

TUGAS AKHIR

Rancang Bangun Sistem Monitoring Produksi Gas HHO Melalui Elektrolisis Air Menggunakan Plat Titanium Dan *Stainless Steel* Berbasis Arduino

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

Disusun Oleh:

ACHMAD TRIMULYA HIMAWAN
1907220090



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

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

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Nama : Achmad Trimulya Himawan
NPM : 1907220090
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Skripsi : Rancang Bangun Sistem Monitoring Produksi Gas HHO Melalui Elektrolisis Air Menggunakan Plat Titanium Dan Stainless Steel Berbasis Arduino
Bidang Ilmu : Energi Baru Terbarukan

Telah berhasil dipertahankan dihadapan 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

Mengetahu dan Menyetujui

Dosen Pembimbing



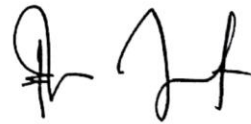
Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T.

Dosen Penguji I



Rimbawati, S.T., M.T.

Dosen Penguji II



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



Studi Teknik Elektro

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

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : Achmad Trimulya Himawan
Tempat/Tanggal Lahir : Medan, 05 Mei 2001
Npm : 1907220090
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Elektro

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

“Rancang Bangun Sistem Monitoring Produksi Gas HHO Melalui Elektrolisis Air Menggunakan Plat Titanium Dan Stainless Steel Berbasis Arduino.”

Bukan Merupakan Plagiarisme, Pencurian hasil karya orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material maupun non material, ataupun segala kemungkinan lain, yang hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara Orisinil dan Ontentik.

Bila Kemudian Hari diduga kuat ada ketidak sesuaian antara Fakta dan 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 perbuat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan atau paksaan dari pihak manapun demi meneggakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 2 Oktober 2023

Saya yang menyatakan,



Achmad Trimulya Himawan

ABSTRAK

Banyak negara masih mengandalkan minyak bumi sebagai sumber energi untuk memenuhi kebutuhan dasar mereka. Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan dan memajukan sumber-sumber energi terbarukan. Termasuk energi gas Hidrogen melalui elektrolisis air untuk mengatasi masalah dari penggunaan energi fosil atau minyak bumi. Akan tetapi, untuk energi gas Hidrogen ini masih dalam tahap pengembangan. Metode penelitian yang dilakukan merupakan metode eksperimen. Tujuan dari penelitian ini membuat alat produksi gas hidrogen menggunakan plat titanium dan stainless steel dengan bantuan listrik menggunakan power supply pada tegangan yang diatur sebesar 12 V dan 15 V serta memonitoring yang didapat dari sensor arus (ACS712) dan gas (MQ – 8), setelah itu hasil pengukuran diproses oleh arduino kemudian ditampilkan pada layar laptop untuk melihat hasil data logger melalui Microsoft Excel, sampai proses elektrolisis air menghasilkan gas HHO. Hasil penelitian menunjukkan bahwa saat menggunakan plat titanium dengan tegangan 12 Volt, menghasilkan gas HHO sebanyak 68 PPM, untuk arus sebesar 3,3 Ampere, dan suhu mencapai 42 °C. Pada tegangan 15 Volt, produksi gas HHO meningkat menjadi 78 PPM, arus mencapai 3,86 Ampere, dan suhu berkisar 49,6 °C. Sementara itu, penggunaan plat stainless steel pada tegangan 12 Volt dan 15 Volt menghasilkan gas HHO sebanyak 45 PPM, namun arus yang dihasilkan hanya sekitar 1,42 dan 0,67 Ampere, dengan suhu mencapai 49 dan 68,5 °C. Perbedaan yang signifikan antara kedua jenis plat ini terjadi karena nilai konduktivitas dan resistivitas yang sangat berbeda, meskipun keduanya memiliki ketahanan terhadap korosi.

Kata kunci: Gas HHO, Elektrolisis air, Plat titanium dan *stainless steel*, Arduino

ABSTRACT

Many countries still rely on petroleum as an energy source to meet their basic needs. Therefore, it is important to develop and advance renewable energy sources. Including Hydrogen gas energy through water electrolysis to overcome problems from the use of fossil energy or petroleum. However, for Hydrogen gas energy is still in the development stage. The research method carried out is an experimental method. The purpose of this research is to make hydrogen gas production equipment using titanium and stainless steel plates with the help of electricity using a power supply at a regulated voltage of 12 V and 15 V and monitoring obtained from current sensors (ACS712) and gas (MQ - 8), after that the measurement results are processed by Arduino then displayed on the laptop screen to see the results of the data logger through Microsoft Excel, until the electrolysis process of water produces HHO gas. The results showed that when using a titanium plate with a voltage of 12 Volts, it produced HHO gas as much as 68 PPM, for a current of 3.3 Amperes, and temperatures reaching 42 °C. At a voltage of 15 Volts, HHO gas production increases to 78 PPM, the current reaches 3.86 Amperes, and the temperature ranges from 49.6 °C. Meanwhile, the use of stainless steel plates at voltages of 12 Volt and 15 Volt produces HHO gas as much as 45 PPM, but the current produced is only around 1.42 and 0.67 Amperes, with temperatures reaching 49 and 68.5 °C. The significant difference between these two types of plates occurs due to very different values of conductivity and resistivity, although both have corrosion resistance.

Keywords: HHO gas, Water electrolysis, Titanium and stainless steel plate, Arduino

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang. Segala puji dan syukur kami panjatkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan karunia dan berkah-Nya yang tidak terhingga. Salah satu dari berkah tersebut adalah keberhasilan kami dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul " Rancang Bangun Sistem Monitoring Produksi Gas HHO Melalui Elektrolisis Air Menggunakan Plat Titanium Dan Stainless Steel Berbasis Arduino," sebagai salah satu persyaratan untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak yang telah memberikan kontribusi berharga dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, dan oleh karena itu, penulis ingin mengungkapkan rasa terima kasih yang tulus dan mendalam kepada:

1. Ayahanda Sunardi dan Ibunda Kamizar serta seluruh keluarga yang telah memberikan ucapan motivasi dan moril serta nasehat dan doanya untuk penulis demi selesainya tugas akhir ini.
2. Bapak Dr. Agussani, M. A. P, selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Bapak Dr. Ade Faisal, M.sc, P.hd, selaku Wakil Dekan I Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.
5. Bapak Affandi , S.T., M.T., selaku Wakil Dekan III Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Bapak Faisal Irsan Pasaribu, S.T., M.T., selaku Pembimbing sekaligus Ketua Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, dalam tugas akhir ini yang telah memberikan bimbingannya, masukan dan bantuan sehingga tugas sarjana ini dapat diselesaikan.

7. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kepada penulis.
8. Bapak/Ibu staff Seluruh Civitas Laboratorium Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Bapak atau Ibu Staf Administrasi Biro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
10. 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.

Laporan Tugas Akhir ini belum mencapai tingkat kesempurnaan yang diharapkan. Oleh karena itu, penulis dengan rendah hati menerima kritik dan masukan yang bersifat konstruktif untuk terus meningkatkan pemahaman di masa yang akan datang. Semoga laporan Tugas Akhir ini memiliki dampak positif dalam bidang energi baru terbarukan.

Medan, September 2023

Achmad Trimulya Himawan

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Ruang lingkup.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka Relevan.....	5
2.2 Hidrogen	7
2.3 Elektrolisis Air	11
2.4 Titanium.....	14
2.4.1 Titanium Commercial Purity (CP).....	15
2.4.2 Titanium aluminida (TiAl).....	16
2.4.3 Titanium karbida (TiC).....	16
2.5 <i>Stainless Steel</i>	17
2.5.1 <i>stainless steel 304</i>	18
2.5.2 <i>Stainless steel tipe 201</i>	19
2.6 Arduino.....	20
2.7 Catu Daya (<i>Power Supply</i>).....	21
2.8 Sensor Gas	22
2.8.1 Sensor Gas MQ – 8.....	22
2.7.2 Sensor Gas MQ – 2.....	24
2.7.3 Sensor Gas MQ – 4.....	25
2.8 Converter DC	26
2.9 Sensor Arus.....	27
BAB III METODE PENELITIAN	29

3.1 Waktu dan Tempat	29
3.1.1 Waktu Penelitian.....	29
3.1.2 Tabel Jadwal Penelitian	29
3.1.3 Tempat Penelitian	30
3.2 Rancang Alur Diagram Proses Alat Kerja Keseluruhan	30
3.3 Desain Sistem.....	30
3.3.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	30
3.3.2 Skema Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	37
3.3.3 Skema Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	37
3.4 Prosedur Penelitian.....	40
3.5 Diagram Alir Penelitian.....	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	Error! Bookmark not defined.
4.1 Hasil Penelitian	Error! Bookmark not defined.
4.3 Sistem Monitoring.....	Error! Bookmark not defined.
4.4 Analisa Data Gas HHO Dengan Menggunakan Plat Titanium dan <i>Stainless Steel</i>	Error! Bookmark not defined.
4.4.1 Pengambilan data suhu pada proses elektrolisis air menggunakan thermometer dengan plat Titanium dan <i>Stainless Steel</i>	Error! Bookmark not defined.
4.4.2 Pengambilan data arus pada proses elektrolisis air menggunakan sensor arus (ACS712) plat Titanium dan <i>Stainless Steel</i>	Error! Bookmark not defined.
4.4.3 Pengambilan data gas HHO pada proses elektrolisis air menggunakan sensor gas (MQ – 8) dengan plat Titanium dan <i>Stainless Steel</i>	Error! Bookmark not defined.
BAB V PENUTUP.....	51
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gambar siklus hidrogen:.....	8
Gambar 2. 2 Elektrolisis Air.....	13
Gambar 2. 3 Plat Titanium	14
Gambar 2. 4 Titanium Komersil	16
Gambar 2. 5 Titanium alumida.....	16
Gambar 2. 6 Titanium Karbida.....	17
Gambar 2. 7 Steinless Steel tipe 304.....	18
Gambar 2. 8 Steinless Steel tipe 201.....	19
Gambar 2. 9 Arduino Uno	20
Gambar 2.10 Power Supply.....	22
Gambar 2.11 Struktur dan Sensor MQ – 8	23
Gambar 2.12 Karakteristik Sensitivitas MQ – 8.....	23
Gambar 2. 13 Modul Sensor MQ – 2.....	25
Gambar 2. 14 Sensor MQ – 4	26
Gambar 2.15 Converter DC.....	27
Gambar 2.16 ACS712	27
Gambar 2.17 Diagram pin ACS712	28
Gambar 3.1 Elektroda Plat Titanium dan Stainless steel.....	31
Gambar 3. 2 Tabung Reaktor.....	32
Gambar 3. 3 Power Supply.....	32
Gambar 3. 4 Converter Variable DC.....	33
Gambar 3. 5 Laptop	33
Gambar 3. 6 Arduino Uno	34
Gambar 3. 7 Arus ACS712.....	34
Gambar 3. 8 Thermometer	35
Gambar 3. 9 Sensor Gas MQ – 8	35
Gambar 3. 10 Tabung Ukur Flow Rate	36
Gambar 3. 11 Multimeter digital	36
Gambar 3. 12 Rangkaian Elektrolisis air.....	37
Gambar 3. 13 Flowchart pembacaan sensor arus.....	38

Gambar 3. 14 Flowchart pembacaan sensor gas	39
Gambar 3. 15 Diagram alir penelitian	41
Gambar 4. 1 Plat titanium dan stainless steel di dalam tabung reaktor	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2 Alat percobaan keseluruhan.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3 rangkaian arduino.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4 Program menggunakan aplikasi arduino	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 5 Tampilan hasil data gas dan arus melalui Microsoft Excel ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 6 Tampilan hasil data suhu melalui thermometer	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 7 Grafik hasil data suhu pada proses elektrolisis air menggunakan thermometer dengan plat titanium dan stainless steel pada tegangan 12 V.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 8 Grafik hasil data suhu pada proses elektrolisis air menggunakan thermometer dengan plat titanium dan stainless steel pada tegangan 15 V.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 9 Grafik hasil data arus pada proses elektrolisis air menggunakan sensor arus (ACS712) dengan plat titanium dan stainless steel pada tegangan 12 V ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 10 Grafik hasil data arus pada proses elektrolisis air menggunakan sensor arus (ACS712) dengan plat titanium dan stainless steel pada tegangan 15 V ..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 11 Grafik hasil data gas pada proses elektrolisis air menggunakan sensor gas (MQ – 8) dengan plat titanium dan stainless steel pada tegangan 12 V...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 12 Grafik hasil data gas pada proses elektrolisis air menggunakan sensor gas (MQ – 8) dengan plat titanium dan stainless steel pada tegangan 15 V...	Error! Bookmark not defined.

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Dasar Hidrogen	10
Tabel 2. 2 besar nilai resistivitas dan konduktivitas pada suhu 20°C	14
Tabel 2. 3 Besar nilai resistivitas dan konduktivitas pada suhu 20°C.....	17
Tabel 2. 4 Spesifikasi Arduino Uno.....	21
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian.....	29
Tabel 4. 1 Hasil pengambilan data suhu pada proses elektrolisis air menggunakan thermometer dengan plat titanium dan stainless steel pada tegangan 12 V.....	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4. 2 Hasil pengambilan data suhu pada proses elektrolisis air menggunakan thermometer dengan plat titanium dan stainless steel pada tegangan 15 V.....	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4. 3 Hasil pengambilan data arus pada proses elektrolisis air menggunakan sensor arus (ACS712) dengan plat titanium dan stainless steel pada tegangan 12 V.....	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4. 4 Hasil pengambilan data arus pada proses elektrolisis air menggunakan sensor arus (ACS712) dengan plat titanium dan stainless steel pada tegangan 15 V.....	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4. 5 Hasil pengambilan data gas Hidrogen pada proses elektrolisis air menggunakan sensor gas (MQ – 8) dengan plat titanium dan stainless steel pada tegangan 12 V ...	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4. 6 Hasil pengambilan data gas Hidrogen pada proses elektrolisis air menggunakan sensor gas (MQ – 8) dengan plat titanium dan stainless steel pada tegangan 15 V ...	Error!
Bookmark not defined.	

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan komponen yang diperlukan untuk bertahan hidup. Pada umumnya banyak negara masih bergantung pada minyak bumi sebagai sumber energi. Minyak bumi adalah sumber energi tidak dapat diperbaharui, sehingga pada suatu saat akan habis karena telah digunakan selama bertahun-tahun. Selain dari itu, minyak bumi menghasilkan gas pencemar yang dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan manusia. Oleh karena itu para ilmuwan melakukan penelitian untuk mengeksplorasi berbagai bahan yang tersedia di alam sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi terbarukan. Salah satu sumber energi terbarukan yang saat ini sedang dikembangkan adalah gas hidrogen. Namun, gas hidrogen sangat langka di Bumi. Karena sifat massanya ringan sehingga menyebabkan gas hidrogen lepas dari gravitasi bumi, dan dalam banyak hal hidrogen merupakan bahan bakar ideal.

Secara kimiawi hidrogen merupakan unsur kimia yang pada tabel periodik dilambangkan simbol H dan nomor atom 1 yang berasal dari bahasa latin Hidrogenium. Pada suhu dan tekanan normal, sifat hidrogen merupakan gas diatomik yang tidak berwarna, tidak berbau, bukan logam, monovalen dan sangat mudah terbakar. Hidrogen dapat menghasilkan listrik dan meskipun sebaliknya, menciptakan siklus energi terbarukan dan ramah lingkungan (Simanjuntak, 2020). Penggunaan hidrogen bisa digunakan sebagai bahan bakar kendaraan dengan dua cara: menghasilkan listrik dalam sel bahan bakar untuk mencapai alternatif terbersih atau dalam mesin pembakaran internal, yang emisinya jauh lebih rendah dibandingkan bahan bakar lainnya.

Maka dari itu terpikirkan buat menciptakan rancang bangun sistem monitoring produksi gas hidrogen menggunakan plat titanium dan *stainleel stell* melalui elektrolisis air. Prinsip kerja dari penelitian ini yaitu membuat suatu alat yang dapat memproduksi gas HHO melalui metode elektrolisis air, yang dimana alat ini memonitoring hasil sensor suhu dan gas hidrogen yang didapatkan dari plat

titanium dan *stainless steel* dengan tegangan 12 dan 15 Volt, dengan waktu 30 menit sehingga kita dapat mengetahui besar yang diproduksi dari kedua plat tersebut. Sedangkan untuk sistem monitoring menggunakan sensor arus ACS712 dan gas MQ-8 dengan diprogram berbasis arduino.

Penelitian yang berkaitan dengan sistem monitoring pengontrolan gas melalui elektrolisis air diantaranya: Penelitian (Banjarnahor, 2020) yang berjudul “Alat Ukur dan Monitoring Konsentrasi Gas Hidrogen Menggunakan Sensor MQ-8”, hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran dan monitoring gas hidrogen akan ditampilkan di PC (Personal Computer). Berdasarkan hasil pengukuran, sensor mendeteksi konsentrasi gas hidrogen berupa tegangan keluaran sensor, saat level maksimal 200 ppm, LED menyala terang, dan saat mencapai batas minimal 160 ppm, LED menyala. Mematikan. Selanjutnya penelitian dari (Suryanto et al., 2021) berjudul “Sistem Pemantauan Gas H₂ Dengan Metode Elektrolisis”, dalam penelitian ini cara kerjanya yaitu gas hidrogen dapat dihasilkan dengan cara hidrolisis menggunakan TGS 821 dan DAC serta dihubungkan dengan perangkat komputer, arus yang digunakan pada proses penelitian ini adalah 8V, 9V, 10V, 11V dan 12V. Untuk hasil yang didapatkan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah hidrogen yang dihasilkan meningkat sebanding dengan peningkatan arus yang diberikan, dan maksimum pada arus 12 Volt. Jumlah maksimum hidrogen adalah 998,20 ppm dan terendah adalah 131,60 ppm. Dikarenakan kemudahan memperoleh bahan baku, metode elektrolisis merupakan metode yang paling ideal untuk memproduksi gas hidrogen. Dalam elektrolisis, memanfaatkan arus listrik untuk memisahkan air (H₂O) menjadi H₂ (g) dan O₂ (g).

Berdasarkan penjelasan di atas, maka peneliti mengambil judul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Produksi Gas HHO Melalui Elektrolisis Air Menggunakan Plat Titanium Dan *Stainless Steel* Berbasis Arduino”.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini terdapat beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara merancang sistem elektrolisis air untuk produksi gas HHO menggunakan plat titanium dan stainless steel ?
2. Bagaimana mengaplikasikan sistem pemograman arduino untuk memonitoring suhu dan gas HHO?
3. Seberapa besar arus, gas HHO dan suhu yang dihasilkan oleh elektrolisis air menggunakan plat titanium dan *stainless steel* dengan menggunakan tegangan 12 dan 15 volt dengan waktu 30 menit ?

1.3 Ruang lingkup

Adapun ruang lingkup pada tugas akhir ini yaitu:

1. Fokus tugas akhir ini membahas tentang besar suhu dan gas yang dihasilkan oleh produksi gas HHO melalui metode elektrolisis air menggunakan plat titanium dan *stainless steel* dengan menggunakan tegangan 12 dan 15 volt dengan waktu 30 menit
2. Menggunakan Arduino sebagai fungsi pengolah data monitoring pada proses elektrolisis air.
3. Menggunakan sensor arus dan gas untuk memonitoring.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian dari tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Merancang dan membuat alat produksi gas HHO menggunakan plat titanium dan stainless steel berbasis arduino.
2. Menganalisis sistem pemograman berbasis arduino untuk mengukur parameter seperti gas HHO dan arus serta menyimpan data secara real time selama proses terjadinya elektrolisis air.

3. Memonitoring dan menganalisis hasil yang didapat dari pembacaan arus, gas HHO dan suhu oleh elektrolisis air dengan menggunakan tegangan 12 dan 15 volt dengan waktu 30 menit.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian dari tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Untuk memahami pada perancangan alat produksi gas HHO menggunakan plat titanium dan *stainless steel* berbasis arduino.
2. Untuk mengetahui sistem pemograman berbasis arduino untuk memonitoring proses terjadinya produksi gas melalui elktrolisis air.
3. untuk memonitoring konsentrasi arus, gas HHO dan suhu dari plat titanium dan stainless steel pada proses Elektrolisis air dengan menggunakan tegangan 12 dan 15 volt dengan waktu 30 menit.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka Relevan

Sudah banyak melakukan penelitian tentang rancang bangun pengontrolan gas berbasis mikrokontroler, yaitu pada penelitian (Simanjuntak, 2020) berjudul “Alat Ukur Kosentrasi Gas Hidrogen Pada Air Dengan Menggunakan Sensor MQ-8 Berbasis Arduino Dengan Tampilan Android”. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur konsentrasi gas hidrogen (H_2) dalam air dengan menggunakan alat deteksi yang didasarkan pada mikrokontroler Arduino dan sensor MQ-8 yang diaktifkan oleh pasokan listrik 5 volt. Dengan alat pengukur gas hidrogen ini, informasi tentang adanya gas hidrogen dalam air dapat diperoleh. Cara kerja alat ini adalah dengan membaca pin analog pada sensor MQ-8 dan menampilkan hasilnya pada layar LCD dan perangkat Android. Selanjutnya penelitian (Wahyono et al., 2017) yang berjudul “Produksi gas Hydrogen Menggunakan Metode Elektrolisis Dari Elektrolit Air dan Air Laut Dengan Penambahan Katalis NaOH”. Tujuan penelitian ini adalah menghasilkan gas hidrogen melalui elektrolisis sebagai sumber energi terbarukan. Penelitian ini bermaksud untuk mengukur konsentrasi dan kemurnian gas H_2 yang dihasilkan dari elektrolisis, menggunakan sensor MQ 8 dan gas analyzer. Dalam penelitian ini, hasil menunjukkan bahwa elektrolisis aqua DM + NaCl + NaOH dengan tegangan 12 volt 4500 ppm menghasilkan konsentrasi tertinggi dalam produksi gas H_2 . Selain itu, produksi gas H_2 melalui elektrolisis aqua DM, aqua DM + NaCl, dan aqua DM + NaOH tidak mengandung gas pencemar seperti CO, CO_2 , HC, NO.

Kemudian penelitian (Cahyadi & Kuswanto, 2021) yang berjudul “Sistem Monitoring Produksi Gas Hidrogen Dengan Elektrolisis Air Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Android”. Pada penelitian ini menggunakan logika fuzzy Untuk menstabilkan gas hidrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis air selama satu jam, digunakannya Logika Fuzzy sebagai kontrol tegangan pada buck converter. Selanjutnya, hasil produksi gas hidrogen, besarnya tegangan yang digunakan, dan suhu air akan ditampilkan melalui aplikasi android menggunakan Bylnk. Pengujian

dilakukan pada tiga jenis air yang berbeda: air sumur, air mineral, dan air PDAM. Hasilnya menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode logika Fuzzy, produksi gas hidrogen mencapai 220 ppm selama satu jam dan stabil pada angka tersebut, dengan penurunan tegangan sebesar 11 volt. Sementara itu, tanpa menggunakan metode tersebut, produksi gas hidrogen mencapai 357 ppm tanpa penurunan tegangan. Namun berdasarkan jurnal “Rancang Bangun Sistem Pengendalian Laju Produksi Brown’s Gas Berbasis Mikrokontroler ATMEGA8535”. Dalam penelitian ini, mikrokontroler ATmega8535 digunakan sebagai pengontrol dan potensiometer 10K digunakan untuk mengatur set point yang telah diprogram pada mikrokontroler dengan menghubungkannya dengan putaran gas/kecepatan sepeda motor. Respon kontrol terhadap beberapa set point, yaitu 0,2 liter/menit; 0,35 liter/menit; 0,45 liter/menit; 0,55 liter/menit; 0,7 liter/menit, telah diuji dan diperoleh waktu stabil masing-masing sebesar 100s, 280s, 300s, 260s, 300s dan kesalahan keadaan mantap (error steady state) masing-masing set point sebesar 5%, 2,8%, 3,3%, 2,3%, 4,8% (Siti Sofiya & Ya’umar, 2018).

Selanjutnya jurnal (Marlina et al., 2013) berjudul “Produksi Brown’s Gas Hasil Elektrolisis H₂O Dengan Katalis NaHCO₃”. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dampak persentase NaHCO₃ terhadap performa produksi HHO melalui elektrolisis. Performa produksi HHO yang diamati meliputi konsumsi daya listrik, laju produksi, dan efisiensi elektrolisis. Elektrolisis adalah proses dekomposisi molekul air menjadi molekul HHO menggunakan arus listrik dalam larutan elektrolit. Pada penelitian ini, NaHCO₃ dilarutkan dalam air untuk meningkatkan laju elektrolisis. Persentase NaHCO₃ divariasikan dari 2,5% hingga 15%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsumsi daya listrik dan laju produksi HHO meningkat dengan peningkatan persentase NaHCO₃ dan mencapai nilai maksimum pada persentase 12,5% NaHCO₃. Namun, efisiensi elektrolisis mencapai nilai maksimum pada persentase 10% NaHCO₃.

Kemudian penelitian (Efendi, 2022) yang berjudul “Rancang Bangun Monitoring Elektrolisis Air Berbasis Arduino Uno Dan Kontrol Tegangan Buck Converter”. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem

pemantauan elektrolisis air untuk akuisisi data otomatis berbasis Arduino Uno, dan untuk menyelidiki pengaruh kontrol tegangan Buck Converter terhadap produksi gas hidrogen. Sistem pemantauan terdiri dari empat sensor: sensor gas MQ-8, sensor tegangan 25VDC, sensor arus ACS712, dan sensor suhu DS18B20. Data dicatat menggunakan Microsoft Excel dengan fitur VBA (Visual Basic for Application). Sensor MQ-8 dikalibrasi dengan skala pembacaan 200-1000 ppm (part per million) dengan nilai RMSE sebesar 0,0288. Hasil validasi menunjukkan bahwa sensor tegangan 25VDC memiliki akurasi 99,81% dengan skala pembacaan 5-12 volt, sensor arus ACS712 memiliki akurasi 95,21% dengan skala pembacaan 0-2,5 ampere, dan sensor suhu DS18B20 memiliki akurasi 99,68% dengan skala pembacaan 25°-51°C. Tingkat akurasi dari sistem pemantauan elektrolisis yang dikembangkan umumnya sesuai dengan standar penelitian ilmiah. Selain itu, hasil elektrolisis air menunjukkan bahwa penggunaan 12 volt menghasilkan konsentrasi gas hidrogen tertinggi sebesar 847 ppm, dengan proses elektrolisis berlangsung selama 6 jam 7 menit tanpa arus yang mengalir. Sementara itu, pada 9 volt, konsentrasi sebesar 510 ppm dihasilkan selama 6 jam 40 menit, dan pada 6 volt, konsentrasi sebesar 214 ppm dihasilkan selama 10 jam 8 menit.

Berdasarkan penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis terdapat perbedaan pada pembuatan dalam elektrolisis air, perbedaannya yaitu menggunakan dua plat seperti plat titanium dan *stainless steel* serta memonitoring hasil dari kedua plat tersebut dengan mencari data perbedaan antara kedua plat tersebut. data yang dihasilkan berupa gas HHO selama proses berlangsung, arus yang dicapai dan besar suhu yang didapat.

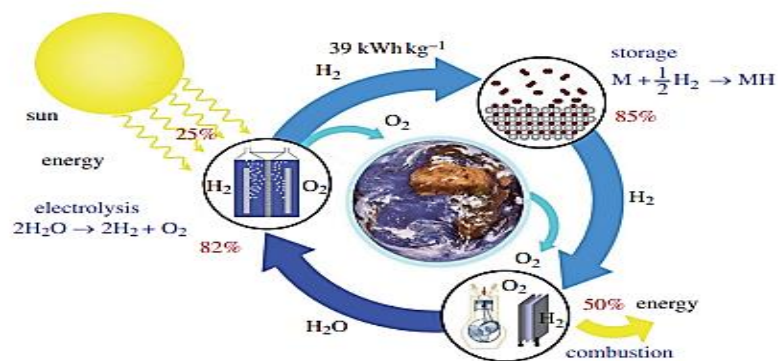
2.2 Hidrogen

Hidrogen berasal dari Yunani yaitu *hydro* sedangkan untuk bahasa latinnya adalah *hydrogenium* merupakan suatu unsur kimia pada tabel periodik dengan lambang H dan nomor atom 1. Hidrogen adalah unsur utama yang ditemukan dalam air dan semua bahan organik di bumi serta di alam semesta. Hidrogen suatu gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Yang merupakan unsur paling ringan dan bentuk paling sederhana dari molekul H₂. Sebuah atom Hidrogen (H) memiliki inti,

memiliki satu muatan positif dan satu muatan negatif, serta memiliki nomor atom 1 dan massa atom sebesar $1,008 \text{ g/mol}$ (Banjarnahor, 2020).

Siklus hidrogen mirip dengan siklus karbon alami, tetapi tidak mengandung karbon. Kelebihannya adalah tidak membutuhkan organisme hidup untuk produksi hidrogen, namun merupakan gas pada suhu ruangan. Energi terbarukan digunakan untuk melakukan elektrolisis air untuk memproduksi hidrogen. Hidrogen menempati volume besar ($11 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$) sebagai gas untuk disimpan. Tantangannya adalah memperkecil volumenya agar sesuai dengan lingkungan. Akhirnya, hidrogen bereaksi dengan oksigen untuk menghasilkan air dan melepaskan energi yang tersimpan dalam mesin bakar internal atau sel bahan bakar.

Produksi hidrogen memerlukan sumber energi berkelanjutan seperti matahari atau geotermal. Tingkat intensitas sinar matahari pada puncak atmosfer adalah 1369 W/m^2 . Separuhnya sampai ke permukaan Bumi, dan separuh lainnya terjadi di malam hari. Dengan asumsi efisiensi konversi sebesar 10% (seperti pada sel fotovoltaik), daerah permukaan seluas 500.000 km^2 atau 80 m^2 per orang (240 m^2 per orang untuk Eropa) dibutuhkan untuk memenuhi permintaan energi dunia saat ini (Züttel et al., 2010).

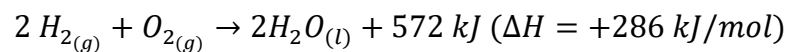


Gambar 2. 1 Gambar siklus hidrogen:

Dari gambar diatas menjelaskan tentang siklus hidrogen yang dari energi matahari dikonversikan menjadi listrik dengan menggunakan sel fotovoltaik. Listrik digunakan untuk memisahkan air menjadi hidrogen dan oksigen. Hidrogen disimpan, dikirim dan didistribusikan, sementara oksigen dilepaskan ke atmosfer. Akhirnya, hidrogen dan oksigen digabungkan dan dibakar, menghasilkan pekerjaan

dan panas dan melepaskan air atau uap ke atmosfer, sehingga membuat siklus hidrogen tertutup (Züttel et al., 2010).

Sifat gas hidrogen adalah gas yang tidak berwarna, tidak berbau dan sangat mudah terbakar, gas ini terbakar di udara terbuka dengan konsentrasi 4%. Hidrogen melepaskan energi secara eksplosif ketika bereaksi dengan oksigen dalam mesin pembakaran internal. Untuk kandungan energi dalam hidrogen perberat sebesar 140,4 MJ/kg atau sekitar 39,42 kWh/kg, ini hampir tiga kali lipat dari bahan bakar bensin yang hanya 48,6 MJ/kg (Efendi, 2022). Energi yang terkandung pada pembakaran gas hidrogen adalah 286 kJ/mol dengan reaksi endoterm. Berikut persamaan kimia pada hidrogen terbakar:



Ketika dicampur dengan oksigen dalam berbagai perbandingan, hidrogen akan meledak ketika dinyalakan dengan api dan akan meledak dengan sendirinya pada suhu 560 °C. Dalam pembakaran hidrogen – oksigen murni menghasilkan oksigen murni menghasilkan api yang memancarkan gelombang ultraviolet dan hampir tidak terlihat oleh mata telanjang. Oleh karena itu, ketika terjadi kebocoran gas hidrogen sangat sulit dideteksi secara visual. Api hidrogen memiliki ciri lain dimana nyala api cepat padam ketika bersentuhan dengan udara, sehingga kerugian akibat ledakan hidrogen lebih sedikit dibandingkan dengan ledakan hidrokarbon.

Dalam keadaan normal, Hidrogen biasanya adalah molekul dua atom. Ada dua jenis isotop hidrogen: hidrogen biasa dan hidrogen berat, yang disebut deuterium. Sedangkan hidrogen super berat, seperti tritium, memiliki radioaktivitas dan sehingga tidak ditemukan alami. Dibandingkan dengan bahan bakar fosil lain, kalori yang dipancarkan hidrogen tinggi secara gravimetric, tetapi rendah secara volumetric. Sifat fisik ini memprediksi beberapa kendala terkait penyimpanan dan transportasi hidrogen (Töpler & Lehmann, 2016).

Tabel 2. 1 Sifat Dasar Hidrogen

Properti	Nilai	Satuan
Kepadatan (gas)	0.899	kg/Nm ³
Kepadatan (cair)	70.79	kg/m ³
Suhu leleh	14,1	K
Suhu didih	21,15	K
Nilai pemanasan lebih rendah	3.00	kWh/Nm ³ (volumetrik)
	33.3	kWh/kg (gravimetri)
	2.79 (cair)	kWh/l
Nilai kalor kotor	3.5	kWh/Nm ³

Gas hidrogen termasuk energi terbarukan yang tidak menimbulkan emisi dan merupakan unsur yang paling umum, sehingga dapat menjadi solusi bahan bakar fosil sebagai bahan bakar utama (Cahyadi & Kuswanto, 2021). Hidrogen membentuk 11,2% dari jumlah air, sehingga mudah didapatkan hampir dimana saja di permukaan bumi. Berdasarkan kemudahan mendapatkan bahan baku, salah satu metode untuk memproduksi hidrogen adalah melalui elektrolisis air, dengan menggunakan energi listrik untuk memisahkan air menjadi hidrogen dan oksigen. Elektrolisis adalah proses memecah senyawa dengan arus listrik melalui larutan elektrolit yang dapat menghantarkan listrik karena mengandung ion yang bebas bergerak. Arus listrik memisahkan muatan antara dua elektroda dan membentuk hidrogen di katoda dan oksigen di anoda. Variasi tegangan, sifat logam elektroda, dan sifat larutan elektrolit mempengaruhi hasil elektrolisis (Priambodo, 2022).

Namun, dalam konteks pengembangan melalui elektrolisis air, gas hidrogen dapat dibedakan menjadi gas hidrogen murni dan gas HHO, yang memiliki perbedaan dalam komposisi, sifat, dan penggunaan sebagai berikut:

1. Komposisi: Gas HHO terdiri dari dua atom hidrogen (H) dan satu atom oksigen (O) sehingga rumur kimianya adalah H₂O, ini adalah gas yang sama dengan uap air (*steam*) sedangkan gas hidrogen murni (juga dikenal sebagai H₂ terdiri dari dua atom hidrogen tanpa campuran oksigen atau unsur lain.

2. Sifat: Gas HHO merupakan gas bentuk air, ini terbentuk ketika air dipanaskan hingga mencapai titik didihnya dan menguap. Namun untuk gas hidrogen murni adalah gas yang sangat mudah terbakar.
3. Penggunaan: Untuk penggunaan Gas HHO kurang digunakan dalam aplikasi industri, tetapi telah menjadi subjek penelitian dan pengembangan dalam konteks sistem bahan bakar alternatif. Sedangkan gas hidrogen murni digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi industri, seperti pemrosesan logam, produksi amonia, pembangkit listrik tenaga tenaga hidrogen dan mobil bertenaga sel bahan bakar (MEYWAN, 2014).

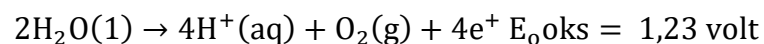
2.3 Elektrolisis Air

Elektrolisis Air merupakan suatu proses pemisahan air (H₂O) menjadi gas hidrogen (H₂) dan oksigen (O₂) melalui cara penerapan arus listrik (Wahyono et al., 2017). Metode elektrolisis air ketika meletakkan dua elektroda ke dalam air dan dialiri arus searah antara kedua elektroda. Pembentukan hidrogen akan terbentuk pada katoda dan oksigen pada anoda. Proses ini dikenal sebagai produksi hidrogen paling efektif dari air dengan tingkat paling efektif, namun hanya untuk skala kecil (Marlina et al., 2013). Katoda mengubah dua molekul air menjadi gas hidrogen (H₂) dan hidroksida (OH⁻) serta bereaksi dengan membawa dua elektron. Namun pada anoda mengubah merubah dua molekul air lain menjadi gas oksigen (O₂), mengeluarkan 4 ion H⁺ dan memindahkan elektron ke katoda. Interaksi antara ion H⁺ dan OH⁻ menghasilkan pembentukan kembali pada beberapa molekul air. Berikut reaksi yang terjadi pada elektrolisis air:

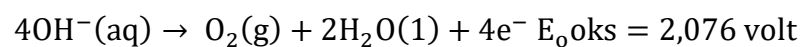
- Reaksi pada anoda:

Adalah reaksi yang terjadi pada kutub positif (anoda) merupakan reaksi oksidasi.

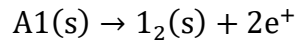
Untuk pH air asam. Reaksi anoda (oksidasi):



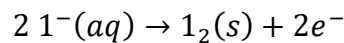
Untuk pH air basa atau netral. Reaksi anoda:



Jika pada anoda menggunakan logam yang mudah teroksidasi seperti aluminium, maka logam tersebut akan mengalami proses oksidasi dan berubah menjadi ion. Berikut reaksinya:



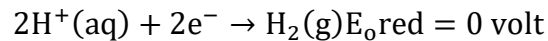
Jika anoda menggunakan logam yang tidak teroksidasi, maka yang teroksidasi adalah ion – ion negatif di dalam air. Bila pada ion logam 1^{-} reaksinya yaitu:



- Reaksi pada katoda:

Merupakan reaksi pada kutub negatif (katoda) yang disebut reaksi reduksi.

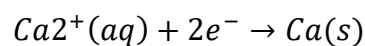
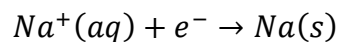
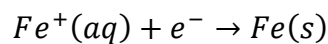
Untuk pH air asam. Reaksi Katoda (reduksi):



Untuk pH air basa atau netral. Maka reaksi yang terjadi pada katoda:



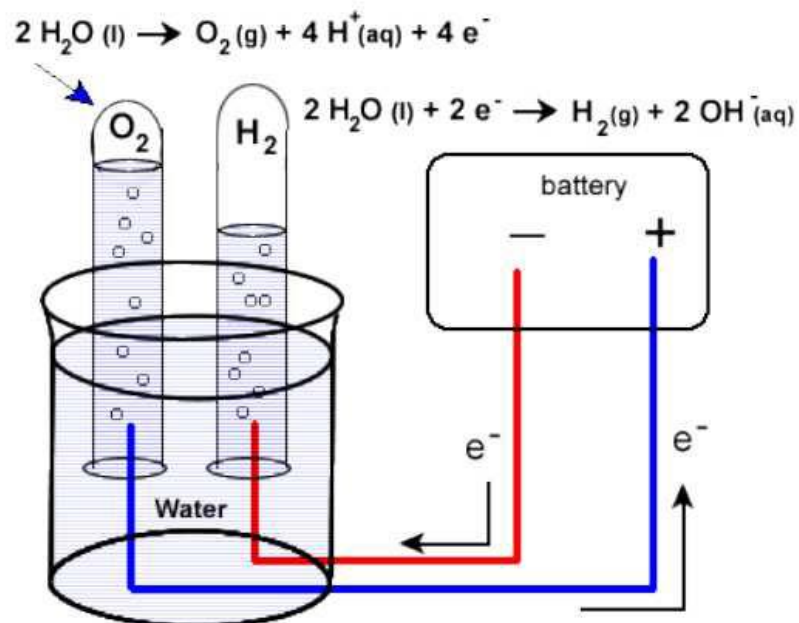
Bila larutan mengandung ion – ion positif pada logam, maka logam akan direduksi di masing – masing logamnya dan logam yang terbentuk akan diendapkan pada permukaan batang katoda.



Elektrolisis air dipengaruhi oleh kualitas elektrolis, tingkat konsentrasi elektrolit, dan bahan dari elektroda. Elektroda air akan berlangsung cepat pada elektrolit yang kuat daripada elektrolit lemah. Reaksi elektrolit akan berlangsung lebih cepat ketika tingkat konsentrasi yang tinggi. Maka logam yang bereaktif akan lebih cepat proses elektrolisis air.

Logam sebagai bahan elektroda untuk elektrolisis air memiliki sifat dapat menghantarkan arus listrik saat ada medan listrik. Elektron bebas akan bergerak ke dalam metal, sejajar dan berlawanan arah dengan medan listrik. Kemampuan suatu bahan menghantarkan arus listrik dapat diukur dengan menempatkan di ujung – ujung konduktor. Pemindahan muatan akan menghasilkan arus listrik.

Konduktivitas listrik merupakan rasio antara arus dan kuat medan listrik (Sumiarsih, 2016).



Gambar 2. 2 Elektrolisis Air.

Gambar 2.2 menunjukkan proses elektrolisis air dimana baterai memberikan tegangan ke anoda dan katoda dalam tabung berisi air. Setelah beberapa waktu (5-30 menit), air bereaksi menjadi gas hidrogen yang kemudian dikumpulkan dalam tabung gas khusus. Semakin lama proses elektrolisis, semakin banyak gas hidrogen yang dihasilkan. Seperti penelitian terdahulu yang dimana proses elektrolisis air menggunakan tegangan 12 volt dan lama proses elektrolisis air tersebut selama 6 jam 47 menit sehingga menghasilkan gas hidrogen sebesar 847 ppm yang terbaca di sensor gas hidrogen(Efendi, 2022).

2.4 Titanium



Gambar 2. 3 Plat 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.

Tabel 2. 2 besar nilai resistivitas dan konduktivitas pada suhu 20°C

Material	ρ ($\Omega\cdot\text{m}$) Resistivitas	σ (S/m) Konduktivitas
Silver	$1,59 \times 10^{-8}$	$6,30 \times 10^7$
Tembaga	$1,68 \times 10^{-8}$	$5,96 \times 10^7$
Emas	$2,44 \times 10^{-8}$	$4,10 \times 10^7$
Aluminium	$2,82 \times 10^{-8}$	$3,5 \times 10^7$
Kalsium	$3,36 \times 10^{-8}$	$2,98 \times 10^7$
Tungsten	$5,60 \times 10^{-8}$	$1,79 \times 10^7$
Zinc	$5,90 \times 10^{-8}$	$1,69 \times 10^7$
Nikel	$6,99 \times 10^{-8}$	$1,43 \times 10^7$
Iron	$1,0 \times 10^{-7}$	$1,00 \times 10^7$
Platinum	$1,06 \times 10^{-7}$	$9,43 \times 10^6$
Titanium	$4,20 \times 10^{-7}$	$2,38 \times 10^6$

Material	ρ ($\Omega \cdot m$) Resistivitas	σ (S/m) Konduktivitas
Tin	$1,09 \times 10^{-7}$	$9,17 \times 10^6$
Lead	$2,2 \times 10^{-7}$	$4,55 \times 10^6$
Stainless Steel	$6,9 \times 10^{-7}$	$1,45 \times 10^6$
Air raksa	$9,8 \times 10^{-7}$	$1,02 \times 10^6$
Nikrom	$1,10 \times 10^{-6}$	$9,09 \times 10^5$

Tabel 2.2 adalah tabel yang mencantumkan nilai resistivitas dan konduktivitas untuk setiap jenis plat pada suhu 20°C. Dari tabel ini dapat dijelaskan bahwa semakin kecil nilai resistivitas suatu bahan, semakin mudah aliran muatan listrik melalui bahan tersebut. Namun, jika suatu bahan memiliki konduktivitas yang tinggi, maka nilai resistivitasnya akan rendah. Walaupun begitu, untuk titanium memiliki resistivitas yang rendah tetapi memiliki konduktivitas yang baik dan tahan terhadap korosi (Pawar et al., 2009).

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 CO₂ 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). Untuk jenis – jenis dari titanium yaitu sebagai berikut

2.4.1 Titanium Commercial Purity (CP)

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

2.4.2 Titanium aluminida (TiAl)

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



Gambar 2. 5 Titanium aluminida

2.4.3 Titanium karbida (TiC)

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



Gambar 2. 6 Titanium Karbida

2.5 *Stainless Steel*

Stainless steel adalah jenis baja paduan yang mengandung setidaknya 11,5% kromium berdasarkan beratnya. Salah satu keunggulan *stainless steel* adalah ketahanannya terhadap korosi yang membedakannya dengan baja biasa. Baja karbon dapat mengalami korosi ketika terkena udara yang lembab. Oksida besi yang terbentuk bersifat aktif dan dapat mempercepat korosi dengan membentuk oksida besi lebih banyak. Dalam *stainless steel*, kandungan kromium yang cukup membentuk lapisan oksida kromium pasif yang mencegah korosi lebih lanjut.

Untuk meningkatkan ketahanan terhadap oksidasi, biasanya kromium ditambahkan dalam kisaran yang biasanya 13 hingga 26 persen dalam *stainless steel*. Lapisan pasif yang terbentuk adalah *chromium(III) oxide* (Cr_2O_3), yang sangat tipis dan tidak terlihat secara kasat mata, sehingga tidak mempengaruhi tampilan *stainless steel*. Karena sifatnya yang tahan terhadap air dan udara, *stainless steel* tidak memerlukan perlindungan khusus, karena lapisan pasif tipis ini akan terbentuk kembali dengan cepat jika terjadi goresan. Proses ini disebut sebagai pasivasi, yang juga dapat terjadi pada logam lain seperti aluminium dan titanium.

Tabel 2. 3 Besar nilai resistivitas dan konduktivitas pada suhu 20°C

Material	ρ ($\Omega \cdot \text{m}$) Resistivitas	σ (S/m) Konduktivitas
Silver	$1,59 \times 10^{-8}$	$6,30 \times 10^7$
Tembaga	$1,68 \times 10^{-8}$	$5,96 \times 10^7$
Emas	$2,44 \times 10^{-8}$	$4,10 \times 10^7$
Aluminium	$2,82 \times 10^{-8}$	$3,5 \times 10^7$
Kalsium	$3,36 \times 10^{-8}$	$2,98 \times 10^7$
Tungsten	$5,60 \times 10^{-8}$	$1,79 \times 10^7$
Zinc	$5,90 \times 10^{-8}$	$1,69 \times 10^7$
Nikel	$6,99 \times 10^{-8}$	$1,43 \times 10^7$

Material	ρ ($\Omega \cdot m$) Resistivitas	σ (S/m) Konduktivitas
Iron	$1,0 \times 10^{-7}$	$1,00 \times 10^7$
Platinum	$1,06 \times 10^{-7}$	$9,43 \times 10^6$
Titanium	$4,20 \times 10^{-7}$	$2,38 \times 10^6$
Tin	$1,09 \times 10^{-7}$	$9,17 \times 10^6$
Lead	$2,2 \times 10^{-7}$	$4,55 \times 10^6$
Stainless Steel	$6,9 \times 10^{-7}$	$1,45 \times 10^6$
Air raksa	$9,8 \times 10^{-7}$	$1,02 \times 10^6$
Nikrom	$1,10 \times 10^{-6}$	$9,09 \times 10^5$

Tabel 2.3 merupakan tabel nilai resistivitas dan konduktivitas di setiap material dengan suhu 20°C . Dari tabel ini menjelaskan semakin kecil resistivitas pada setiap material maka konduktivitas akan besar, justru sebaliknya jika konduktivitas dari suatu material kecil maka resistivitasnya akan besar. Namun, ketika arus listrik mengalir melalui plat stainless steel, plat tersebut akan mengalami pemanasan. Oleh karena itu, plat ini memiliki kecenderungan untuk memiliki hambatan listrik yang lebih tinggi, yang berarti akan menghasilkan lebih banyak panas saat arus listrik mengalir. Hal ini disebabkan oleh karakteristik stainless steel, yang terdiri dari campuran besi, kromium, dan nikel (Pawar et al., 2009).

Ada beberapa jenis *stainless steel* yang berbeda. Penambahan nikel sebagai campuran dapat mengurangi kekerasan stainless steel pada suhu rendah. Jika sifat mekanik yang lebih kuat dan keras diinginkan, penambahan karbon diperlukan. Unsur mangan juga digunakan sebagai campuran dalam stainless steel. Untuk jenis tipe dari *stainless steel* yaitu *stainless steel* tipe 304 dan *stainless steel* 201 (Rimbawati et al., 2021).

2.5.1 *stainless steel* 304

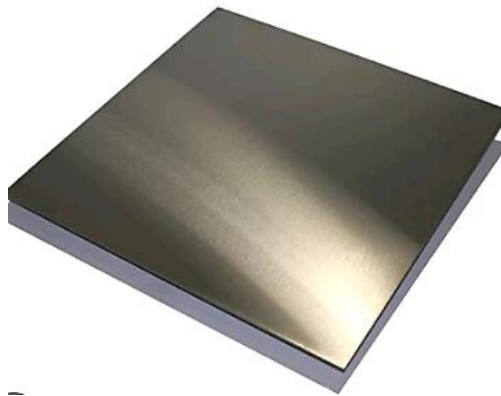


Gambar 2. 7 Steinless Steel tipe 304

Stainless steel tipe 304 adalah jenis baja tahan karat yang sangat serbaguna dan banyak digunakan. Komposisi kimianya, kekuatan mekaniknya, kemampuan lasnya, dan ketahanan korosinya sangat baik, sementara harganya juga terjangkau. *Stainless steel* tipe 304 banyak digunakan dalam berbagai industri, termasuk tanki dan wadah untuk cairan dan padatan, peralatan pertambangan, industri kimia, makanan, dan farmasi.

Stainless Steel tipe 304 merupakan jenis bahan karat dengan komposisi kimia 0.042% karbon (C), 1.19% mangan (Mn), 0.034% fosfor (P), 0.006% belerang (S), 0.049% silikon (Si), 18.24% kromium (Cr), 8.15% nikel (Ni), dan sisanya besi (Fe). Beberapa sifat mekanik yang dimiliki oleh baja karbon tipe 304 ini termasuk kekuatan tarik sebesar 646 Mpa, kekuatan luluh sebesar 270 Mpa, elongasi sebesar 50%, dan kekerasan sebesar 82 HRB.

2.5.2 *Stainless steel* tipe 201



Gambar 2. 8 *Stainless Steel* tipe 201

Stainless steel tipe 201 merupakan baja tahan karat yang terdiri dari perbandingan besi, kromium, dan nikel tertentu. *stainless steel* 201 termasuk dalam kelas baja tahan karat austenit, mirip dengan *stainless* 304, tetapi dengan kandungan nikel yang lebih rendah dan elemen tambahan seperti mangan dan nitrogen.

Jenis dari *Stainless Steel* tipe 201 berkomposisi 0.15% karbon, 13.5% mangan, 0.03% fosfor, 0.03% belerang, 0.15% silikon, 13.00%

kromium, 1.02% nikel, dan sisanya besi. Baja ini memiliki beberapa sifat mekanik, seperti kekuatan tarik sebesar 580 Mpa, yield strength 198 Mpa, elongasi 50%, dan kekerasan 87HRB(Sumarji, 2011).

2.6 Arduino

Arduino Uno adalah sebuah platform yang terdiri dari software dan hardware. Perangkat keras mikrokontroler Arduino sama dengan mikrokontroler pada umumnya, hanya saja ditambahkan penamaan pin arduino agar mudah diingat. Software Arduino dapat di download gratis. Software ini digunakan untuk membuat dan mengimport program di Arduino. Pemograman Arduino tidak sebanyak langkah mikrokontroler biasa karena Arduino dirancang mudah untuk dipelajari, sehingga pemula dapat mempelajari mikrokontroler dengan Arduino(Priambodo, 2022).

Arduino Uno merupakan board yang menggunakan mikrokontroler ATmega328. board dilengkapi dengan osilator 20MHz untuk kerja pengaturan waktu yang akurat dan regulator 5 volt. Arduino Uno memiliki 20 pin I/O, termasuk 6 pin input analog dan 14 pin I/O digital. Pin analog juga dapat digunakan sebagai keluaran digital dengan mengubah konfigurasi pin pada program. Pin digital pada board diberi nomor 0-13, sehingga pin analog 0-5 dapat digunakan sebagai pin digital 14-19(Pasaribu & Roza, 2020).



Gambar 2. 9 Arduino Uno

Tabel 2. 4 Spesifikasi Arduino Uno

No.	Deskripsi	Spesifikasi
1	Mikrokontroler	Atmega 328
2	<i>Operating Voltage</i>	5V
3	<i>Input Voltage (recomended)</i>	7 – 12V
4	<i>Input Voltage (Maximum)</i>	6 – 20V
5	Digital input / output (I/O)	14 Pins (6PWM)
6	Analog input	6 Pin
7	DC current per I/O	40mA
8	DC current 3.3V	50mA
9	Flash Memory 32KB (Atmega 328)	0,5KB bootloader
10	SRAM	2KB (Atmega 328)
11	EEPROM	1KB (Atmega 328)
12	<i>Clock Speed</i>	16 MHz

2.7 Catu Daya (*Power Supply*)

Catu daya adalah alat listrik yang menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik atau elektronika lainnya. Catu daya membutuhkan sumber energi listrik yang kemudian dikonversi menjadi bentuk energi listrik yang dibutuhkan oleh perangkat elektronika lainnya.

Power supply berfungsi sebagai alat yang menyalurkan energi listrik atau bentuk energi lainnya. Prinsip dasarnya adalah menurunkan tegangan AC, menyearahkan tegangan AC menjadi DC, dan menstabilkan tegangan DC. Rangkaian power supply terdiri dari transformator, dioda, dan kapasitor/condensator (Suwitno, 2016).



Gambar 2.10 Power Supply

2.8 Sensor Gas

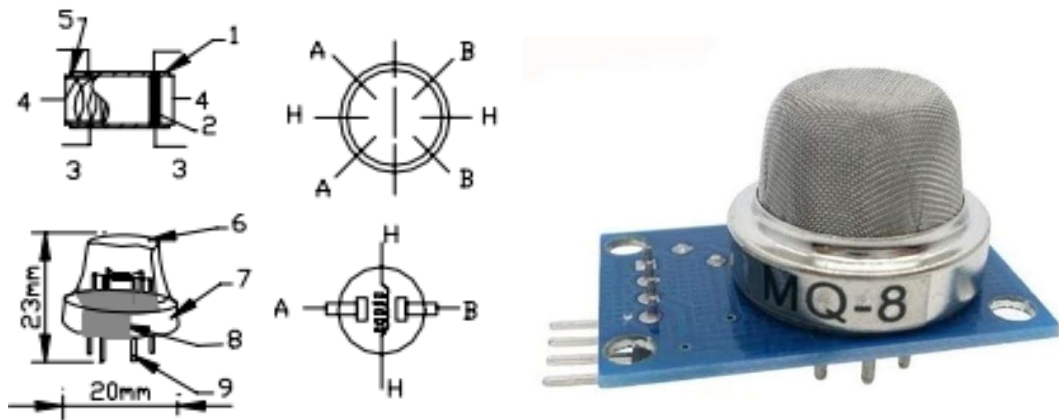
Sensor gas adalah sebuah komponen yang digunakan untuk mendeteksi gas atau konsentrasi gas pada suatu tempat yang berkaitan dengan gas. Untuk prinsip kerjanya yaitu dengan mengubah resistansi material di dalam sensor sesuai dengan konsentrasi gas, sehingga menghasilkan beda potensial yang dapat diukur sebagai tegangan keluaran. Dari nilai tegangan keluaran ini, dapat diperkirakan besarnya konsentrasi gas yang terdeteksi.

Untuk jenis dari sensor gas berdasarkan tipe yang mempunyai seri yang bernama “MQ”. Seri MQ ini mempunyai tipe sesuai dengan jenis gas yang dideteksi, berikut tipe sensor gas MQ yang digunakan untuk mendeteksi gas antara lain:

2.8.1 Sensor Gas MQ – 8

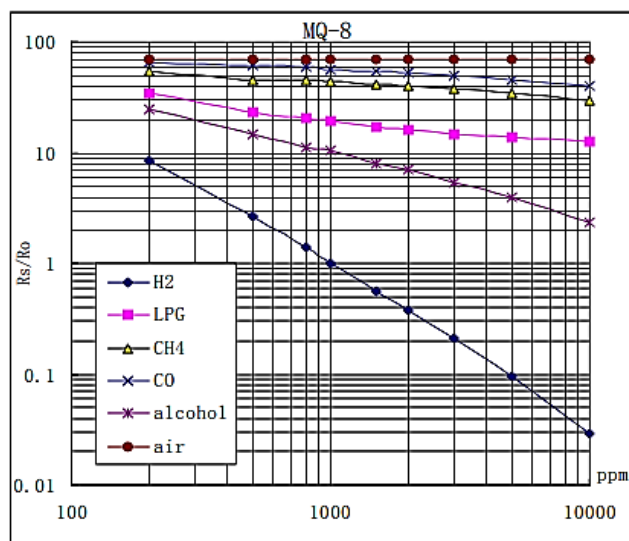
Sensor gas MQ – 8 adalah sensor yang memiliki kepekaan atau sensitivitas terhadap gas hidrogen serta bisa mengukur gas yang dihasilkan dengan menggunakan rangkaian mikrokontroler. Sensor gas MQ – 8 memiliki bahan sensitif SnO₂ yang konduktivitasnya rendah di udara bersih. Namun, saat gas hidrogen hadir, konduktivitas sensor meningkat sesuai dengan konsentrasi gas. Dengan rangkaian sederhana, perubahan konduktivitas dapat dikonversi menjadi sinyal keluaran yang menunjukkan konsentrasi gas. MQ – 8 sangat peka terhadap hidrogen dan dapat membedakannya dari gas lain. Sensor ini terjangkau dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi. Sensor ini banyak

digunakan seperti pada alarm kebocoran gas domestik, alarm gas yang mudah terbakar di industri dan detektor gas portabel (Anonim, 2015).



Gambar 2.11 Struktur dan Sensor MQ – 8

Gambar diatas menunjukkan struktur dan konfigurasi sensor gas MQ-8 dalam Konfigurasi A atau B. Sensor ini terdiri dari tabung keramik mikro AL₂O₃, lapisan sensitif Timbal Dioksida (SnO₂), elektroda pengukuran, dan pemanas yang terpasang dalam kulit yang terbuat dari plastik dan jaring stainless steel. Pemanas menyediakan kondisi kerja yang diperlukan untuk komponen sensitif. MQ-8 yang dibungkus memiliki 6 pin, di mana 4 pin digunakan untuk mengambil sinyal dan 2 pin lainnya digunakan untuk menyediakan arus pemanasan.



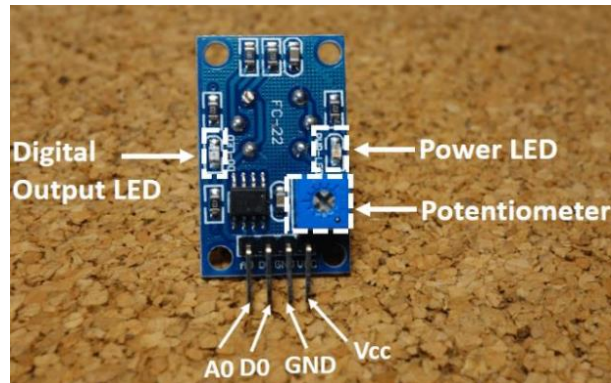
Gambar 2.12 Karakteristik Sensitivitas MQ – 8

Gambar diatas menjelaskan karakteristik dari sensor MQ – 8 yang memiliki kepekaan tinggi terhadap hidrogen, alcohol dan gas sedangkan CH₄, CO serta air memiliki kemampuan sensitivitas terkecil terlihat menunjukkan garis lurus seperti horizontal pada gambar tersebut. Sensor gas MQ-8 memiliki sensitivitas yang tinggi dan waktu respon yang cepat, dengan keluaran berupa sinyal analog dan memerlukan tegangan DC sebesar 5V. Rentang pengukuran konsentrasi gas hydrogen adalah antara 100-10000 ppm, dan nilai resistansi sensor dapat berubah ketika terkena gas. Terdapat pemanas pada sensor yang berfungsi membersihkan sensor dari kontaminasi udara luar. Untuk mengonversi keluaran menjadi sinyal digital, rangkaian sederhana dan tegangan pemanas sebesar 5V diperlukan untuk sensor gas MQ-8, dengan resistansi beban dan keluaran sensor dihubungkan ke analog digital converter (ADC) (Murti et al., 2019).

2.7.2 Sensor Gas MQ – 2

MQ-2 adalah sensor gas yang andal yang dapat digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas seperti LPG, asap, alcohol, propana, hidrogen, metana, dan karbon monoksida di udara. Jika Anda ingin membuat sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan, alat pemeriksa napas, atau sistem deteksi kebakaran dini, modul sensor gas MQ2 dapat menjadi pilihan yang tepat.

MQ-2 dapat mendeteksi konsentrasi LPG, Hidrogen (H₂), Metana (CH₄), Karbon Monoksida (CO), Alkohol, Asap Rokok dan Propana. Sensor ini dibuat untuk digunakan di dalam ruangan dengan suhu kamar. Umumnya dipasang pada alat deteksi kebocoran gas yang mudah terbakar di rumah, kantor, gudang, atau pabrik industri. Untuk karakteristik dari MQ -2 yaitu dapat mendeteksi gas LPG, i-butana, propana, metana, alcohol, hidrogen dan asap, memiliki dua signal input, range tegangan analog keluaran antara 0~5 Vdc, mempunyai kestabilan pembacaan yang bagus dan stabil, respon cepat dan sensitivitas tinggi (Suryana, 2021).



Gambar 2. 13 Modul Sensor MQ – 2

2.7.3 Sensor Gas MQ – 4

MQ-4 adalah sensor semikonduktor yang sensitif dan stabil terhadap gas, terutama metana, dengan keluaran berupa sinyal analog. Sensor ini memiliki sirkuit driver yang sederhana dan terdiri dari tabung keramik mikro aluminium oksida (Al_2O_3) dan lapisan sensitif timah dioksida (SnO_2). MQ-4 memiliki 6 pin, dengan 4 pin sebagai pemberi sinyal dan 2 pin lainnya memberikan respon terhadap pembakaran atau pemanasan.

Untuk karakteristik dari sensor MQ-4 yaitu dapat beroperasi pada tegangan 0,2V hingga $\pm 5,0\text{V}$ AC/DC dan dapat mendeteksi konsentrasi gas alam dan metana antara 300 hingga 1000 ppm. Sensor ini memiliki heater resistance antara 5Ω hingga $\pm 33\Omega$ dan konsumsi daya heater maksimum ≤ 750 mW dengan waktu pemanasan hingga 24 jam. Sensor bekerja dengan cara menghasilkan data analog ketika SnO_2 memberikan respon pemanasan dan secara otomatis merespons sinyal ketika berada di dekat sumber gas, menghasilkan data dalam bentuk nilai atau angka. Data yang dihasilkan adalah akibat perpindahan energi dan pengaliran elektron, sehingga menghasilkan tegangan yang memberikan data (Yulianti, 2020).



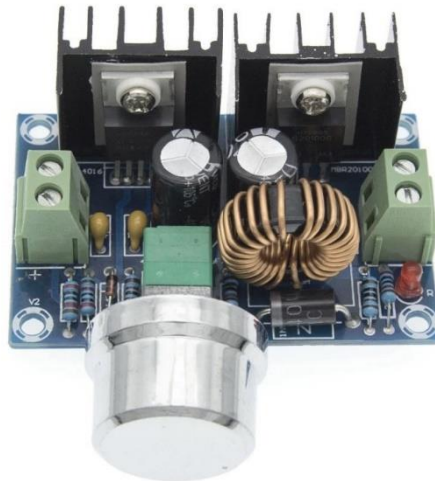
Gambar 2. 14 Sensor MQ – 4

Dari jenis 3 Sensor gas ini yang paling digunakan pada penelitian ini menggunakan sensor MQ – 8 karena sensor ini memiliki keunggulan pembacaan dan sensitive terhadap gas hidrogen serta bisa mengukur gas dengan menggunakan rangkaian mikrokontroller. Dikarenakan penelitian ini mengukur elektrolisis air yang dimana mengukur besar hidrogen yang dihasilkan. Maka dari itu digunakan sensor MQ – 8 sebagai pengukur besaran hidrogen yang dihasilkan oleh elektrolisis air.

2.8 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 2.15 Converter DC

2.9 Sensor Arus

ACS712 adalah sensor arus yang beroperasi berdasarkan efek medan. Sensor ini dapat digunakan untuk mengukur arus AC atau DC. Modul ini dilengkapi dengan rangkaian penguat operasional yang meningkatkan sensitivitas pengukuran arus, sehingga dapat mendeteksi perubahan arus yang kecil. Sensor ini banyak digunakan pada berbagai aplikasi di industri, komersial, maupun komunikasi. Beberapa contoh penggunaannya adalah untuk sensor kontrol motor, deteksi dan manajemen penggunaan daya, sensor untuk catu daya tersaklar, sensor proteksi terhadap arus lebih, dan lain sebagainya.



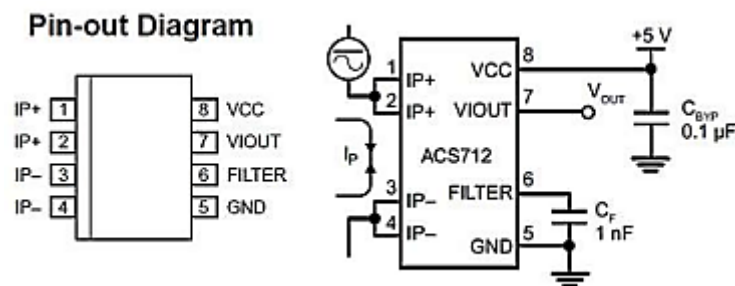
Gambar 2.16 ACS712

Adapun Spesifikasi dari sensor arus ACS712 antara lain:

1. Berbasis ACS712 pada fitur:
 - a. Waktu kenaikan perubahan luaran = 5 μ s.

- b. Besar frekuensi sampai dengan 80 kHz
 - c. Total kesalahan pada luaran sebesar 1,5% pada suhu $T_A=25^{\circ}\text{C}$
 - d. Besar tahanan konduktor internal $1,2\text{m}\Omega$
 - e. Sensitivitas luaran 100 mV/A
 - f. Mampu mengukur arus AC atau DC sampai 30 A
 - g. Memiliki rentang suhu kerja berkisar -40°C hingga 85°C
2. Tegangan kerja 5 VDC.
 3. Sudah dilengkapi dengan penguat operasional untuk menambah sensitivitas luaran.

Sensor ini bekerja dengan mengukur arus yang mengalir melalui kabel tembaga yang terdapat di dalamnya. Arus ini menghasilkan medan magnet yang ditangkap oleh IC medan terintegrasi dan diubah menjadi tegangan proporsional. Ketelitian pembacaan sensor dapat dioptimalkan dengan memasang komponen-komponen yang ada di dalamnya dengan transducer medan secara berdekatan.



Gambar 2.17 Diagram pin ACS712

Penghantar sensor dengan daya rendah memiliki hambatan $1,2\text{ m}\Omega$. Jalur terminal konduktif secara kelistrikan diisolasi dari sensor timah mengarah dari pin 5 sampai pin 8. Hal ini memungkinkan penggunaan sensor arus ACS712 tanpa menggunakan optoisolator atau teknik isolasi lainnya yang mahal. IC ACS712 tipe 20A memiliki sensitivitas 100mV/A . Saat arus yang mengalir 0A , output tegangan IC adalah $2,5\text{V}$. Nilai tegangan akan bertambah berbanding lurus dengan nilai arus (Ambarwati, 2017).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

3.1.1 Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 6 bulan, dimulai dari tanggal 15 Februari 2023 dan berakhir pada tanggal 16 Juli 2023. Studi ini dimulai dengan persetujuan proposal dan diakhiri dengan penyelesaian penelitian. Penelitian ini terdiri dari tinjauan pustaka, perancangan peralatan, pembuatan alat sistem monitoring gas, diikuti dengan hasil pengukuran, dan terakhir, kesimpulan dan saran. Detail dari penelitian tersebut disajikan pada tabel berikut:

3.1.2 Tabel Jadwal Penelitian

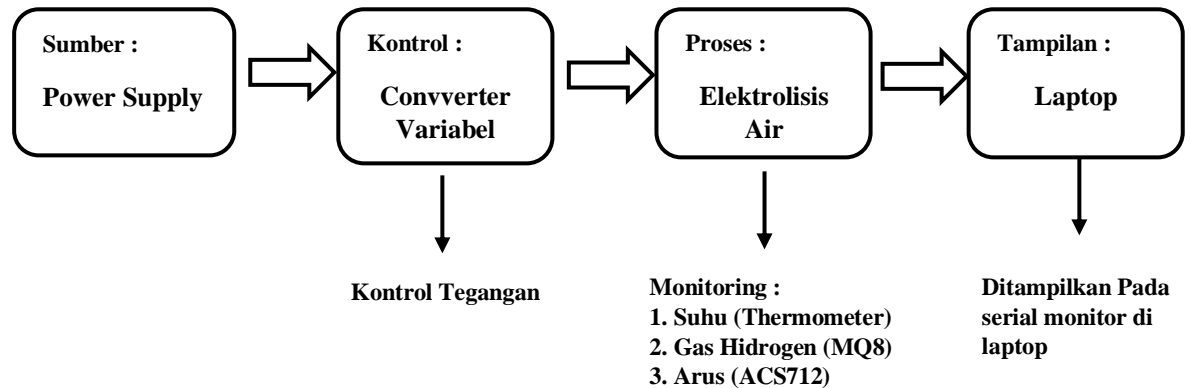
Tabel 3. 1 Jadwal Penelitian

No.	Uraian	Bulan Ke-					
		1	2	3	4	5	6
1	Kajian Literatur						
2	Penulisan Bab 1 sampai Bab 3						
3	Seminar Proposal						
4	Perancangan alat sistem monitoring pada pengontrolan gas berbasis mikrokontroller						
5	Pengujian alat dan pengumpulan data						
6	Seminar hasil						
7	Sidang Akhir						

3.1.3 Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

3.2 Rancang Alur Diagram Proses Alat Kerja Keseluruhan



3.3 Desain Sistem

Pada bagian ini, akan dijelaskan desain keseluruhan dari sistem monitoring produksi gas HHO melalui elektrolisis air menggunakan plat titanium dan *stainless steel*. Desain ini mencakup alat dan bahan penelitian yang diperlukan, skema perangkat keras (*hardware*), dan skema perangkat lunak (*software*) yang akan digunakan dalam sistem.

3.3.1 Alat dan Bahan Penelitian

A. Alat Penelitian

Berikut alat – alat pada penelitian ini yaitu

1. Elektroda plat titanium dan *stainless steel* HHO

Batang Elektroda pada penelitian ini merupakan komponen utama yang berfungsi sebagai memproduksi gas HHO, yang dimana gas HHO ini sebagai objek dari penelitian untuk melihat besar gas yang dihasil selama proses pada elektrolisis air tersebut. Tipe yang digunakan pada batang elektroda yaitu menggunakan tipe *wet cell*. Material yang digunakan kedua plat tersebut yaitu menggunakan plat titanium dan *stainless steel*. penggunaan material titanium menggunakan titanium berjenis JY865 Gr2, pada pemilihan ini dilakukan karena jenis titanium tersebut

tahan terhadap korosi, ringan dan memiliki unsur pakai yang panjang. Kemudian jarak antar plat yang dibuat berukuran 1 cm dengan ketebalan plat berukuran 5 milimeter. Sedangkan untuk stainless steel untuk pemilihan materialnya yaitu berjenis stainless steel yang tipe 304, yang dimana jenis stainless steel tersebut memiliki ketahanan terhadap korosi dan oksidasi serta memiliki ketahanan terhadap lingkungan yang beragam seperti air, atmosfer dan bahan kimia ringan. Untuk jarak antar plat menggunakan *stainless steel* sebesar 2 cm dan ketebalan plat sebesar 2 milimeter.



Gambar 3.1 Elektroda Plat Titanium dan Stainless steel

2. Tabung reaktor elektrolisis air

Tabung reaktor elektrolisis air pada penelitian ini berfungsi sebagai tempat reaktor atau proses terjadinya elektrolisis air. tabung tersebut terbuat dari bahan tahan korosi serta dirancang untuk produksi gas HHO.



Gambar 3. 2 Tabung Reaktor

3. Power Supply

Power supply pada penelitian ini digunakan untuk penyuplai sumber tegangan yang dapat mengubah tegangan AC menjadi DC.



Gambar 3. 3 Power Supply

4. Converter Variable DC

Converter Variabel DC sebagai alat yang digunakan untuk mengubah tegangan dari sumber yaitu power supply.



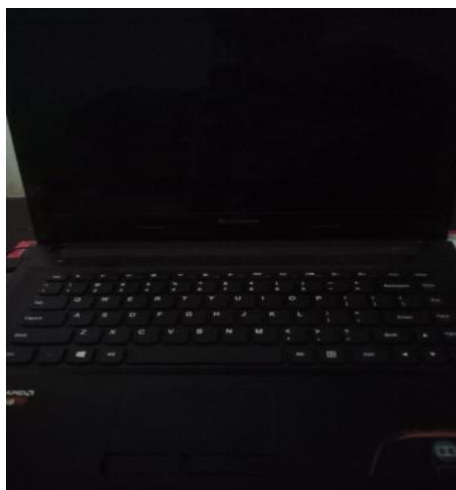
Gambar 3. 4 Converter Variable DC

5. Selang

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

6. Laptop

Laptop digunakan sebagai serial monitor arus dan gas hidrogen yang terjadi pada proses elektrolisis air



Gambar 3. 5 Laptop

6. Arduino Uno

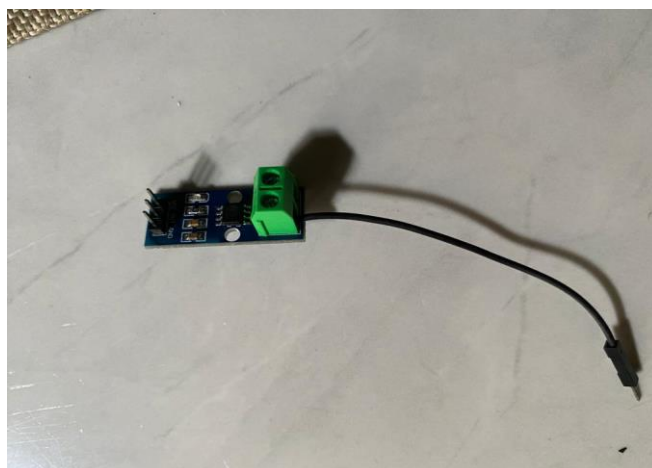
Arduino uno berfungsi sebagai alat pemroses program dan menjalankan perintah dari program. Arduino pada penelitian ini digunakan untuk menjalankan program yang diperintah sebagai pembacaan data arus dan gas hidrogen yang terjadi pada proses elektrolisis air.



Gambar 3. 6 Arduino Uno

7. Sensor Arus ACS712

Sesnsor Arus ACS712 pada penelitian ini berfungsi sebagai memonitoring arus yang mengalir pada elektroda plat titanium dan *stainless steel* selama proses produksi gas hidrogen dengan waktu yang ditentukan



Gambar 3. 7 Arus ACS712

9. Thermometer

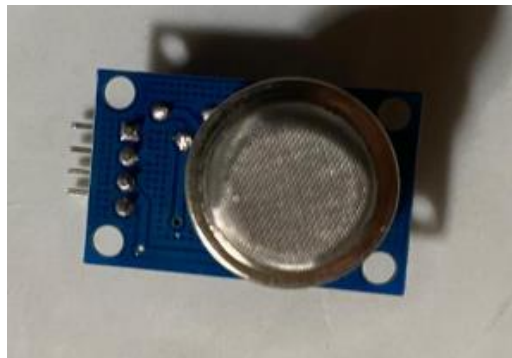
Thermometer bertujuan untuk mengukur suhu pada air ketika proses terjadinya elektrolisis air.



Gambar 3. 8 Thermometer

8. Sensor Gas MQ8

Sensor Gas MQ8 ini digunakan untuk memonitoring gas hidrogen pada proses produksi gas hidrogen melalui elektrolisis air dengan waktu yang ditentukan.



Gambar 3. 9 Sensor Gas MQ – 8

9. Tabung Ukur *Flow Rate*

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



Gambar 3. 10 Tabung Ukur Flow Rate

10. Multimeter digital

Berfungsi sebagai mengukur tegangan dari output converter variabel DC.



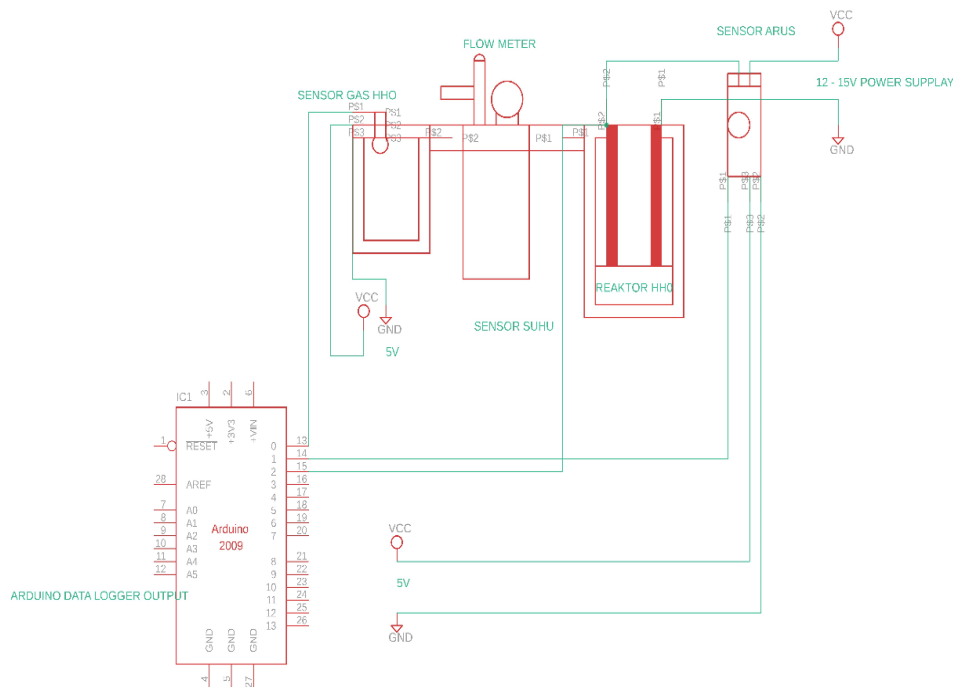
Gambar 3. 11 Multimeter digital

B. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan yaitu menggunakan air campuran garam NaCl Ditambah. Dikarenakan air dengan campuran air garam NaCl memiliki larutan yang baik untuk menghasilkan gas hidrogen dengan elektrolisis.

3.3.2 Skema Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada bagian ini, akan dijelaskan skema perangkat keras (hardware) dari sistem monitoring produksi gas HHO melalui elektrolisis air menggunakan plat titanium dan stainless steel. Skema ini menunjukkan bagaimana komponen-komponen sistem dihubungkan dan diatur dalam perangkat.

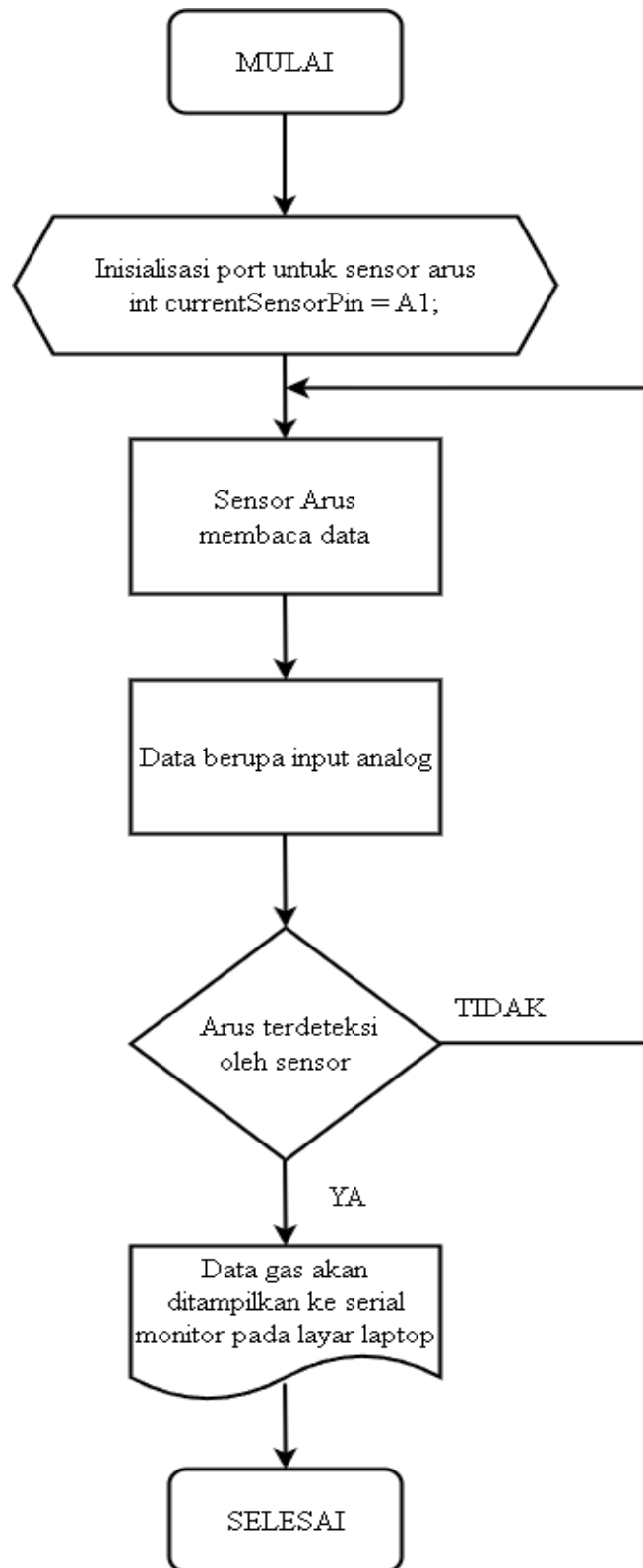


Gambar 3. 12 Rangkaian Elektrolisis air

3.3.3 Skema Perangkat Lunak (*Software*)

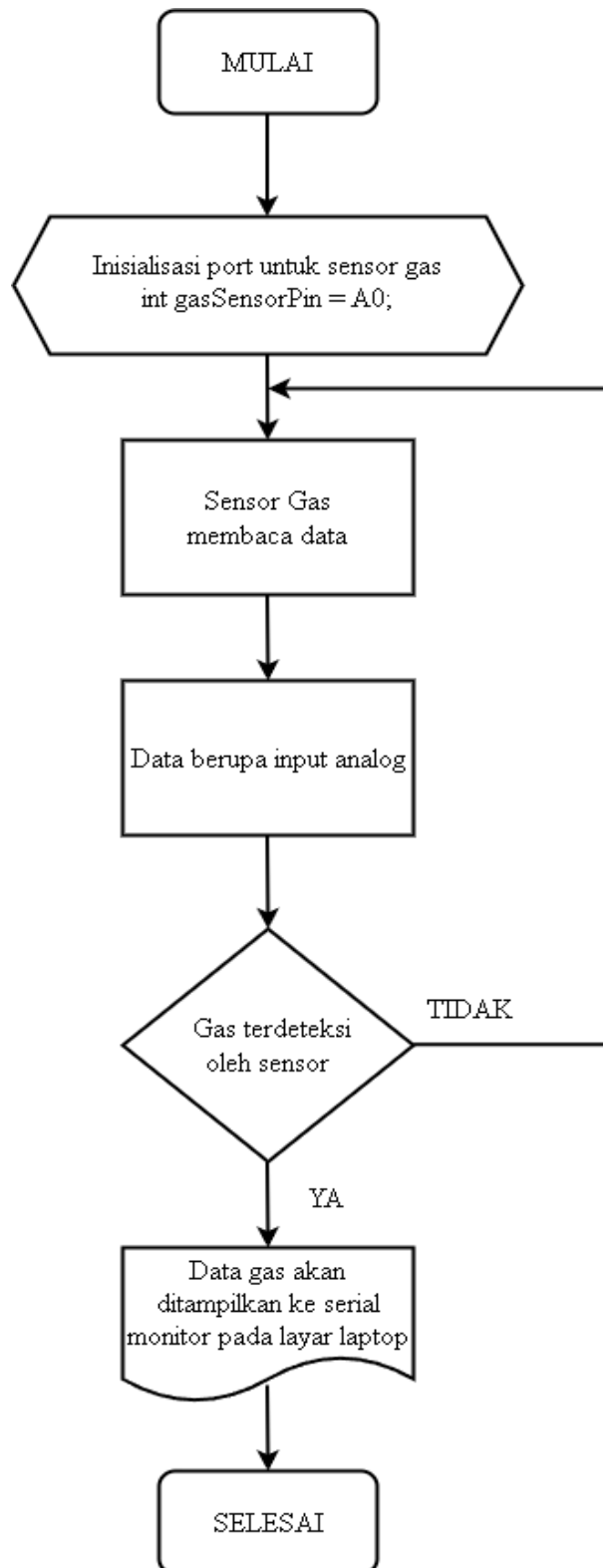
Pada bagian ini, akan dijelaskan skema perangkat lunak (software) dari sistem monitoring produksi gas HHO melalui elektrolisis air menggunakan plat titanium dan stainless steel. Skema ini menunjukkan alur yang berupa flowchart dari program yang dijalankan oleh Arduino untuk mengontrol proses elektrolisis dan mengambil data dari sensor-sensor yang terpasang.

A. Flowchart pembacaan sensor Arus



Gambar 3. 13 Flowchart pembacaan sensor arus

B. Flowchart pembacaan sensor gas



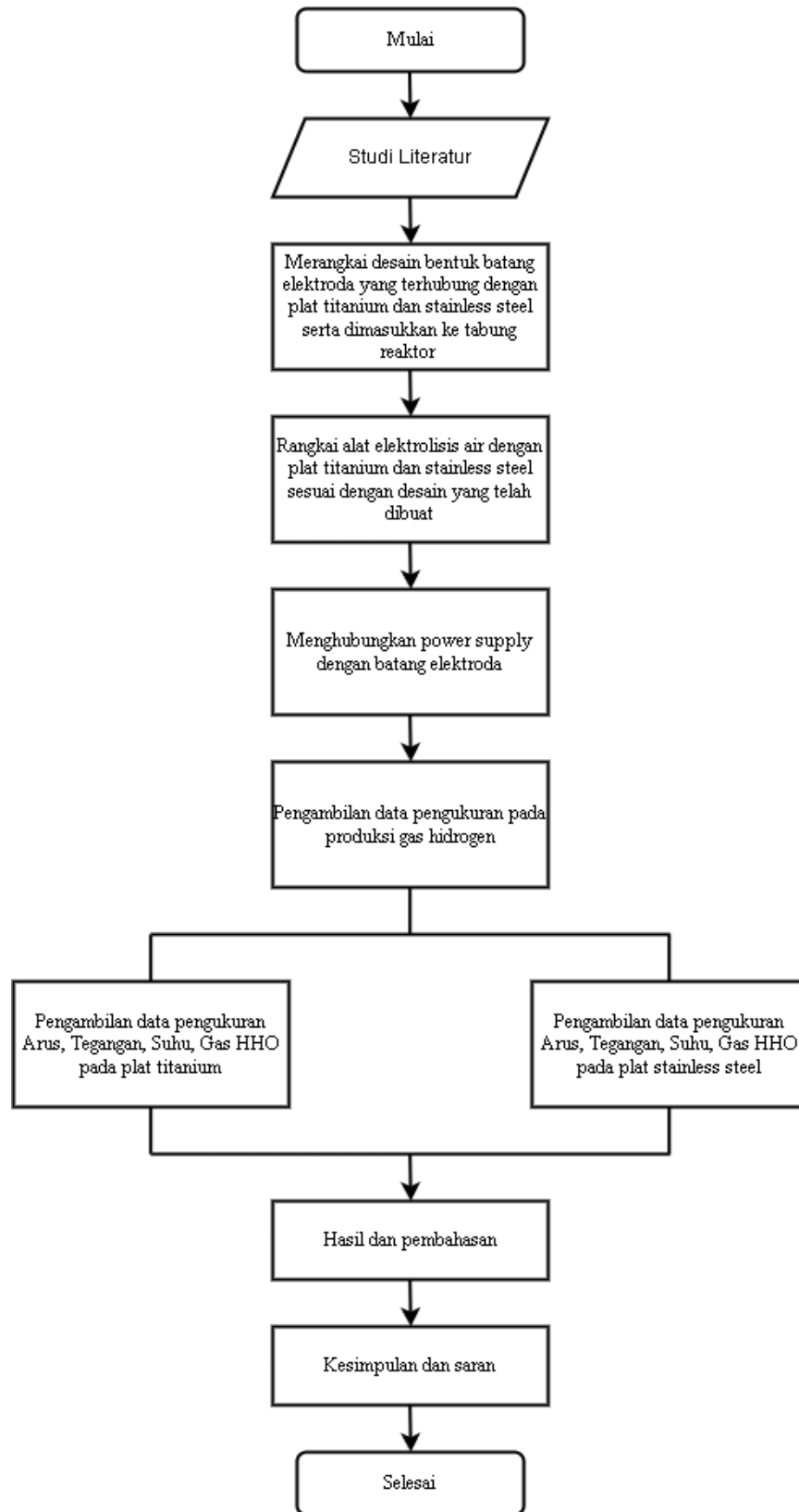
Gambar 3. 14 Flowchart pembacaan sensor gas

3.4 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan dengan tahap – tahap berikut:

1. Siapkan semua alat dan bahan sesuai skema yang telah ditentukan.
2. Susun dan rangkai pada bagian tabung reaktor hidrogen sesuai dengan desain yang telah dibuat, contohnya pemasangan elektroda pada plat titanium dan *stainless steel* sesuai dengan ukuran pada tabung reaktor, pastikan plat – plat ini terpasang dengan baik dan rapat. kemudian meletakkan sensor – sensor yang dibutuhkan seperti gas dan arus pada posisi yang sesuai untuk memonitoring proses terjadinya elektrolisis air.
3. rangkai power supply kemudian periksa rangkaian antara reaktor dengan power supply
4. Isi pada tabung reaktor hidrogen dengan air garam NaCl
5. Pasang dua kabel (katoda dan anoda) dari power supply ke reaktor fuel. Atur tegangan yang mengalir pada reaktor fuel dengan mengatur menggunakan potensio.
6. Nyalakan converter dengan menekan switch on tandanya dimulai langkah pengambilan data dan catat hasilnya sesuai yang ditunjukkan pada serial monitor.
7. Pengambilan data dilakukan pada setiap 30 menit dengan varian tegangan sebesar 12 dan 15 Volt. Data yang diambil berupa arus dan gas hidrogen yang bisa dilihat hasil monitoring di serial monitor pada laptop. Sedangkan untuk pembacaan data pada suhu menggunakan thermometer dengan menggunakan plat titanium.
8. Ulangi pengambilan data pada plat *stainless steel*.
9. Lakukan pengolahan data terhadap hasil yang dilakukan pada plat titanium dan *stainless steel* untuk mendapatkan hasil monitoring pada arus, gas hidrogen dan suhu menggunakan air campuran garam. Kemudian membuat perbandingan pada hasil yang didapat dengan menggunakan tabel dan grafik.

3.5 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 15 Diagram alir penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai pengambilan data pada proses produksi gas hidrogen melalui proses elektrolisis air dengan menggunakan plat titanium dan *stainless steel*.

4.1 Hasil Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan untuk memantau proses terbentuknya gas hidrogen yang dihasilkan melalui elektrolisis air. Fokus utama penelitian ini adalah mengamati hasil yang diperoleh dari proses elektrolisis yang dilakukan menggunakan dua jenis plat, yaitu plat titanium dan stainless steel, serta menganalisis perbedaan hasil dari keduanya. Proses elektrolisis ini melibatkan pemecahan molekul air melalui penerapan tegangan dari Power Supply dengan variasi tegangan 12 dan 15 Volt. Dalam penelitian ini, elektroda yang digunakan adalah plat titanium dan *stainless steel*.



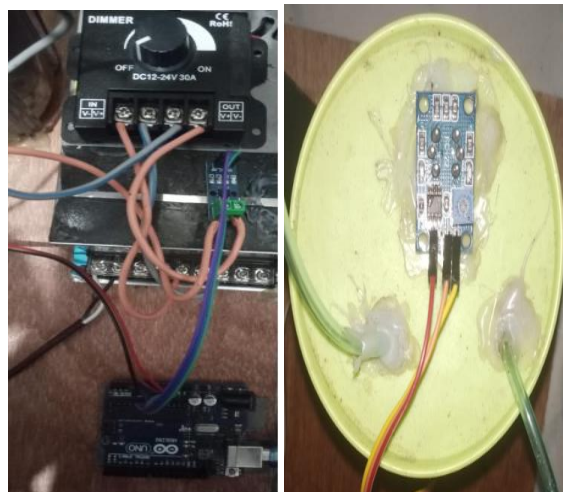
Gambar 4.1 Plat titanium dan *stainless steel* di dalam tabung reaktor

Pengujian untuk plat titanium dan *stainless steel* ini akan dimasukkan ke tabung reaktor seperti gambar di atas, dengan tujuan untuk membedakan hasil yang didapat serta melihat reaksi dari plat tersebut jika dialiri listrik dan bentuk sifat wujud yang terjadi di tabung reaktor dengan proses elektrolisis air dengan sumber tegangan menggunakan power supply pada tegangan 12 V dan 15 V



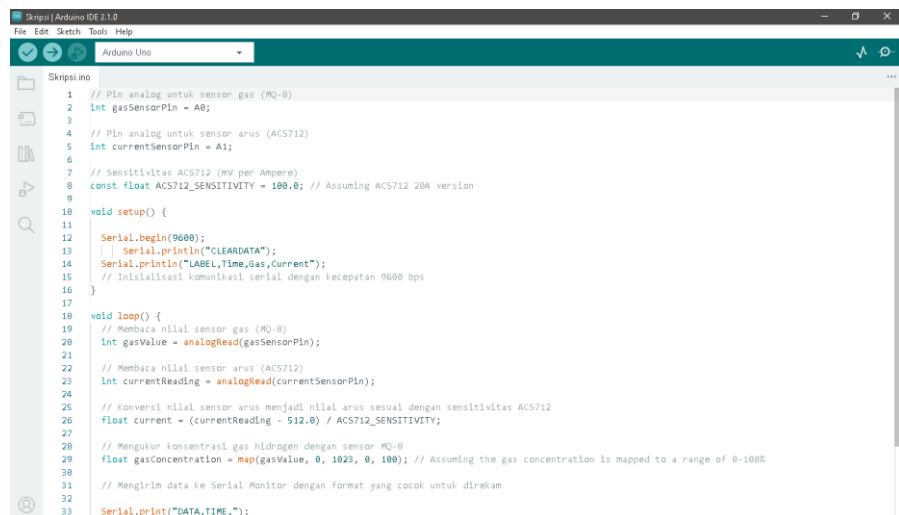
Gambar 4.2 Alat percobaan keseluruhan

Untuk rangkaian pada alat elektrolisis disesuaikan dengan keperluan penelitian seperti terlihat pada gambar di atas. Terdapat berbagai macam alat penelitian seperti tabung reaktor yang berisi plat titanium dan *stainless steel* berfungsi untuk melihat sifat dari plat tersebut jika dialiri listrik, arduino yang sebagai otak program untuk membaca sensor arus dan gas yang sudah di program serta dijalan dan dibuat data logger untuk melihat hasil yang didapat selama 30 menit, kemudian tabung flowrate untuk melihat laju aliran gas yang didapat dari kedua plat.



Gambar 4.3 rangkaian arduino

Pada bagian arduino merupakan tempat pengolahan program untuk melihat hasil data pencarian arus dan gas yang dihasilkan menggunakan sensor arus (ACS712) dan gas (MQ – 8) yang dilihat seperti gambar diatas. Namun dilihat dari gambar di atas menunjukkan rangkaian arduino yang outputnya disambungkan ke output sensor arus dan gas, serta diprogram menggunakan aplikasi arduino. Kemudian untuk melihat hasil dari data kedua sensor tersebut bisa dilihat melalui data logger yang terhubung melalui Microsoft Excel.



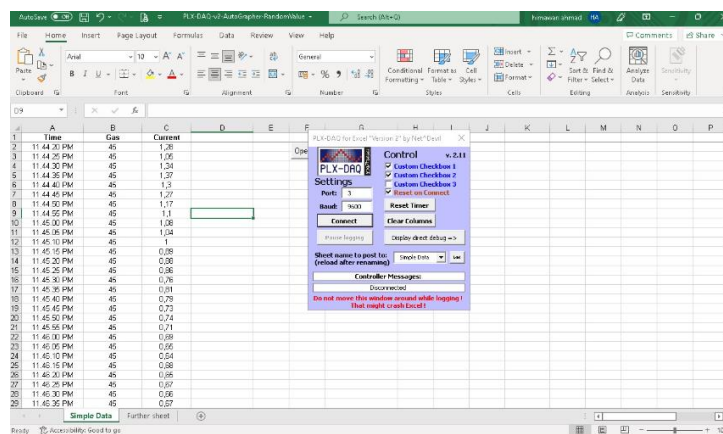
```

1 // Pin analog untuk sensor gas (MQ-8)
2 int gasSensorPin = A0;
3
4 // Pin analog untuk sensor arus (ACS712)
5 int currentSensorPin = A1;
6
7 // Sensitivitas ACS712 (mV per Ampere)
8 const float ACS712_SENSITIVITY = 100.0; // Assuming ACS712 28A version
9
10 void setup() {
11
12   Serial.begin(9600);
13   Serial.println("CLEARDATA");
14   Serial.println("LABEL,Time,Gas,Current");
15   // Inisialisasi komunikasi serial dengan kecepatan 9600 bps
16 }
17
18 void loop() {
19   // Membaca nilai sensor gas (MQ-8)
20   int gasValue = analogRead(gasSensorPin);
21
22   // Membaca nilai sensor arus (ACS712)
23   int currentReading = analogRead(currentSensorPin);
24
25   // Konversi nilai sensor arus menjadi nilai arus sesuai dengan sensitivitas ACS712
26   float current = (currentReading - 512.0) / ACS712_SENSITIVITY;
27
28   // Mengukur konsentrasi gas hidrogen dengan sensor MQ-8
29   float gasConcentration = map(gasValue, 0, 1023, 0, 100); // Assuming the gas concentration is mapped to a range of 0-100%
30
31   // Mengirim data ke Serial Monitor dengan format yang cocok untuk direkam
32   Serial.println("DATA,TIME,");
33 }

```

Gambar 4.4 program menggunakan aplikasi arduino

Bisa dilihat dari gambar di atas merupakan program yang dibuat di aplikasi arduino. Program tersebut dimulai dari sensor gas pin A0 dan arus sensor pin A1 maksudnya yaitu sebagai pembacaan data yang terdapat di sensor gas dan arus. Kemudian hasil yang di dapat dari pembacaan kedua sensor tersebut dibuat sebuah tabel untuk melihat hasil secara *real time* menggunakan Microsoft Excel.



Time	Gas	Current
11:44:30 PM	45	1.36
11:44:30 PM	45	1.36
11:44:30 PM	45	1.34
11:44:30 PM	45	1.37
11:44:40 PM	45	1.5
11:44:45 PM	45	1.27
11:44:50 PM	45	1.17
11:44:55 PM	45	1.1
11:45:00 PM	45	1.06
11:45:05 PM	45	1.04
11:45:10 PM	45	1
11:45:15 PM	45	0.98
11:45:20 PM	45	0.98
11:45:25 PM	45	0.96
11:45:30 PM	45	0.95
11:45:35 PM	45	0.91
11:45:40 PM	45	0.78
11:45:45 PM	45	0.73
11:45:50 PM	45	0.74
11:45:55 PM	45	0.71
11:46:00 PM	45	0.69
11:46:05 PM	45	0.65
11:46:10 PM	45	0.64
11:46:15 PM	45	0.66
11:46:20 PM	45	0.66
11:46:25 PM	45	0.67
11:46:30 PM	45	0.66
11:46:35 PM	45	0.67

Gambar 4.5 tampilan hasil data gas dan arus melalui Microsoft Excel

Setelah itu kita bisa melihat hasil data dari sensor gas dan arus seperti gambar 4.5. data logger ini menggunakan PLX – DAQ yang terhubung ke Microsoft Excel. PLX - DAQ ini akan bekerja ketika Arduino terhubung ke laptop. Untuk cara menghubungkannya ketika program arduino dijalankan kemudian aktifkan PLX – DAQ yang terhubung ke excel, terus kita melihat ada port yaitu dimana port tersebut tempat terhubungnya antara USB dengan arduino. Selesai terhubung langkah terakhir yaitu mengklik *connect* agar dibuatnya data logger yang bisa dilihat dari Microsoft Excel.



Gambar 4.6 tampilan hasil data suhu melalui thermometer

Sedangkan untuk mencari suhu yaitu menggunakan thermometer yang bisa dilihat pada gambar di atas. Cara pengambilan datanya yaitu dengan meletakkan kabel output ke dalam tabung reaktor kemudian inputnya dihubungkan ke thermometer, maka akan otomatis dalam pembacaan suhu yang didapat selama proses elektrolisis berlangsung

Proses pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk memeriksa hasil dari proses elektrolisis yang melibatkan penggunaan dua jenis plat, yakni plat titanium dan stainless steel. Pengumpulan data mencakup variabel arus, suhu, jumlah gas dan *flowrate* HHO yang terbentuk. Setiap sesi pengambilan data berlangsung selama 30 menit, dengan pencatatan data tiap 1 menit untuk selanjutnya disusun dalam bentuk tabel dan grafik perbandingan antara hasil yang diperoleh dari kedua jenis plat.

4.2 Analisa Data Gas Hidrogen Dengan Menggunakan Plat Titanium dan Stainless Steel

Pada proses pengambilan data ini, dilakukan variasi pengaturan tegangan dan penggunaan plat yang berbeda. Tujuan dari variasi ini adalah untuk mengetahui besar dari arus, suhu, dan gas HHO yang dihasilkan.

Berikut merupakan pengambilan data menggunakan beberapa dari pengaturan tegangan listrik yaitu menggunakan 12 V dan 15 V dengan waktu selama 30 menit dengan tujuan untuk mengetahui perbedaan arus, suhu, dan gas HHO yang dihasilkan dari penggunaan kedua plat.

Ada beberapa fase yang dilakukan perbandingan dengan kedua plat yaitu perbandingan antara arus, suhu, dan gas HHO yang dihasilkan pada proses elektrolisis dengan waktu 30 menit kemudian dibuat tabel dan grafik perbandingan untuk mengetahui hasil perbedaan dari kedua plat.

4.2.1 Pengambilan data suhu pada proses elektrolisis air menggunakan thermometer dengan plat Titanium dan *Stainless Steel*.

Data diambil dengan menggunakan power supply yang dipasok dengan tegangan sebesar 12 V dan 15 V, dan pengambilan data dilakukan selama 30 menit. Tujuan dari eksperimen ini adalah untuk mengukur suhu yang dihasilkan ketika plat titanium dan *stainless steel* digunakan pada dua tegangan yang berbeda.

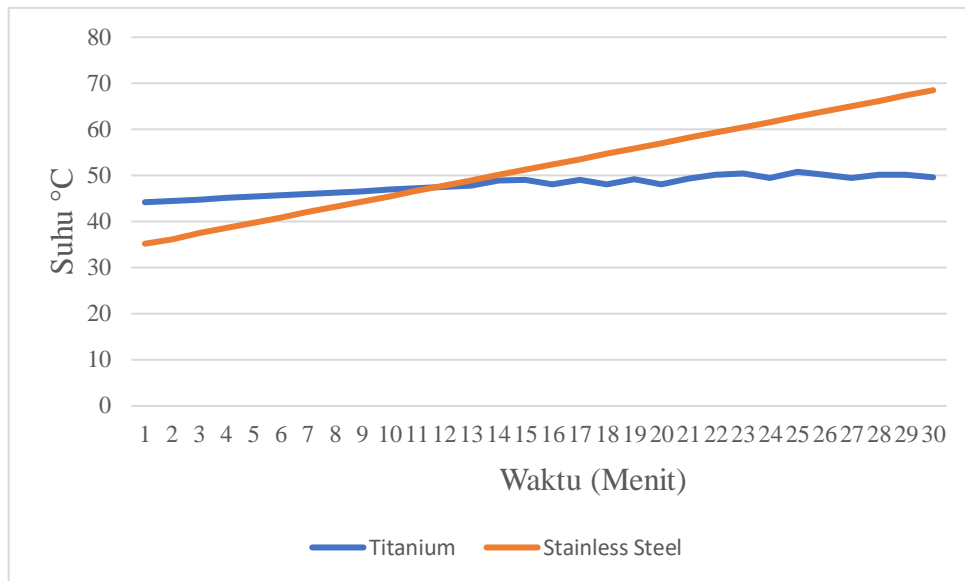
Berikut merupakan pengambilan data menggunakan power supply dan diatur tegangan sebesar 12 V dan 15 V dilakukan selama 30 menit dalam penggunaan plat titanium dan stainless steel dengan memakai thermometer sehingga dapat dibuat berupa seper tabel dan grafik di bawah ini:

Tabel 4.1 Hasil pengambilan data suhu pada proses elektrolisis air menggunakan thermometer dengan plat titanium dan *stainless steel* pada tegangan 12 V

Waktu (Menit)	Tegangan (V)	Titanium	<i>Stainless Steel</i>
		Suhu (°C)	Suhu (°C)
1	12	32,2	32,2
2	12	32,2	32,2

3	12	32,2	32,2
4	12	32,2	32,2
5	12	32,2	32,3
6	12	32,2	32,3
7	12	32,5	32,5
8	12	32,7	32,7
9	12	32,9	32,9
10	12	33,4	33,4
11	12	33,8	33,8
12	12	34,1	34,1
13	12	34,4	34,4
14	12	34,7	34,7
15	12	34,9	34,9
16	12	35,4	35,4
17	12	36,3	36,3
18	12	36,7	36,7
19	12	37	38
20	12	37,5	40
21	12	37,9	42
22	12	38,6	43
23	12	39,2	45,2
24	12	39,8	45,5
25	12	40,4	46
26	12	40,7	46
27	12	41	47
28	12	41,4	48
29	12	41,7	49
30	12	42	49

Pengambilan data ini dilakukan selama 30 menit dengan menggunakan alat thermometer dengan plat titanium dan stainless steel dengan tegangan 12 Volt tabel 4.1 menunjukkan hasil pengambilan data yang dilakukan. Pada penggunaan plat titanium ditunjukkan bahwa suhu yang dihasilkan menaik setiap menitnya dengan menggunakan tegangan 12 volt namun untuk penggunaan plat *stainless steel* menunjukkan kenaikan suhu disaat menit ke – 7 hingga akhir.



Gambar 4.7 Grafik hasil data suhu pada proses elektrolisis air menggunakan thermometer dengan plat titanium dan stainless steel pada tegangan 12 V

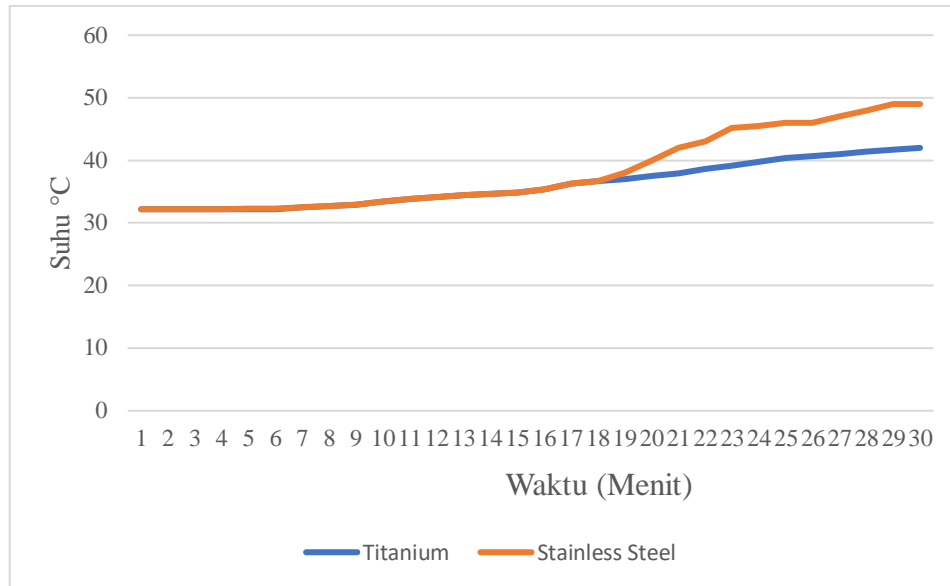
Berikut gambar diatas merupakan grafik perbandingan hasil data suhu menggunakan thermometer dengan plat titanium dan *stainless steel* pada tegangan 12 Volt. Digambar tersebut menjelaskan bedanya hasil yang dicapai dari kedua plat tersebut dan proses peningkatan yang begitu pesat pada plat titanium dikarenakan plat titanium memiliki konduktivitas yang tinggi sehingga terjadi secara cepat dalam peningkatan suhu. Sedangkan untuk plat titanium dilihat dari grafik bahwa peningkatan suhu meningkat secara perlahan di setiap menitnya.

Tabel 4.2 Hasil pengambilan data suhu pada proses elektrolisis air menggunakan thermometer dengan plat titanium dan stainless steel pada tegangan 15 V

Waktu (Menit)	Tegangan (V)	Titanium	<i>Stainless Steel</i>
		Suhu (°C)	Suhu (°C)
1	15	44,2	35,2
2	15	44,5	36,2
3	15	44,8	37,5
4	15	45,1	38,6
5	15	45,4	39,75
6	15	45,7	40,9
7	15	46	42,05

8	15	46,3	43,2
9	15	46,6	44,35
10	15	46,9	45,5
11	15	47,2	46,65
12	15	47,5	47,8
13	15	47,8	48,95
14	15	48,9	50,1
15	15	49	51,25
16	15	48,1	52,4
17	15	49,1	53,55
18	15	48,11	54,7
19	15	49,2	55,85
20	15	48,12	57
21	15	49,3	58,15
22	15	50,2	59,3
23	15	50,5	60,45
24	15	49,4	61,6
25	15	50,8	62,75
26	15	50,11	63,9
27	15	49,5	65,05
28	15	50,14	66,2
29	15	50,17	67,35
30	15	49,6	68,5

Sama seperti halnya di tabel 4.1 yang dimana pengambilan data tersebut dilakukan selama 30 menit dengan menggunakan alat thermometer dengan plat titanium dan *stainless steel* namun perbedaannya terletak pada tegangan yaitu untuk tabel 4.2 menggunakan tegangan 15 Volt. Untuk penggunaan plat titanium menunjukkan terjadinya kenaikan dan penurunan pada menit ke 14 hingga terakhir tetapi ketika menggunakan plat *stainless steel* menunjukkan terjadinya kenaikan suhu di setiap menitnya.



Gambar 4.8 Grafik hasil data suhu pada proses elektrolisis air menggunakan thermometer dengan plat titanium dan *stainless steel* pada tegangan 15 V

Dari gambar diatas menunjukkan hasil dari data suhu pada proses elektrolisis menggunakan thermometer dengan plat titanium dan *stainless steel* pada tegangan 15 Volt. Grafik dari penggunaan plat titanium menunjukkan kenaikan secara perlahan sedangkan untuk plat *stainless steel* menunjukkan hasil suhu yang mulai meningkat pesat disaat menit 19 hingga akhir.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian alat terhadap proses pembentukan gas hidrogen dengan melalui elektrolisis air menggunakan plat titanium dan *stainless steel*. diperoleh beberapa kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Sistem telah berhasil secara efektif memonitor dan mengendalikan produksi gas hidrogen dengan menggunakan plat titanium dan stainless steel sebagai elektroda. Penggunaan Arduino sebagai inti sistem memungkinkan pengambilan data arus dan konsentrasi gas hidrogen secara real-time, serta mengukur suhu menggunakan perangkat termometer. Dalam pengujian hasil penggunaan plat pada proses elektrolisis air dengan katalis air garam, ditemukan bahwa penggunaan plat titanium menunjukkan konduktivitas listrik yang optimal dan ketahanan terhadap korosi yang baik, menghasilkan gas hidrogen dengan efisiensi tinggi. Sebaliknya, ketika plat stainless steel digunakan, cenderung menghasilkan panas karena memiliki resistansi yang tinggi, sehingga saat melakukan elektrolisis air, plat stainless steel menghasilkan lebih banyak panas tanpa peningkatan yang signifikan dalam produksi gas hidrogen
2. Hasil pengujian menunjukkan tegangan memiliki pengaruh signifikan terhadap arus, suhu dan produksi gas HHO. Penggunaan plat titanium cenderung menghasilkan produksi gas HHO sebesar 68 PPM pada tegangan 12 V dan 78 PPM pada tegangan 15 V dibandingkan dengan stainless steel produksi gas HHO sebesar 45 PPM dengan menggunakan tegangan 12 V dan 15 V
3. Hasil penelitian yang didapat dari menggunakan thermometer, sensor Arus (ACS712) dan gas (MQ – 8) pada penggunaan plat titanium dengan tegangan 12 volt sebesar 42 °C, 3.3 Ampere dan 68 PPM, kemudian untuk tegangan 15 Volt menghasilkan 49,6 °C, 3,86 Ampere dan 78 PPM. Sementara itu, penggunaan *stainless steel* saat memakai tegangan 12 Volt

menghasilkan suhu mencapai 49 °C, arus sebesar 1,42 Ampere dan gas hidrogen sebanyak 45 PPM, namun untuk tegangan 15 Volt suhu senilai 68,5 °C, arus yang didapat mencapai 0,67 dan gas HHO mencapai 45 PPM.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan di atas, berikut beberapa saran untuk pengembangan dan perbaikan proses pembentukan gas hidrogen dengan elektrolisis air menggunakan plat titanium dan *stainless steel* adalah:

1. Perlunya penggunaan material elektroda alternatif: selain plat titanium dan *stainless steel*, penelitian lebih lanjut dapat mengeksplorasi penggunaan material elektroda alternatif untuk mengoptimalkan produksi gas hidrogen.
2. Pentingnya studi lebih lanjut tentang ketahanan korosi: melakukan studi lebih lanjut tentang ketahanan korosi dari plat titanium dan *stainless steel* dalam jangka waktu yang lebih panjang.
3. Pentingnya mengetahui ketahanan alat yang untuk di uji dan dirangkai agar tidak terjadi kesalahan disaat memulai percobaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ambarwati, A. (2017). *Rancang Bangun Proses Produksi Gas Hidrogen (H₂) melalui Elektrolisis Air dan Sistem Monitoring berbasis Human Machine Interface (HMI)*.
- Anonim. (2015). *Datasheet MQ-8*. WWW.ALLDATASHEET.COM
- Ardhy, S., Gunawarman, & Affi, J. (2015). Perilaku Korosi Titanium Dalam Larutan Modifikasi Saliva. *Mekanikal*, 6(2), 585–593.
- Banjarnahor, H. P. M. (2020). ALAT UKUR DAN MONITORING KONSENTRASI GAS HIDROGEN MENGGUNAKAN SENSOR MQ-8 BERBASIS ARDUINO UNO. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 1(3), 82–91.
- Cahyadi, W., & Kuswanto, K. (2021). Sistem Monitoring Produksi Gas Hidrogen dengan Elektrolisis Air Menggunakan Metode Fuzzy Berbasis Android. In *Rosiding Seminar Nasional Teknik*
https://www.researchgate.net/profile/Joni-Simatupang/publication/361614810_Prosiding_SNTE_2021/links/62bc83105e258e67e10f6027/Prosiding-SNTE-2021.pdf#page=144
- Efendi, Y. (2022). *RANCANG BANGUN MONITORING ELEKTROLISIS AIR BERBASIS ARDUINO UNO DAN KONTROL TEGANGAN BUCK CONVERTER*. 2(8.5.2017), 2003–2005.
- Marlina, E., Wahyudi, S., & Yuliati, L. (2013). *PRODUKSI BROWN'S GAS HASIL ELEKTROLISIS H₂O DENGAN KATALIS NaHCO₃*. 4(April), 1–16.
- MEYWAN, V. (2014). *Pembuatan Generator Gas Hho Dan Pengaruhnya Terhadap Emisi Gas Buang Dan Konsumsi Bahan Bakar Pada Sepeda Motor 4 Tak 135 Cc*.
- Murti, W. A. S., Kirom, R., & Suhendi, A. (2019). *PERANCANGAN INSTRUMENT PENGUKURAN KONSENTRASI GAS HIDROGEN PADA REAKTOR BIOGAS BAGIAN ANAEROBIC DIGESTER INSTRUMENT DESIGN FOR HYDROGEN GAS CONCENTRATION MEASUREMENT ON THE BIOGAS REACTOR ANAEROBIC DIGESTER REACTOR SECTION*.
- Pasaribu, F. I., & Roza, I. (2020). Design of control system expand valve on water heating process air jacket. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 821(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/821/1/012050>
- Pawar, S. D., Murugavel, P., & Lal, D. M. (2009). Effect of relative humidity and sea level pressure on electrical conductivity of air over Indian Ocean. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 114(2), 1–8.
<https://doi.org/10.1029/2007JD009716>

- Priambodo, A. (2022). *PENGEMBANGAN ALAT ELEKTROLISIS H₂O DENGAN SENSOR ULTRASONIK HYSRF-05 UNTUK MONITORING SELISIH KETINGGIAN PERMUKAAN AIR*. 8.5.2017, 2003–2005.
<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/autism-spectrum-disorders>
- Rimbawati, R., Cholish, C., Tanjung, W. A. L., & Effendy, M. A. R. (2021). Pengujian Air Bersih Menjadi Hidrogen Untuk Energi Alternatif Menggunakan Arduino. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 5(1), 65. <https://doi.org/10.22373/crc.v5i1.8276>
- Simanjuntak, M. (2020). ALAT UKUR KONSENTRASI HIDROGEN DARI ELEKTROLISIS AIR MENGGUNAKAN SENSOR MQ-8 BERBASIS ARDUINO DENGAN TAMPILAN ANDROID. *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*, 1(3), 82–91.
- Siti Sofiya, & Ya'umar. (2018). RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN LAJU PRODUKSI BROWN'S GAS BERBASIS MIKROKONTROLLER ATMEGA8535. *Indonesian Journal of Fundakental Sciences (IJFS)*, 4(2), 102–109.
- Sivakumar, S., Sathik, M. J., Manoj, P. S., & Sundararajan, G. (2016). An assessment on performance of DC-DC converters for renewable energy applications. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 58, Issue December 2017, pp. 1475–1485). Elsevier.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.057>
- Sumarji. (2011). Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe Ss 304 Dan Ss 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik Dengan Variasi Suhu Dan Ph. *Jurnal ROTOR*, 4(1), 1–8.
- Sumiarsih, K. (2016). *RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING TEMPERATUR GAS HIDROGEN PADA PLANT ELEKTROLISIS AIR BERBASIS MIKROKONTROLER*.
- Suryana, T. (2021). Implementasi Modul Sensor MQ2 Untuk Mendeteksi Adanya Polutan Gas di Udara. *Jurnal Komputa Unikom*, 1–15.
<http://iot.ciwaruga.com>
- Suryanto, B., Hanim, U., & Adiansyah, A. (2021). Sistem Pemantauan Gas H₂ Dengan Metode Elektrolisis. *Jurnal Analis Laboratorium Medik*, 6(2), 107–111. <https://doi.org/10.51544/jalm.v6i2.2233>
- Suwitno. (2016). Mendesain Rangkaian Power Supply pada Rancang Bangun. *Journal of Electrical Technology*, 1(1), 1–7.
- Töpler, J., & Lehmann, J. (2016). *Hydrogen and Fuel*.
- Wahyono, Y., Sutanto, H., & Hidayanto, E. (2017). Produksi gas hydrogen menggunakan metode elektrolisis dari elektrolit air dan air laut dengan penambahan katalis NaOH. *Youngster Physics Journal*, 6(4), 353–359.

Yulianti, R. S. (2020). Pemanfaatan Sensor Gas Mq-4 (Mîngân Qî Lai-4) Untuk Mendeteksi Gas Metana Pada Limbah. *Pemanfaatan Sensor Gas Mq-4 (Mîngân Qî Lai-4) Untuk Mendeteksi Gas Metana Pada Limbah Ternak Sapi, Kerbau Dan Kuda*, 4, 94.

Züttel, A., Remhof, A., Borgschulte, A., & Friedrichs, O. (2010). Hydrogen: The future energy carrier. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 368(1923), 3329–3342. <https://doi.org/10.1098/rsta.2010.0113>

LAMPIRAN

Proses Percobaan elektrolisis air menggunakan plat titanium dan *stainless steel* serta 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);
}
```



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : Achmad Trimulya Himawan

Npm : 1907220090

Judul Tugas Akhir : "Rancang Bangun Sistem Monitoring Pada Pengontrolan Gas Hidrogen Fuel Berbasis Mikrokontroler"

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	Selasa 21-2-2023	Perbaiki Program pustaka.	
2.	Kamis 2-3-2023	Tambahkan jenis-jenis, cara kerja, gambar dan spesifikasi serta makin-makin sensor suhu dan Gas kemudian tampilan beasiswa-jenis-jenis suhu dan gas yang dipakai	
3.	Rabu 8-3-2023	Tambahkan proses elektrolisis sampai - menghantarkan gas hidrogen.	
4.	Senin 13-3-2023	lanjut Bab III	
5.	Rabu 15-3-2023	Perbaiki Diagram Penelitian, Diagram sistem ^{Flowchart.}	
6.	Selasa 28-3-2023	Acc utk Seminar proposal	
7.			

Dosen Pembimbing

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



UNIVERSITAS MUHAMMADIIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
Jalan Kapten Muchtar Basri No.3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : Achmad Trimulya Himawan
Npm : 1907220090
Judul Tugas Akhir : "Rancang Bangun Sistem Monitoring Produksi Gas Hidrogen (H₂) Melalui Elektrolisis Air Menggunakan Plat Titanium Dan Stainless Steel Berbasis Arduino"

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	16-8-2023 Rabu	Tambah kan sifat titanium & stainless steel Terhadap aliran listrik	
2.	22-8-2023 Selasa	Cetak tabel uji/hasil, grafik harus di sekuskan - Di Bab 4 Tambahkan pengujian Arduino dan sensor	
3.	26-8-2023 Sabtu	Perbaiki Kesimpulan dan Assumikan dengan permasalahan / ruang lingkup yg sudah diraliskan.	
4.	2-9-2023 Sabtu.	Buat Abstrak	
5.	4-9-2023 Senin	Penambahan Kesimpulan, persialan abstrak, halaman pada bab.	
6.	5-9-2023 Selasa.	ACC se Undik seminar Haki	
7.			

Dosen Pembimbing

Faisal Irsan Kasaribu, S.T., M.T.



UNIVERSITAS MUHAMMADIIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO

Jalan Kapten Mochtar Basri No.3 Medan Sumatera Utara 20238 Indonesia

Berita Acara Bimbingan Tugas Akhir (Skripsi)

Nama : Achmad Trimulya Himawan
Npm : 1907220090
Judul Tugas Akhir : "Rancang Bangun Sistem Monitoring Produksi Gas HHO Melalui Elektrolisis Air Menggunakan Plat Titanium Dan Stainless Steel Berbasis Arduino"

No	Tanggal	Catatan	Paraf
1.	Rabu 13/8/2023	Menambahkan materi tentang Gas H ₂ O	
2.	Kamis 14/8/2023	menambahkan perbedaan gas pascasar hidrogen murni dan gas tercampur	
3.	Jumat 15/8/2023	A Menambahkan soal Gas Sulfur monitoring	
4.	Sabtu 16/8/2023	ACC Sidang !!!	
5.			
6.			
7.			

Dosen Pembimbing

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

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA PRIBADI

Nama : Achmad Trimulya Himawan
Alamat : Jl. Bambu No.20 A
Jenis kelamin : Laki – laki
Umur : 22 Tahun
Agama : Islam
Status : Belum Menikah
Tempat, Tgl. Lahir : Medan, 05 Mei 2001
Tinggi/Berat Badan : 170 cm/52 Kg
Kewarganegaraan : Indonesia
No.Hp : 085831174331
Email : trimulyahimawan@gmail.com

ORANG TUA

Nama Ayah : Sunardi
Agama : Islam
Nama Ibu : Kamizar
Agama : Islam
Alamat : Jl. Bambu No. 20 A

LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

2007-2013 : SD Muhammadiyah 13
2013-2016 : SMP Negeri 37 Medan
2016-2019 : SMK Negeri 5 Medan
2019-2023 : Tercatat Sebagai Mahasiswa Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU)