memprediksi nilai variabel dependen berdasarkan nilai-nilai variabel independen yang diberikan.



Gambar 4. 1 Alat Percobaan

4.2. Data Hasil Percobaan

Berikut data Percobaan Pertama Dengan Memberikan tegangan sumber 12VDC.

Tabel 4. 1 Data Percobaan 1

DATA ELEKTROLISIS DENGAN TITANIUM TC06					
WAKTU	TEGANGAN (V)	ARUS(A)	SUHU(C)	konsentrasi(ppm)	flowrate(cc/det)
08:30:56	12	2,87	32,2	57	1,226
08:31:56	12	2,88	32,2	57	1,755
08:32:56	12	2,98	32,2	57	2,284
08:33:56	12	3,02	32,2	57	2,813
08:34:56	12	3,16	32,3	57	3,342
08:35:56	12	3,19	32,3	57	3,871
08:36:56	12	3,15	32,5	57	4,4
08:37:56	12	3,12	32,7	58	4,929
08:38:56	12	3,09	32,9	58	5,458
08:39:56	12	3,1	33,4	58	5,987
08:40:56	12	3,12	33,8	58	6,516
08:41:56	12	2,93	34,1	58	7,045
08:42:56	12	3,11	34,4	60	7,574
08:43:56	12	3,09	34,7	60	8,103
08:44:56	12	3,02	34,9	60	8,632
08:45:56	12	3,08	35,4	60	9,161
08:46:56	12	3,11	36,3	63	9,69
08:47:56	12	3,09	36,7	63	10,219
08:48:56	12	3,06	37	63	10,748
08:49:56	12	3,3	37,5	63	11,277

08:50:56	12	3,11	37,9	63	11,806
08:51:56	12	3,09	38,6	65	12,335
08:52:56	12	3,06	39,2	65	12,864
08:53:56	12	3,09	39,8	65	13,393
08:54:56	12	3,14	40,4	66	13,922
08:55:56	12	3,18	40,7	66	14,451
08:56:56	12	3,21	41	66	14,98
08:57:56	12	3,2	41,4	68	15,509
08:58:56	12	3,29	41,7	68	16,038
08:59:56	12	3,3	42	68	16,567

Berikut data Percobaan Pertama Dengan Memberikan tegangan sumber 15VDC.

Tabel 4. 2 Data Percobaan 2

DATA ELEKTROLISIS DENGAN TITANIUM TC06					
WAKTU	TEGANGAN(V)	ARUS(A)	SUHU(C)	KONSENTRASI(PPM)	flowrate(cc/det)
09:25:47	15	3,46	44,2	72	3,655
09:26:47	15	3,45	44,5	73	3,755
09:27:47	15	3,47	44,8	73	3,884
09:28:47	15	3,44	45,1	73	4,213
09:29:47	15	3,44	45,4	73	4,542
09:30:47	15	3,44	45,7	73	4,871
09:31:47	15	3,47	46	73	5,2
09:32:47	15	3,49	46,3	73	5,529
09:33:47	15	3,49	46,6	73	5,858
09:34:47	15	3,48	46,9	73	6,187
09:35:47	15	3,5	47,2	73	6,516
09:36:47	15	3,57	47,5	73	6,845
09:37:47	15	3,54	47,8	75	7,174
09:38:47	15	3,59	48,9	75	7,503
09:39:47	15	3,59	49,0	75	7,832
09:40:47	15	3,58	48,10	75	8,161
09:41:47	15	3,58	49,1	75	8,49
09:42:47	15	3,58	48,11	75	8,819
09:43:47	15	3,62	49,2	75	9,148
09:44:47	15	3,6	48,12	75	9,477
09:45:47	15	3,65	49,3	75	9,806

09:46:47	15	3,69	50.2	75	10,135
09:47:47	15	3,72	50.5	75	10,464
09:48:47	15	3,72	49.4	75	10,793
09:49:47	15	3,75	50.8	75	11,122
09:50:47	15	3,79	50.11	75	11,451
09:51:47	15	3,79	49.5	75	11,78
09:52:47	15	3,82	50.14	75	12,109
09:53:47	15	3,82	50.17	75	12,438
09:54:47	15	3,86	49.6	75	12,767

Proses elektrolisis digunakan dalam penelitian ini dengan tujuan untuk menghasilkan gas hidrogen. Pada penelitian tersebut, elektroda yang digunakan adalah Plat Titanium. Pemilihan elektroda didasarkan pada konduktivitas tinggi dan tahan terhadap korosi.

Elektrolit yang digunakan dalam proses elektrolisis adalah air laut dengan volume 1000 ml. Proses elektrolisis membutuhkan arus listrik searah yang diperoleh dari sumber daya listrik seperti power supply DC. Tegangan yang digunakan sebesar 12 dan 15 volt.

Proses elektrolisis ini memungkinkan pemisahan air menjadi gas hidrogen (H_2) dan gas oksigen (O_2) melalui reaksi redoks yang terjadi pada elektroda. Pada katoda, ion hidrogen menerima elektron dan bereaksi membentuk gas hidrogen. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan dan menganalisa gas hidrogen melalui proses elektrolisis dengan menggunakan elektroda plat titanium serta air laut sebagai elektrolit. Gas hidrogen yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan. Prinsip kerja sel elektrolisis berbedadengan sel volta, sehingga rangkaian sel elektrolisis juga berbeda dengan rangkaian sel volta. Pada sel elektrolisis, anoda memiliki muatan positif (+), sedangkan katoda memiliki muatan negatif (-). Ini berbeda dengan sel volta, di mana anoda memiliki muatan negatif (-) dan katoda memiliki muatan positif (+).

Dengan menghubungkan antara suhu dan arus pada proses elektrolisis, maka dalam proses pembentukan gas hidrogen dan gas oksigen dapat dijelaskan dari hasil data dua percobaan pada tabel 4.1 dan 4.2 buntut mencari persamaan regresi terlebih dahulu untuk mencari Hasil rata rata dari kedua percobaan tersebut yaitu seperti tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Hasil Rata Rata

TEGANGAN(V)	ARUS(A)	SUHU(C)	konsentrasi (ppm)	flowrate(cc/det)
12	3,056	32,49	57,3	3,6065
12	3,091	35,48	60,8	8,8965
12	3,167	40,27	66	14,1865
15	3,463	45,55	72,9	4,7694
15	3,575	47,5	74,6	7,9965
15	3,761	50,2	75	11,2865

Hasil dari rata rata tabel tersebut merupakan landasan dasar dalam melakukan anilisa regresi linear yang dimana untuk mendapatkan hasil regresi yang akan dicari dengan menggunakan rumus dasar

Rumus regresi linear sederhana sebagai berikut:

$$Y = a + bX \tag{4.1}$$

Keterangan:

Y = Variabel dependen (variabel terikat)

X = Variabel independent (variabel bebas)

a = Konstanta (nilai dari Y apabila X = 0)

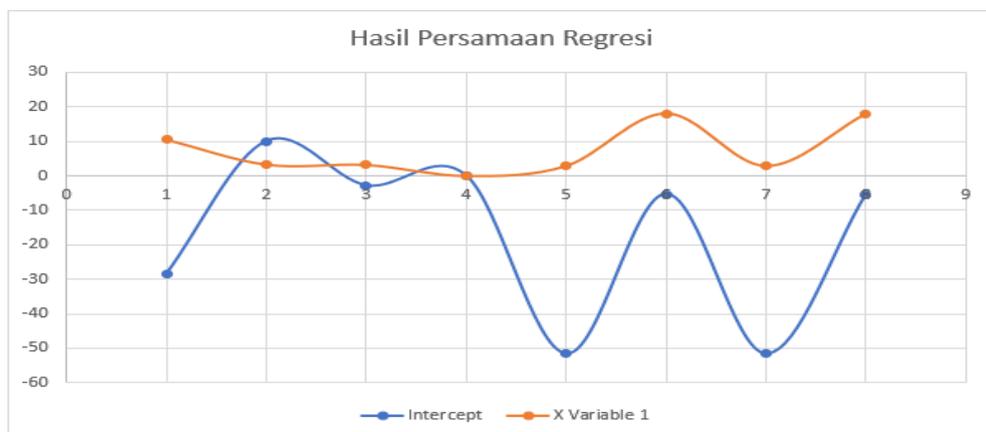
b = Koefisien regresi (pengaruh positif atau negatif)

Regresi yang digunakan adalah regresi Y atas X, yaitu X yang mewakili sumbu x merupakan variabel bebas dan Y yang mewakili sumbu y merupakan variabel tak bebas. Untuk mendapatkan persamaan regresi linier sederhana, sebaiknya menggunakan program menu grafik yang terdapat pada fasilitas Microsoft Excel. Ini bertujuan untuk mempermudah mendapatkan persamaan regresi yang tepat dan akurat jika dibandingkan dengan menggunakan perhitungan manual. Oleh karena itu didapatkan persamaan regresi melalui salah satu sample pada Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Persamaan Regresi

ARUS(A)	Persamaan Regresi	R2
3,056	$Y = -28,467 + 10,495X$	0,74855
3,091	$Y = -18,077 + 8,726X$	0,50491
3,167	$Y = -41,6053 + 17,610X$	0,92179
3,463	$Y = -94,0729 + 28,5423X$	0,63112
3,575	$Y = -74,5113 + 23,0791X$	0,77424
3,761	$Y = -44,6139 + 14,8632X$	0,9858

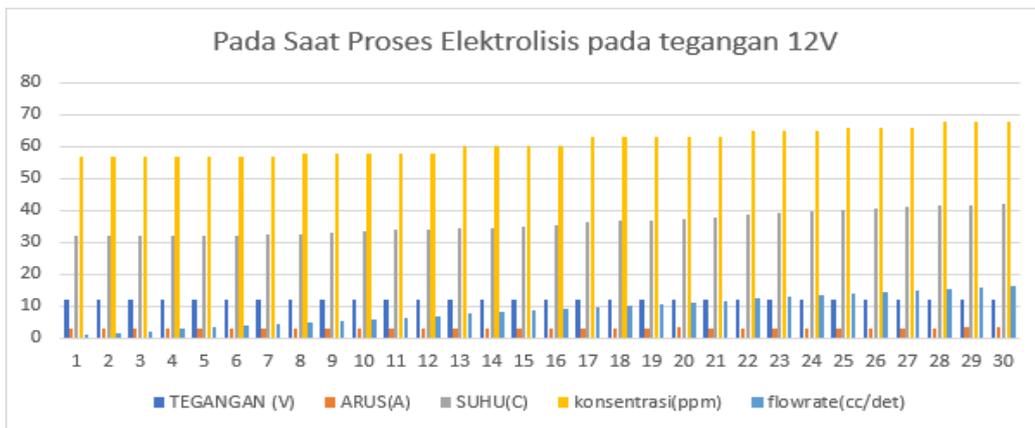
Dari hasil pencarian persamaan regresi tersebut maka didapatkan grafik untuk metode mencari hasil persamaan regresi yang dilihat pada gambar 4.2.



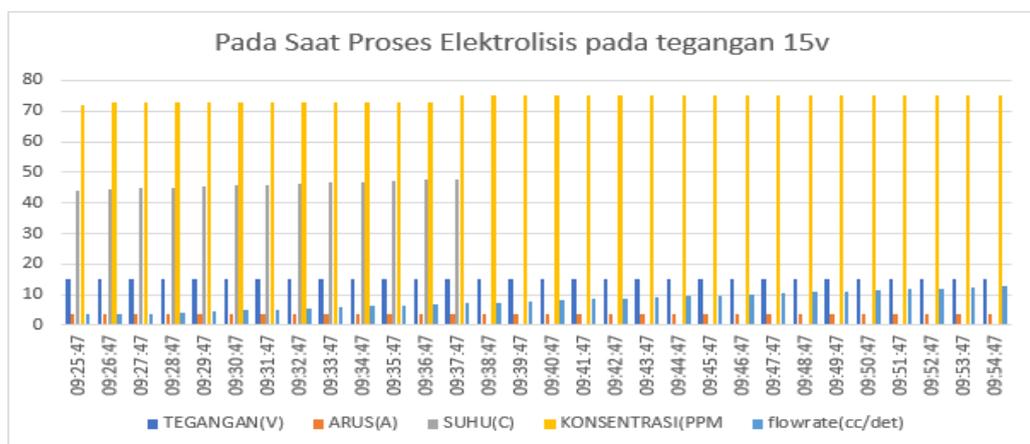
Gambar 4. 3 Grafik Persamaan Regresi

Dari persamaan regresi yang didapat pada Tabel 4.4 untuk melakukan uji prediksi produktifitas gas, ambil salah satu persamaan, misal $\hat{Y} = -18,077 + 8,726X$. Jika arus listrik 6A misalnya. Dengan jalan memasukkan variabel tersebut kedalam persamaan di atas, diprediksikan produktifitas gas hidrogen yang dihasilkan adalah sebesar 34,279 ml/s.

Dalam Proses data analyis metode regresi maka didapatkan hasil antara perbandingan percobaan 1 dan percobaan 2 ,perbandingan dibuat dalam grafik batang untuk melihat produktifitas pada saat proses elektrolisis tersebut berlangsung seperti pada Gambar 4.3 dan 4.4.

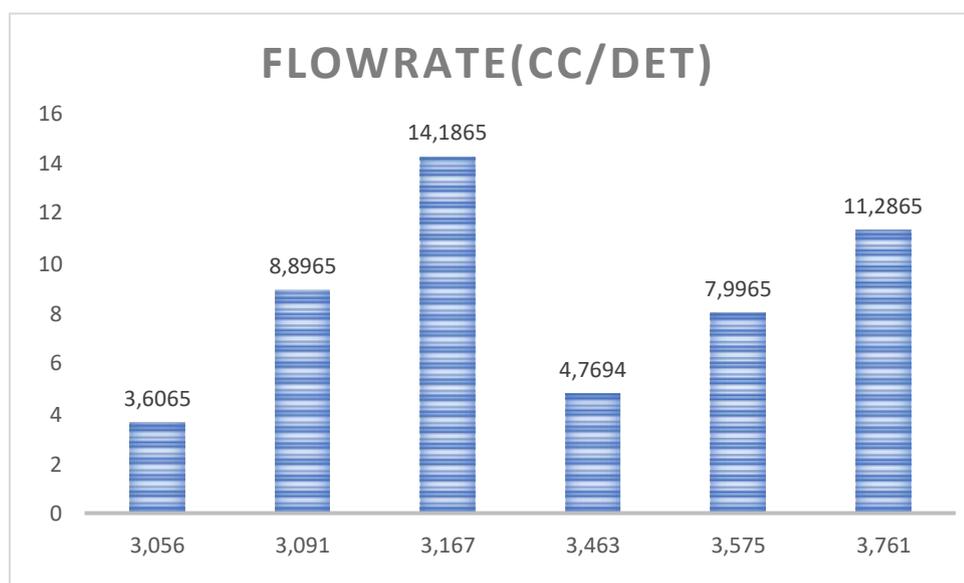


Gambar 4. 4 Grafik Data Proses Elektrolisis pada Tegangan 12v



Gambar 4. 5 Grafik Data Proses Elektrolisis pada Tegangan 15v

Dalam percobaan tersebut kenaikan suhu mempengaruhi pada proses pembentukan hidrogen pada saat reaksi elektrolisis berlangsung. Fenomena ini terlihat pada Gambar 4.3 dan 4.4 dimana ketika suhu naik pada saat proses elektrolisis sedangkan flowrate gas tetap dalam keadaan stabil, adanya kecenderungan kenaikan proses pembentukan hidrogen dikarenakan oleh lamanya waktu pada saat proses elektrolisis berlangsung sehingga pengamatan dilakukan secara kontiniu. Semakin lama, hidrogen yang terbentuk semakin meningkat dan dapat mengurangi difusi dari luar.

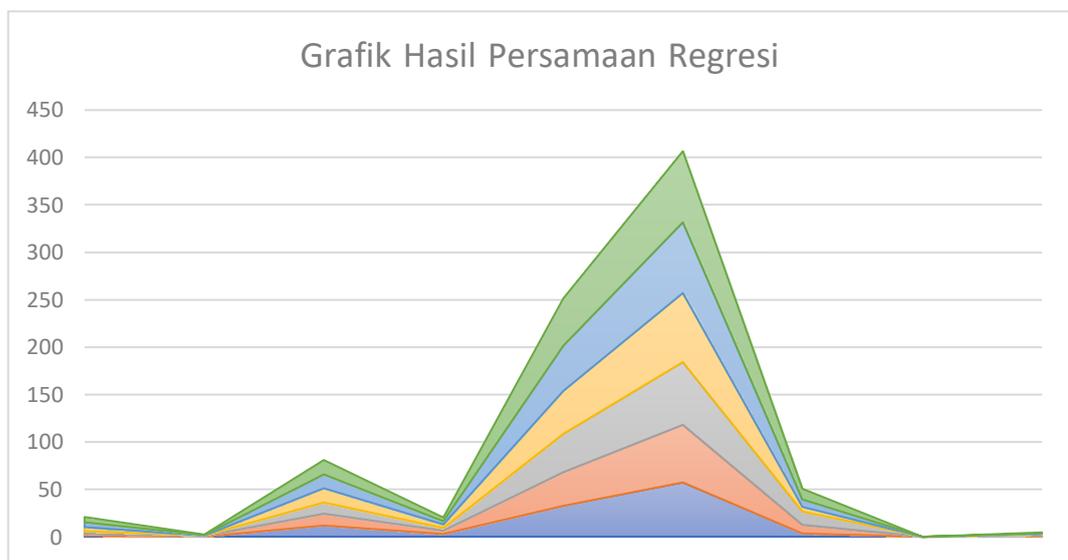


Gambar 4. 6 Grafik Persamaan Arus dengan Flowrate

Grafik antara arus dan flowrate gas hidrogen menggambarkan hubungan antara arus listrik yang digunakan dalam proses elektrolisis dan laju aliran gas hidrogen yang dihasilkan. Pada sumbu x, kita memiliki variabel arus listrik yang digunakan dalam proses elektrolisis, sedangkan pada sumbu y, kita memiliki variabel flowrate gas hidrogen yang dihasilkan. Pada grafik ini, jika arus listrik meningkat, kita dapat mengharapkan bahwa flowrate gas hidrogen juga akan meningkat. Hal ini karena semakin besar arus listrik yang digunakan dalam elektrolisis, semakin banyak ion hidrogen yang akan direduksi di katoda, dan dengan demikian, semakin banyak gas hidrogen yang dihasilkan. Grafik antara arus dan flowrate gas hidrogen dapat memberikan wawasan tentang respons sistem

elektrolisis terhadap perubahan arus listrik yang diterapkan. Dalam beberapa kasus, mungkin ada titik jenuh di mana peningkatan arus listrik tidak lagi menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam flowrate gas hidrogen, karena ada batasan dalam proses elektrokimia atau kondisi lainnya.

Oleh karena itu, melalui grafik ini, kita dapat memperoleh pemahaman visual tentang hubungan antara arus listrik dan flowrate gas hidrogen dalam proses elektrolisis, yang dapat membantu dalam mengoptimalkan parameter operasional dan memahami karakteristik sistem elektrolisis secara keseluruhan.



Gambar 4. 7 Grafik Hasil Dari Percobaan Proses Elektrolisis Air dengan Plat Titanium

Berdasarkan gambar 4.6, dapat dilihat bahwa laju produksi hidrogen pada proses elektrolisis air laut dipengaruhi oleh arus, tegangan listrik dan waktu. Grafik menunjukkan bahwa laju produksi hidrogen yang optimal dapat dicapai dengan meningkatnya arus listrik dan waktu proses elektrolisis. Pada awal proses elektrolisis, laju produksi hidrogen cenderung rendah karena reaksi elektrokimia membutuhkan waktu untuk mencapai tingkat reaksi yang optimal. Namun, seiring meningkatnya arus listrik yang dialirkan dan berjalannya waktu, laju produksi hidrogen mulai meningkat secara signifikan.

Pada menit ke-30, terlihat adanya fluktuasi dalam laju produksi hidrogen. Hal ini disebabkan oleh peningkatan arus listrik yang dialirkan seiring berjalannya waktu, serta kepadatan larutan elektrolit yang sedang bereaksi. Pada titik ini, laju

produksi hidrogen mencapai puncaknya sebelum kemudian menurun secara perlahan. Persamaan regresi dapat digunakan untuk mengkalkulasikan secara matematis hasil dari proses pembentukan hidrogen. Dengan menentukan nilai arus listrik yang akan dialirkan (X), kita dapat menggunakan persamaan regresi untuk memprediksi laju produksi hidrogen yang dihasilkan pada waktu tertentu.

Dalam penelitian ini, persamaan regresi dapat digunakan untuk memodelkan hubungan antara arus listrik, waktu, dan laju produksi hidrogen. Dengan memahami persamaan ini, kita dapat mengoptimalkan parameter operasional seperti arus listrik dan waktu untuk mencapai laju produksi hidrogen yang diinginkan dalam proses elektrolisis.



Gambar 4. 8 Laju Produksi Hidrogen pada flowrate

Sementara itu, dalam proses elektrolisis air laut dengan elektrode plat, laju produksi hidrogen mencapai puncaknya pada 10 cc/detik. Namun, kemudian terjadi penurunan yang tajam dan terus melandai. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi jenis elektrode dan arus yang dialirkan memiliki pengaruh signifikan terhadap jumlah gas hidrogen yang dihasilkan melalui proses elektrolisis air laut. Penelitian ini memberikan pemahaman bahwa pemilihan jenis elektrode dan pengaturan arus listrik sangat penting dalam mengoptimalkan laju produksi hidrogen dalam proses elektrolisis. Dalam kasus ini, plat elektrode memberikan hasil yang baik pada awalnya, namun ada kemungkinan bahwa ada faktor lain yang

menyebabkan penurunan tajam dalam produksi hidrogen setelah mencapai titik tertinggi.

Dalam penelitian ini, diperlukan analisis lebih lanjut untuk mengidentifikasi penyebab penurunan tajam dalam produksi hidrogen setelah mencapai puncaknya. Faktor-faktor seperti perubahan sifat elektrode, penumpukan produk samping, kondisi elektrolit, atau efek lainnya mungkin berkontribusi pada penurunan tersebut. Dengan pemahaman yang lebih mendalam tentang faktor-faktor ini, dapat dilakukan upaya perbaikan untuk meningkatkan kinerja dan kestabilan proses elektrolisis dalam menghasilkan gas hidrogen.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan analisis terhadap proses pembentukan hidrogen fuel dengan elektrolisis air menggunakan plat titanium, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- a. Penggunaan plat titanium sebagai elektrode dalam proses elektrolisis air mampu menghasilkan hidrogen fuel dengan efektivitas yang baik. Plat titanium memiliki konduktivitas yang tinggi dan ketahanan terhadap korosi, sehingga cocok digunakan dalam lingkungan elektrolisis.
- b. Laju produksi hidrogen dan efisiensi pembentukan hidrogen dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti arus dan tegangan listrik, konsentrasi elektrolit, dan kualitas plat titanium. Pengaturan optimal dari faktor-faktor ini dapat meningkatkan kinerja proses elektrolisis dengan metoda analisa regresi.
- c. Stabilitas proses elektrolisis dengan plat titanium perlu diperhatikan. Pemeliharaan yang baik terhadap elektrode plat titanium dan pemantauan secara berkala terhadap laju produksi hidrogen dapat memastikan kinerja yang konsisten dan optimal.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, beberapa saran untuk pengembangan dan perbaikan proses pembentukan hidrogen fuel dengan elektrolisis air menggunakan plat titanium adalah sebagai berikut:

- a. Melakukan penelitian lebih lanjut terkait pemilihan dan karakterisasi plat titanium yang optimal. Studi ini dapat melibatkan pemilihan komposisi material, perlakuan permukaan, dan metode pengolahan yang dapat meningkatkan efisiensi elektrolisis dan masa pakai elektrode.
- b. Meningkatkan pemahaman tentang interaksi antara faktor-faktor kritis seperti konsentrasi elektrolit, arus dan tegangan listrik, dan suhu terhadap

kinerja proses elektrolisis. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan untuk menentukan kondisi operasional yang paling efektif dalam menghasilkan hidrogen dengan efisiensi tinggi.

- c. Mengoptimalkan monitoring dan pemeliharaan terhadap elektrode plat titanium. Pemantauan secara berkala terhadap laju produksi hidrogen dan pemeriksaan terhadap kondisi elektrode dapat membantu dalam mengidentifikasi perubahan kinerja dan mengambil tindakan perbaikan yang tepat.
- d. Melakukan perbandingan kinerja proses elektrolisis dengan metode lain dalam pembentukan hidrogen fuel. Studi perbandingan ini dapat melibatkan elektrode dengan bahan lain atau metode elektrokatalisis yang berpotensi memberikan hasil yang lebih baik dalam hal efisiensi dan laju produksi hidrogen.

Dengan mengimplementasikan saran-saran ini, proses pembentukan hidrogen fuel dengan elektrolisis air menggunakan plat titanium dapat ditingkatkan dalam hal efisiensi energi, laju produksi hidrogen, dan stabilitas operasional. Hal ini akan berkontribusi pada pengembangan teknologi hidrogen fuel yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

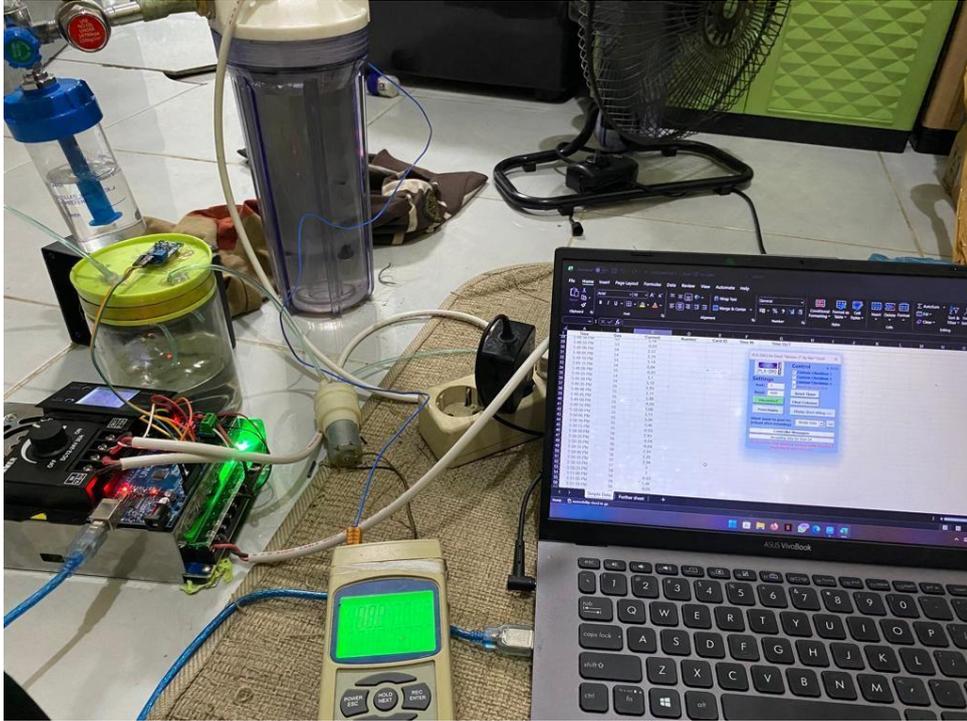
- Abdurahman, Rifat, Rahma Eliza, Agus Manggala, Aisyah Suci Ningsih, and Sahrul Effendy A. 2021. "PRODUKSI GAS HIDROGEN BERDASARKAN PENGARUH LUAS PENAMPANG TERHADAP KONSENTRASI LARUTAN ELEKTROLIT DAN SUPLAJ ARUS DENGAN METODE ELEKTROLISIS." *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi Indonesia* 1(11):447–51. doi: 10.52436/1.jpti.103.
- Ardhy, Sanny, Gunawarman, and Jon Affi. 2015. "Perilaku Korosi Titanium Dalam Larutan Modifikasi Saliva." *Mekanikal* 6(2):585–93.
- Baihaqi, Azhar, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Ekki Kurniawan, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, Wahmisari Priharti, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom, and Arduino Mega. 2022. "Penyetelan Arus Dan Tegangan Elektrolisis Dengan Pemantauan Daya Untuk Menghasilkan Air Konsumsi Rumah Tangga." 9(5):5–8.
- Bernt, Maximilian, and Hubert A. Gasteiger. 2016. "Influence of Ionomer Content in IrO₂/TiO₂ Electrodes on PEM Water Electrolyzer Performance ." *Journal of The Electrochemical Society* 163(11):F3179–89. doi: 10.1149/2.0231611jes.
- Brauns, Jörn, and Thomas Turek. 2020. "Alkaline Water Electrolysis Powered by Renewable Energy: A Review." *Processes* 8(2).
- Dawood, Furat, Martin Anda, and G. M. Shafiullah. 2020. "Hydrogen Production for Energy: An Overview." *International Journal of Hydrogen Energy* 45(7):3847–69. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.12.059>.
- Departemen, Mahasiswa, Teknik Mesin, Fakultas Teknik, and Universitas Sumatera. 2013. "Analisa Efisiensi Elektrolisis Air Dari." *Dinamis, Volume II* II(12):16–25.
- Handayani, Yanolanda Suzantry, and Irnanda Priyadi. 2018. "Analisis Pengaruh

- Variasi Tegangan Terhadap Oxyhydrogen (H₂O) Generator.” *Jurnal Listrik, Instrumentasi Dan Elektronika Terapan (JuLIET)* 2(2):2–7. doi: 10.22146/juliet.v2i2.69013.
- Irianto, Ignatius Djoko, Badan Tenaga, and Nuklir Nasional. 2015. “STUDI AWAL PROSES PRODUKSI HIDROGEN MENGGUNAKAN KONSEP.” (June 2009).
- Lestari, Ayu. 2016. “Pengaruh Variasi Jumlah Elektroda Dan Jenis Katalis Terhadap Produksi Gas Hidrogen Pada Elektrolisis Air Laut.” *Jurnal Pendidik Indonesia* 5(2):562–72.
- Miranda Ayu, Cut, and Afrida Juniar. 2018. “Kuat Arus Yang Dihasilkan Dari Fermentasi Ekstrak Belimbing Wuluh.” *Jurnal Phi: Jurnal Pendidikan Fisika Dan Fisika Terapan* 2018(1):18–21.
- Noh, Jin Seo, Jun Min Lee, and Wooyoung Lee. 2011. “Low-Dimensional Palladium Nanostructures for Fast and Reliable Hydrogen Gas Detection.” *Sensors* 11(1):825–51.
- Peacock, Shelley, Wendy Duggleby, and Priscilla Koop. 2014. “The Lived Experience of Family Caregivers Who Provided End-of-Life Care to Persons with Advanced Dementia.” *Palliative and Supportive Care* 12(2):117–26. doi: 10.1017/S1478951512001034.
- Shiva Kumar, S., and Hankwon Lim. 2022. “An Overview of Water Electrolysis Technologies for Green Hydrogen Production.” *Energy Reports* 8:13793–813. doi: <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.10.127>.
- Siregar, Yusraini Dian Inayati. 2010. “Produksi Gas Hidrogen Dari Limbah Alumunium.” *Jurnal Kimia VALENSI* 2(1):362–67. doi: 10.15408/jkv.v2i1.236.
- Sivakumar, S., M. Jagabar Sathik, P. S. Manoj, and G. Sundararajan. 2016. “An Assessment on Performance of DC-DC Converters for Renewable Energy Applications.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 58(December 2017):1475–85.

- Supiah, Isana. 2014. "Perilaku Sel Elektrolisis Air Dengan Elektroda Stainless Steel." *Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Pendidikan Kimia* 03(02):1–9.
- Yoga, I. Putu, Pramesia Pratama, Kadek Suar, I. Made Agus, and Dwi Suarjaya. 2022. "Perancangan PH Meter Dengan Sensor PH Air Berbasis Arduino." *Information Technology Study Program, Faculty of Engineering, Udayana University*ogy Study Program, Faculty of Engineering, Udayana University.
- Zuhair, and Suwoto. 2013. "Analisis Perhitungan Koefisien Reaktivitas Temperatur Bahan Bakar Dan Moderator Teras RGTT200K." Pp. 533–41 in *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Nuklir*.

LAMPIRAN

Proses Percobaan elektrolisis air dan Pengambilan data





SOURCE CODE PENGAMBILAN DATA

```
// Pin analog untuk sensor gas (MQ-8)
int gasSensorPin = A0;

// Pin analog untuk sensor arus (ACS712)
int currentSensorPin = A1;

// Sensitivitas ACS712 (mV per Ampere)
const float ACS712_SENSITIVITY = 100.0; // Assuming ACS712 20A version

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL,Time,Gas,Current");
  // Inisialisasi komunikasi serial dengan kecepatan 9600 bps
}

void loop() {
  // Membaca nilai sensor gas (MQ-8)
  int gasValue = analogRead(gasSensorPin);

  // Membaca nilai sensor arus (ACS712)
  int currentReading = analogRead(currentSensorPin);

  // Konversi nilai sensor arus menjadi nilai arus sesuai dengan sensitivitas ACS712
  float current = (currentReading - 512.0) / ACS712_SENSITIVITY;

  // Mengukur konsentrasi gas hidrogen dengan sensor MQ-8
  float gasConcentration = map(gasValue, 0, 1023, 0, 100); // Assuming the gas
  concentration is mapped to a range of 0-100%

  // Mengirim data ke Serial Monitor dengan format yang cocok untuk direkam
  Serial.print("DATA,TIME,");
  Serial.print(gasConcentration);
  Serial.print(",");
  Serial.println(current);
  delay(5000);
}
```

SERTIFIKAT KMI EXPO



Sertifikat

Nomor: 0022/UN63/SERTF-KMI/2022

DIBERIKAN KEPADA:

ANDIKA WAHYU

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA

SEBAGAI

PESERTA

**KEWIRAUSAHAAN MAHASISWA INDONESIA (KMI) EXPO XIII TAHUN 2022
DI UNIVERSITAS PEMBANGUNAN "VETERAN" JAWA TIMUR**

SURABAYA, 22 - 25 MEI 2022



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Andika Wahyu
Alamat : Dusun XIV Simpang Empat, Kecamatan Simpang Empat, Kabupaten Asahan Sumatera Utara
Jenis kelamin : Laki – laki
Umur : 22 Tahun
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Tempat, Tgl. Lahir : Simpang Empat, 14 November 2000
Tinggi/Berat Badan : 167 cm/50 Kg
Kewarganegaraan : Indonesia
No.Hp : 0822 7949 1068
Email : andikawahyu040519@gmail.com

ORANG TUA

Nama Ayah : Rudiansyah
Agama : Islam
Nama Ibu : Purnama Ningsih
Agama : Islam
Alamat : Dusun XIV Simpang Empat, Kec Simpang Empat Kab Asahan Sumatera Utara

LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2007-2013 : SDN 014641 Simpang Empat
2013-2016 : SMP Negeri 1 Simpang Empat
2016-2019 : SMK 1 Swasta Yapim Simpang Kawat
2019-2023 : Tercatat Sebagai Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)

PENGALAMAN ORGANISASI

2020-2021 : Sekretaris Bidang Sosial Pemberdayaan Masyarakat PK IMM FATEK UMSU
2021-2022 : Ketua Bidang Riset Pengembangan Keilmuan PK IMM FATEK UMSU