

**RANCANG BANGUN MONITORING ELEKTROLISIS AIR BERBASIS
ARDUINO UNO DAN KONTROL TEGANGAN *BUCK CONVERTER***

SKRIPSI

Oleh:

Yahya Efendi
NIM. 19640012



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

**RANCANG BANGUN MONITORING ELEKTROLISIS AIR BERBASIS
ARDUINO UNO DAN KONTROL TEGANGAN *BUCK CONVERTER***

SKRIPSI

Diajukan kepada:

Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam
memperoleh gelar Sarjana Sains (S. Si)

Oleh:

Yahya Efendi
NIM. 19640012

**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2022**

HALAMAN PERSETUJUAN

**RANCANG BANGUN MONITORING ELEKTROLISIS AIR BERBASIS
ARDUINO UNO DAN KONTROL TEGANGAN *BUCK CONVERTER***

SKRIPSI

Oleh:
Yahya Efendi
NIM. 19640012

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji
Pada Hari, Tanggal: Senin, 7 November 2022

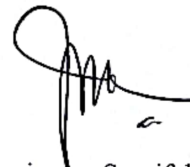
Menyetujui,

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II



Drs. Cecep E Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D.
NIP. 19590729 198602 1 001



Dr. Umayyatus Syarifah, MA
NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Umayyatus Syarifah, MA
NIP. 19820925 200901 2 005


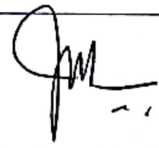
HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN MONITORING ELEKTROLISIS AIR BERBASIS ARDUINO UNO DAN KONTROL TEGANGAN *BUCK CONVERTER*

SKRIPSI

Oleh:
Yahya Efendi
NIM. 19640012

Telah diperiksa dan disahkan
Pada Hari, Tanggal: Senin, 14 November 2022

| | | |
|--------------------|--|---|
| Penguji Utama | <u>Dr. Imam Tazi, M.Si</u> NIP. 19740730 200312 1 002 |  |
| Ketua Penguji | <u>Ahmad Luthfin, S.Si, M.Si</u> NIP. 19860504 201903 1 009 |  |
| Sekretaris Penguji | <u>Drs. Cecep E Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D.</u> NIP. 19590729 198602 1 001 |  |
| Anggota Penguji | <u>Dr. Umaiyatus Syarifah, MA</u> NIP. 19820925 200901 2 005 |  |

Mengesahkan,
Ketua Program Studi



Dr. Imam Tazi, M.Si
NIP. 19740730 200312 1 002

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yahya Efendi
NIM : 19640012
Program Studi : Fisika
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Rancang Bangun Monitoring Elektrolisis Air Berbasis Arduino Uno dan Kontrol Tegangan *Buck Converter*

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian ini tidak terdapat unsur-unsur plagiat (penjiplakan) karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam skripsi ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka. Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur plagiat, maka saya bersedia untuk menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 17 November 2022

Yang membuat pernyataan



Yahya Efendi
NIM. 19640012

MOTTO

ꦱꦸꦂꦺꦝꦸꦫꦸꦗꦚꦤꦶꦁꦂꦠꦭꦺꦧꦸꦂꦢꦺꦤꦶꦁꦥꦁꦁꦠꦸꦠꦶ

“God *does't* play duce”

“Actions speak louder than words”

مَنْ جَدَّ وَجَدَ

“Ngilmu tinemu sarana laku”

“Suro Diro Jayaningrat Lebur Dening Pangastuti”

HALAMAN PERSEMBAHAN

Karya skripsi sederhana dan banyak kekurangan ini saya persembahkan kepada:

- Babe **Jarni, S.Pd.I** dan Momy **Supriati, S.Pd.I** selaku pihak yang membesarkan saya di alam dunia ini. Pak, Buk S.Pd.I *anake rodo mlence dadi S.Si, tapi rapopo.*
- Si anak manjah, adek saya **Alifa Anaqotu Zakiyah**
- Keluarga besar Bani Djumadi dan Bani Boyadi.
- *She is mine*

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamu'alaikum wr. wb.

Segala puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT Yang Maha Pengasih dan Yang Maha Penyayang, atas limpah rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Rancang Bangun Monitoring Elektrolisis Air Berbasis Arduino Uno dan Kontrol Tegangan Buck Converter”** dengan baik.

Sholawat serta salam semoga tetap tercurahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang telah membimbing kita ke jalan yang diridhai Allah SWT serta yang kita nanti-nantikan syafa'atnya kelak di hari akhir.

Penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan dan nasehat dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan laporan praktikum ini dengan baik
2. Orang tua penulis Bapak Jarni, S.Pd.I dan Ibu Supriati, S.Pd.I yang telah banyak memberi restu, nasihat, doa, dan dukungan baik moril maupun materil yang tak mungkin terbalaskan, serta keluarga besar penulis.
3. Prof. Dr. M. Zainudin, MA, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Dr. Sri Harini, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

5. Dr. Imam Tazi M.Si selaku Ketua Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
6. Drs. Cecep E Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D dan Dr. Umayyatus Syarifah, MA selaku dosen pembimbing skripsi.
7. Dr. Imam Tazi M.Si dan Ahmad Luthfin, S.Si, M.Si selaku dewan penguji Skripsi.
8. Seluruh Dosen Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
9. Teman-teman yang telah memberi dukungan.

Tak ada gading yang tak retak. Penulis menyadari atas terbatasnya ilmu yang dimiliki, skripsi ini tentu jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis dengan senang hati mengharapkan kritik dan saran untuk perbaikan dalam penyusunan selanjutnya. Terlepas dari segala kekurangan semoga skripsi ini dapat memberikan informasi dan kontribusi positif serta bermanfaat bagi kita semua.

Malang, 17 November 2022

Penulis

Yahya Efendi
NIM.19640012

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| LEMBAR PENGAJUAN | ii |
| HALAMAN PERSETUJUAN | iii |
| HALAMAN PENGESAHAN | iv |
| PERNYATAAN KEASLIAN KARYA | v |
| MOTTO | vi |
| HALAMAN PERSEMBAHAN | vii |
| KATA PENGANTAR | viii |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR GAMBAR | xii |
| DAFTAR TABEL | xiv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xv |
| ABSTRAK | xvi |
| ABSTRACT | xvii |
| مستخلص البحث..... | xviii |
| | |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Identifikasi dan Batasan Masalah | 4 |
| 1.3 Rumusan Masalah | 4 |
| 1.4 Tujuan Penelitian..... | 5 |
| 1.5 Manfaat Penelitian..... | 5 |
| | |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA | 7 |
| 2.1 Elektrolisis Air untuk produksi Hidrogen | 7 |
| 2.2 <i>Buck Converter</i> | 13 |
| 2.3 Arduino Uno | 14 |
| 2.4 Sensor | 15 |
| 2.4.1 Sensor Suhu DS18b20 | 15 |
| 2.4.2 Sensor Gas Hidrogen MQ-8..... | 17 |
| 2.4.3 Sensor Voltage 25VDC..... | 18 |
| 2.4.4 Sensor Current ACS712..... | 19 |
| 2.5 Data Logger dengan Microsoft Excel..... | 21 |
| 2.6 Penelitian Relevan | 22 |
| 2.7 Kerangka Berpikir | 25 |
| | |
| BAB III METODE PENELITIAN | 27 |
| 3.1 Jenis Penelitian | 27 |
| 3.2 Waktu dan tempat penelitian | 27 |
| 3.3 Alat dan bahan penelitian | 27 |
| 3.4 Perancangan penelitian | 28 |
| 3.4.1 Perancangan dan pembuatan alat | 29 |
| 3.4.2 Perancangan sistem monitoring | 30 |
| 3.4.3 Perancangan alat elektrolisis air..... | 31 |
| 3.4.4 Validasi sensor dan pengujian alat elektrolisis | 33 |
| 3.4.5 Pengambilan data elektrolisis air | 36 |

| | |
|--|-----------|
| 3.4.6 Pengolahan dan analisis data..... | 37 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 38 |
| 4.1 Pembuatan Alat | 38 |
| 4.1.1 Pembuatan Sistem Monitoring..... | 39 |
| 4.1.2 Pembuatan datalogger Microsoft Excel | 41 |
| 4.1.3 Pembuatan tabung elektrolisis..... | 42 |
| 4.1.4 Pembuatan elektroda | 44 |
| 4.1.5 Perakitan kontrol tegangan <i>Buck Converter</i> | 45 |
| 4.1.6 Perakitan alat elektrolisis air keseluruhan..... | 47 |
| 4.2 Pengaturan dan validasi sensor..... | 48 |
| 4.2.1 Pengaturan sensor MQ-8 untuk Gas Hidrogen | 50 |
| 4.2.2 Pengaturan dan validasi Sensor Voltage 25VDC..... | 55 |
| 4.2.3 Pengaturan dan validasi sensor arus ACS712..... | 59 |
| 4.2.4 Pengaturan dan validasi sensor suhu DS18b20..... | 62 |
| 4.3 Analisis data elektrolisis..... | 64 |
| 4.4 Pembahasan | 69 |
| 4.5 Pemanfaatan energi Hidrogen dalam perspektif Islam..... | 76 |
| BAB V PENUTUP | 79 |
| 5.1 Kesimpulan..... | 79 |
| 5.2 Saran | 79 |
| DAFTAR PUSTAKA | 81 |
| LAMPIRAN..... | 86 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Elektrolisis Air | 10 |
| Gambar 2. 2 Pemecahan Molekul Air menjadi Gas HHO | 11 |
| Gambar 2. 3 Stainless Steel..... | 12 |
| Gambar 2. 4 Rangkaian <i>Buck Converter</i> | 14 |
| Gambar 2. 5 Arduino Uno R3 | 14 |
| Gambar 2. 6 Grafik error sensor DS18b20 | 16 |
| Gambar 2. 7 Sensor Suhu DS18b20..... | 16 |
| Gambar 2. 8 Sensor MQ -8 | 17 |
| Gambar 2. 9 Karakteristik sensitivitas MQ-8 | 18 |
| Gambar 2. 10 Sensor Voltage 25VDC | 19 |
| Gambar 2. 11 Skema Sensor Voltage 25VDC | 19 |
| Gambar 2. 12 Sensor Current ACS712 | 20 |
| Gambar 2. 13 Grafik perbandingan tegangan dan arus pada sensor ACS712 | 20 |
| Gambar 2. 14 Data Logger dengan Microsoft Excel | 21 |
| Gambar 2. 15 Kerangka berfikir | 26 |
| Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian..... | 29 |
| Gambar 3. 2 Diagram alir pembuatan sistem monitoring..... | 30 |
| Gambar 3. 3 Diagram alir pembuatan datalogger Microsoft Excel | 31 |
| Gambar 3. 4 Diagram alir pembuatan alat elektrolisis..... | 32 |
| Gambar 3. 5 Diagram alir pengaturan Buck Converter | 33 |
| Gambar 3. 6 Diagram alir kalibrasi sensor MQ-8..... | 34 |
| Gambar 3. 7 Diagram Alir Kalibrasi Sensor (Tegangan, Arus dan Suhu)..... | 35 |
| Gambar 3. 8 Diagram alir pengambilan data | 36 |
| Gambar 3. 9 Diagram alir pengolahan dan analisis data..... | 37 |
| Gambar 4. 1 Diagram kerja alat elektrolisis..... | 39 |
| Gambar 4. 2 Skematik sistem monitoring..... | 40 |
| Gambar 4. 3 Desain sistem monitoring..... | 40 |
| Gambar 4. 4 Tampilan GUI Datalogger..... | 42 |
| Gambar 4. 5 Desain rancang tabung elektrolisis..... | 43 |
| Gambar 4. 6 Tabung elektrolisis | 43 |
| Gambar 4. 7 Desain Rancang Elektroda | 44 |
| Gambar 4. 8 Elektroda | 44 |
| Gambar 4. 9 Gelombang DC <i>buck converter</i> | 46 |
| Gambar 4. 10 Gelombang DC dari sampel power supply lain | 46 |
| Gambar 4. 11 Desain rangkaian keseluruhan elektrolisis air..... | 47 |
| Gambar 4. 12 Rangkaian keseluruhan elektrolisis air..... | 47 |
| Gambar 4. 13 Grafik linier sensor MQ-8 | 53 |
| Gambar 4. 14 Penempatan sensor MQ-8 | 55 |
| Gambar 4. 15 Penyimpangan Sensor Voltage terhadap Voltmeter..... | 57 |
| Gambar 4. 16 Grafik ketepatan sensor voltage 25VDC..... | 58 |
| Gambar 4. 17 Penyimpangan Sensor Arus terhadap Ampermeter | 60 |
| Gambar 4. 18 Grafik ketepatan sensor ACS712 | 61 |
| Gambar 4. 19 Penyimpangan sensor suhu terhadap termometer digital | 63 |
| Gambar 4. 20 Grafik ketepatan sensor suhu Ds18b20..... | 63 |
| Gambar 4. 21 Grafik hasil konsentrasi gas hidrogen | 66 |

| | |
|---|----|
| Gambar 4. 22 Grafik perubahan tegangan pada proses elektrolisis | 67 |
| Gambar 4. 23 Grafik perubahan arus pada proses elektrolisis..... | 68 |
| Gambar 4. 24 Grafik perubahan pada proses elektrolisis | 69 |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|----|
| Tabel 2. 1 Sifat fisik atom hidrogen..... | 7 |
| Tabel 2. 2 Datasheet Arduino Uno..... | 15 |
| Tabel 3. 1 Jadwal penelitian..... | 27 |
| Tabel 3. 2 Alat dan bahan penelitian..... | 28 |
| Tabel 4. 1 Pengaturan resistor variabel buck converter | 45 |
| Tabel 4. 2 Alat ukur valid | 50 |
| Tabel 4. 3 Data pembacaan sensor MQ-8 pada udara bersih..... | 52 |
| Tabel 4. 4 Data pendekatan dan normalisasi sensor MQ-8..... | 53 |
| Tabel 4. 5 Perhitungan error sensor MQ-8. | 54 |
| Tabel 4. 6 Perhitungan error sensor Voltage 25VDC | 57 |
| Tabel 4. 7 Perhitungan error sensor arus ACS712..... | 60 |
| Tabel 4. 8 Perhitungan error sensor DS18B20 | 62 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | | |
|------------|---|----|
| Lampiran 1 | Data validasi sensor voltage pertama | 87 |
| Lampiran 2 | Data elektrolisis | 88 |
| Lampiran 3 | Program Datalogger..... | 90 |
| Lampiran 4 | Program Arduino Uno (Monitoring System) | 95 |
| Lampiran 5 | Perhitungan skala terendah sensor arus ACS712 | 98 |
| Lampiran 6 | Dokumentasi..... | 99 |

ABSTRAK

Efendi, Yahya. 2022. Rancang Bangun Monitoring Elektrolisis Air berbasis Arduino Uno dan Kontrol Tegangan Buck Converter. Skripsi. Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pembimbing: (1) Drs. Cecep E Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D. (2) Dr. Umayyatus Syarifah, MA

Kata Kunci: Hidrogen; Energi Terbarukan; Arduino Uno; Sensor

Elektrolisis adalah suatu cara untuk memisahkan air (H_2O) menjadi gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) dengan menggunakan arus listrik melalui air. Selama ini penelitian tentang elektrolisis air banyak dilakukan dengan akuisisi data secara manual. Penelitian ini bertujuan untuk membuat perangkat sistem monitoring elektrolisis air untuk akuisisi data otomatis berbasis Arduino Uno kemudian untuk mengetahui pengaruh kontrol tegangan *Buck Converter* terhadap produksi gas hidrogen yang dihasilkan. Perangkat sistem monitoring ini dirancang dengan 4 buah sensor, yaitu: sensor gas MQ-8; sensor tegangan 25VDC; sensor arus ACS712; dan sensor suhu DS18B20. Datalogger menggunakan Microsoft Excel dengan fitur VBA (Visual Basic for Application). Sensor MQ-8 diatur dengan skala pembacaan 200-1000 ppm (parts per million) dengan nilai RMSE sebesar 0,0288. Hasil validasi menunjukkan 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 perangkat sistem pemantauan elektrolisis yang dikembangkan umumnya sesuai dengan standar penelitian ilmiah. Kemudian elektrolisis air menunjukkan bahwa penggunaan tegangan 12 Volt menghasilkan konsentrasi gas hidrogen paling tinggi yaitu 847 ppm, dan proses elektrolisis lebih cepat yaitu 6 jam 7 menit ditandai tidak ada arus yang mengalir. Sedangkan pada pengaturan tegangan 9 menghasilkan konsentrasi gas 510 ppm selama 6 jam 40 menit, dan pada pengaturan tegangan 6 Volt menghasilkan konsentrasi gas 214 ppm selama 10 jam 8 menit.

ABSTRACT

Efendi, Yahya. 2022. Design and Testing Water Electrolysis Device based on Arduino Uno and Buck Converter Voltage Control. Ungraduated Thesis. Department of Physics, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University Malang.
Supervisor: (1) Drs. Cecep E Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D. (2) Dr. Umayyatus Syarifah, MA

Keywords: Hydrogen; Renewable Energy; Arduino Uno; Sensor

Electrolysis is a way to separate water (H_2O) into hydrogen gas (H_2) and oxygen (O_2) by using an electric current through water. So far, research on electrolysis of water has been mostly done by manual data acquisition. This study aims to create a water electrolysis monitoring system device for automatic data acquisition based on Arduino Uno and then to determine the effect of Buck Converter voltage control on the production of hydrogen. The monitoring system device is designed with 4 sensors, namely: MQ-8 gas sensor; 25VDC voltage sensor; ACS712 current sensor; and DS18B20 temperature sensor. Datalogger uses Microsoft Excel with VBA (Visual Basic for Application) features. The MQ-8 sensor is set with a reading scale of 200-1000 ppm (parts per million) with an RMSE value of 0.0288. The validation results show the 25VDC voltage sensor has an accuracy of 99.81% with a reading scale of 5-12 Volts, the ACS712 current sensor has an accuracy of 95.21% with a reading scale of 0-2.5 amperes, and the DS18B20 temperature sensor has an accuracy of 99.68% with the reading scale is 25° – 51° C. The level of accuracy of the developed electrolysis monitoring system devices is generally in accordance with scientific research standards. Then the electrolysis of water showed that the use of 12 Volt voltage resulted in the highest concentration of hydrogen gas at 847 ppm, and the electrolysis process was faster at 6 hours 7 minutes, marked by no current flowing. Meanwhile, at the voltage setting 9, the gas concentration was 510 ppm for 6 hours and 40 minutes, and at the 6 Volt setting the gas concentration was 214 ppm for 10 hours and 8 minutes.

مستخلص البحث

إفندي، يحيى ، ٢٠٢٢ . تصميم واختبار جهاز التحليل الكهربائي للمياه باستخدام مستشعرات تعتمد على التحكم في جهد محمول Arduino Uno و Buck Converter . بحث جامعي . قسم الفيزياء بكلية العلوم والتكنولوجيا جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية مالانج
المشرف: (١) الدكتور اندوس سيسيب إي روستانا، ليسانس العلوم، الدكتور في الفلسفة (٢) الدكتور اوميأتوس شريفة، الماجستير الدين

الكلمات الأساسية: هيدروجين؛ طاقة متجددة؛ Arduino Uno ؛ محسبات

يعد التحليل الكهربائي طريقة لفصل الماء (H_2O) إلى غاز الهيدروجين (H_2) والأكسجين (O_2) باستخدام تيار كهربائي عبر الماء. حتى الآن ، تم إجراء معظم الأبحاث حول التحليل الكهربائي للمياه عن طريق الحصول على البيانات يدويًا. تهدف هذه الدراسة إلى إنشاء جهاز نظام مراقبة التحليل الكهربائي للماء للحصول على البيانات تلقائيًا بناءً على Arduino Uno ومن ثم تحديد تأثير التحكم في جهد محمول باك على إنتاج غاز الهيدروجين المنتج. جهاز نظام المراقبة هذا مصمم بأربعة مستشعرات ، وهي: مستشعر الغاز MQ-8 ؛ مستشعر الجهد VDC25 ؛ مستشعر التيار ACS712 ؛ وجهاز استشعار درجة الحرارة DS18B20. يستخدم Datalogger برنامج Microsoft Excel مع ميزات (Visual Basic for Application) VBA. تم ضبط مستشعر MQ-8 بمقياس قراءة من ٢٠٠ - ١٠٠٠ ppm جزء في المليون (أجزاء في المليون) بقيمة RMSE تبلغ ٠.٠٢٨٨. تظهر نتائج التحقق من صحة مستشعر الجهد VDC25 بدقة ٩٩,٨١ ٪ مع مقياس قراءة من ٥ - ١٢ فولت ، ومستشعر التيار ACS712 بدقة ٩٩,٢١ ٪ مع مقياس قراءة من ٠ - ٢.٥ أمبير ، ومستشعر درجة الحرارة DS18B20 لديه دقة تبلغ ٩٩,٦٨ ٪ بمقياس قراءة ٢٥ درجة - ٥١ درجة مئوية. مستوى دقة أجهزة نظام مراقبة التحليل الكهربائي المطورة بشكل عام يتوافق مع معايير البحث العلمي. ثم أظهر التحليل الكهربائي للماء أن استخدام جهد ١٢ فولت أدى إلى أعلى تركيز لغاز الهيدروجين عند ٨٤٧ جزء في المليون ، وأن عملية التحليل الكهربائي كانت أسرع عند ٦ ساعات و ٧ دقائق ، مع عدم وجود تدفق للتيار. وفي الوقت نفسه ، عند إعداد الجهد ٩ ، ينتج تركيز غاز يبلغ ٥١٠ جزء في المليون لمدة ٦ ساعات و ٤٠ دقيقة ، وعند إعداد جهد ٦ فولت ينتج تركيز غاز قدره ٢١٤ جزء في المليون لمدة ١٠ ساعات و ٨ دقائق.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanfaatan secara besar-besaran terhadap bahan bakar fosil merupakan ancaman serius bagi lingkungan, dampaknya seperti sumber daya alam habis, emisi gas polutan, timbunan limbah dan perubahan iklim. Sebagai hasil dari kesadaran masyarakat akan ancaman ini, telah dicapai kesepakatan dalam arti diperlukan sistem energi yang baru, bersih, berkelanjutan dan terbarukan. Sampai saat ini telah banyak energi terbarukan yang telah dimanfaatkan seperti cahaya matahari, biodisel, biogas, hidrogen dan lain sebagainya. Untuk sumber energi hidrogen sendiri telah dikembangkan di banyak negara, termasuk Indonesia yang mengembangkan salah satunya hidrogen *full cell* sebagai sumber energi terbarukan. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) menginisiasi pembentukan *Indonesia Association Fuel Cell and Hydrogren Energy* (INAFHE) menjadi wadah bagi semua elemen yg berkiprah pada bidang pengembangan *fuel cell* pada Indonesia.

Unsur hidrogen dalam tabel periodik merupakan unsur kimia paling ringan dan sederhana. Sebagai gas hidrogen memiliki massa jenis $0,0899 \text{ kg/Nm}^3$ yang 15 kali lebih ringan dari pada udara. Ini menjadikannya bahan dengan kandungan energi tertinggi per satuan massa dengan nilai kalor $3,54 \text{ kWh}$ ($39,42 \text{ kWh/kg}$), yang 2,5 lebih energik dari pada metana dan bensin (Balat. 2008).

Namun, hidrogen tidak dapat ditemukan secara murni di alam, meskipun hidrogen adalah unsur yang paling melimpah di alam semesta. Untuk menghasilkan hidrogen murni terdapat beberapa sumber, seperti dari industri

minyak, gasifikasi batu bara dan proses elektrolisis air. Elektrolisis air dinilai proses pembentukan gas hidrogen yang paling ramah lingkungan dari pada proses lainnya. Proses ini akan menguraikan air menjadi gas hidrogen dan air dengan batuan aliran listrik DC.

International Association for Hydrogen Energy (IAHE) menyebutkan bahwa hidrogen dianggap sebagai energi ideal di masa yang akan datang. Energi ini dapat diubah menjadi bentuk energi yang berguna secara efisien dan tanpa efek lingkungan yang merugikan. Satu-satunya produk sampingan dari proses elektrolisis air adalah air atau uap air, jika oksigen (O^2) digunakan untuk pembakaran hidrogen dengan api, maka sejumlah kecil Nitrogen oksida (NO_x) akan dihasilkan.

Sebagaimana firman Allah dalam surah al Isra [17]:70,

وَلَقَدْ كَرَّمْنَا بَنِي آدَمَ وَحَمَلْنَاهُمْ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ وَرَزَقْنَاهُمْ مِّنَ الطَّيِّبَاتِ وَفَضَّلْنَاهُمْ عَلَى كَثِيرٍ
مِّمَّنْ خَلَقْنَا تَفْضِيلًا ❁

Artinya: “Dan sungguh, Kami telah memuliakan anak cucu Adam, dan Kami angkut mereka di darat dan di laut, dan Kami beri mereka rezeki dari yang baik-baik dan Kami lebihkan mereka di atas banyak makhluk yang Kami ciptakan dengan kelebihan yang sempurna” (QS. Al Isra:70).

Ayat ini menjelaskan bahwa Allah menciptakan manusia dengan berbagai kelebihan. Allah memberikan manusia anugerah yang sangat besar yang berupa akal dan pikiran. Anugerah ini menjadikan manusia menjadi makhluk yang berkembang yang artinya setiap waktu berinovasi untuk mencari solusi atas masalah-masalah yang dihadapi masyarakat saat ini, salah satunya adalah mengembangkan di bidang teknologi dan energi yang saat ini kedua bidang tersebut menjadi penunjang keberlangsungan hidup manusia.

Rustana (2021) melakukan penelitian dengan memberi variasi tegangan dan jenis elektroda pada elektrolisis air laut, menyimpulkan bahwa jenis elektroda dan variasi tegangan mempengaruhi laju produksi hidrogen pada proses elektrolisis air laut. Rusdianasari (2019) membuat alat generator gas HHO menggunakan elektroda dari stainless steel dengan luas permukaan 66 cm² dengan menggunakan arus sebesar 15 A menghasilkan gas HHO sebesar 0,1028 LPM (Liter Per Menit) dengan pengukuran parameter manual. Kemudian Enshasy, (2019) merancang Generator HHO Sel Kering dengan hasil simulasi menunjukkan tegangan minimal untuk menghasilkan gas HHO adalah 1,23 Volt, ini akan meningkatkan arus efektif sehingga meningkatkan efisiensi. Yuvaraj (2014) dan Fauzan (2022) menyimpulkan bahwa tegangan yang stabil digunakan untuk elektrolisis 12 Volt. Penelitian ini akan menguji pengaturan tegangan dengan variasi dibawah 12 Volt dengan harapan semakin rendah tegangan yang digunakan semakin sedikit daya yang digunakan.

Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dilakukan pengumpulan data penelitian yang secara manual tanpa adanya otomatisasi pencatatan data menjadi faktor menguras energi bagi peneliti. Penelitian gas hidrogen bisa menguras waktu 6 – 12 jam tanpa henti, bahkan ada yang dilakukan selama hitungan hari. Sehingga dengan permasalahan diatas dan penelitian energi hidrogen terdahulu, menjadi acuan untuk melakukan penelitian rancang bangun alat elektrolisis air dengan sistem monitoring menggunakan sensor dan kontrol *buck converter* dengan harapan rancang bangun alat ukur dapat membantu memaksimalkan proses elektrolisis air dan memudahkan pengambilan data gas hidrogen yang dihasilkan, arus dan tegangan yang digunakan pada proses elektrolisis air, dan

suhu air ketika proses elektrolisis berjalan. Alat ukur yang digunakan adalah sensor gas untuk mengukur parameter konsentrasi gas hidrogen yang dihasilkan, sensor suhu untuk mengukur suhu air pada proses elektrolisis, sensor tegangan dan arus untuk mengukur arus dan tegangan yang digunakan. Selain itu penelitian kali ini juga melakukan kontrol tegangan yang digunakan untuk proses elektrolisis air dengan menggunakan kontrol tegangan *buck converter*.

1.2 Identifikasi dan Batasan Masalah

Penelitian energi hidrogen dengan elektrolisis air beberapa tahun belakang ini membahas tentang beberapa masalah, yaitu korosi dalam elektroda, pengaruh tegangan dan arus terhadap produksi gas hidrogen, pengaruh jenis katalis yang digunakan, pengaruh jenis elektroda terhadap produksi hidrogen, dan alat monitoring proses elektrolisis air.

Penelitian kali ini membatasi dari sekian banyak permasalahan dalam penelitian energi hidrogen dengan elektrolisis air, hanya pada permasalahan pada alat monitoring proses elektrolisis air dan pengaruh tegangan terhadap produksi gas hidrogen pada proses elektrolisis air.

1.3 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini, yaitu:

1. Bagaimana membuat alat monitoring untuk elektrolisis air berbasis Arduino Uno?
2. Bagaimana validasi sensor suhu, tegangan, arus dan gas hidrogen pada proses monitoring elektrolisis air?

3. Bagaimana pengaruh pemberian variasi tegangan dengan kontrol *Buck Converter* terhadap pengukuran produksi gas hidrogen yang dihasilkan pada proses elektrolisis air?

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini, yaitu:

1. Untuk membuat alat monitoring untuk elektrolisis air berbasis Arduino Uno
2. Untuk memvalidasi sensor suhu, tegangan, arus dan gas hidrogen pada proses monitoring elektrolisis air
3. Untuk mengetahui pengaruh pemberian variasi tegangan dengan kontrol *buck converter* terhadap produksi gas hidrogen yang dihasilkan pada proses elektrolisis air

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian rancang bangun alat elektrolisis air dengan sistem monitoring menggunakan sensor dan kontrol *buck converter* ini adalah:

- A. Bagi mahasiswa:
 - a. Mahasiswa dapat mengimplementasikan ilmu yang telah didapat selama studi pada Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
 - b. Menjadi motivasi untuk mengembangkan penelitian dalam bidang energi hidrogen
- B. Bagi penelitian selanjutnya:

- a. Dengan dibuatnya alat elektrolisis air dengan sistem monitoring data elektrolisis dengan otomatis sehingga membantu mempermudah pengumpulan data elektrolisis air.
- b. Menjadi sumbangsih penelitian terbaru pengaruh kontrol tegangan *buck converter* pada proses elektrolisis air.

C. Bagi masyarakat dan lingkungan:

Penelitian gas hidrogen untuk energi terbarukan yang diharapkan menjadi energi ramah lingkungan yang nanti akan digunakan pada masyarakat luas yang bisa menggantikan energi fosil yang saat ini menimbulkan berbagai pencemaran lingkungan.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Elektrolisis Air untuk produksi Hidrogen

Hidrogen (bahasa Latin: *hydrogenium*, dari bahasa Yunani: *hydro*: cairan, *genes*: membentuk) merupakan unsur kimia pada tabel periodik yang memiliki simbol H dan nomor atom 1. Hidrogen adalah unsur utama yang terkandung dalam air dan seluruh bahan organik di bumi maupun alam semesta. Hidrogen berbentuk gas diatomik yang sangat mudah terbakar, yang merupakan unsur paling ringan dan paling mudah membentuk molekul H₂. Atom hidrogen (H) memiliki inti, satu muatan positif dan satu elektron tunggal serta memiliki nomor atom 1 dan berat atom 1,00797 g/mol (Rogers, 1999).

Tabel 2.1 Sifat fisik atom hidrogen

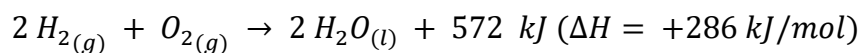
| | |
|-----------------------------------|---|
| Nama/Lambang/No Atom | Hidrogen/H/1 |
| Massa atom standar | 1,000794 |
| Konfigurasi elektron | 1s ¹ |
| Fase | Gas |
| Jari jari atom | 25 pm |
| Jari jari kovalen | 37 pm |
| Jari jari van der waals | 120 pm |
| Titik Lebur | 14,01° K, -259,14 °C, -434,45 °F |
| Titik didih | 20,28° K, -252,87 °C, -423,17 °F |
| Titik kritis | 32,97 K, 1,293 MPa |
| Kalor peleburan (H ₂) | 0,117 kJ·mol ⁻¹ |
| Kalor penguapan | 0,904 kJ·mol ⁻¹ |
| Kapasitas Kalor | 28,836 J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹ |
| Energi Ionisai | pertama: 1312,0 kJ·mol ⁻¹ |
| Struktur Kristal | Heksagonal |

Hidrogen memiliki tiga isotop alami, yaitu:

- a. ¹H, merupakan isotop hidrogen yang paling banyak dengan persentase 99.98% dari jumlah atom hidrogen. Karena inti atom isotop ini hanya memiliki proton tunggal, ini dinamai isotop protium.

- b. 2H , merupakan isotop hidrogen yang stabil, dikenal deuterium dan berisi satu proton dan satu neutron pada intinya dengan sifat tidak radioaktif, dan tidak memberikan bahaya keracunan yang signifikan.
- c. 3H , merupakan isotop dengan nama tritium dan berisi satu proton dan dua neutron pada intinya. Isotop memiliki sifat radioaktif, dan mereras menjadi Helium-3 melalui pererasan beta dengan umur paruh 12,32 tahun.

Sifat gas hidrogen sangat mudah terbakar, gas ini akan terbakar pada konsentrasi 4% di udara lepas. Hidrogen akan melepaskan energi secara eksplosif dalam mesin pembakaran ketika bereaksi dengan oksigen. Kandungan energi 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 (Widarningtyas, dkk. 2020). Entalpi pembakaran gas hidrogen adalah +286 kJ/mol dengan reaksi endoterm. Berikut adalah persamaan kimia untuk hidrogen terbakar:



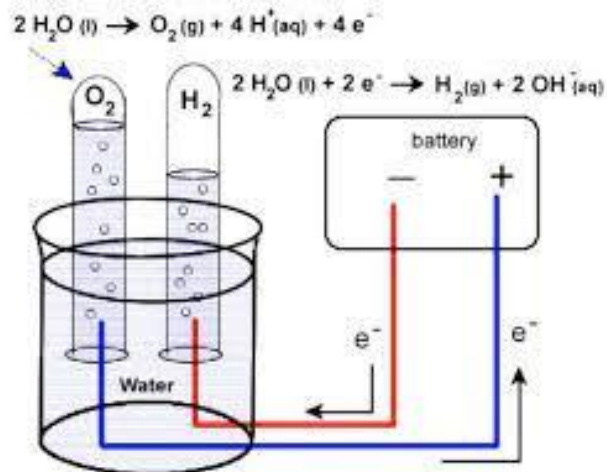
Pecampuran dengan oksigen dengan berbagai perbandingan, hidrogen akan meledak ketika disulut dengan api dan akan meledak dengan sendiri pada suhu 560 °C. Dalam pembakaran hidrogen-oksigen murni akan menghasilkan lidah api yang memancarkan gelombang ultraviolet dan nyaris tidak terlihat dengan mata telanjang. Oleh sebab inilah, ketika ada kebocoran gas hidrogen sangat sulit dideteksi secara visual. Karakteristik lainnya dari api hidrogen adalah nyala api cenderung menghilang dengan cepat di udara, sehingga kerusakan dampak ledakan hidrogen bertambah ringan dari ledakan hidrokarbon.

Tidak seperti bahan bakar fosil hidrogen tidak tersedia langsung di alam, namun dihasilkan dari sumber energi primer apapun dan kemudian digunakan

sebagai bahan bakar baik untuk pembakaran langsung di mesin pembakaran internal atau di sel bahan bakar, hanya menghasilkan air sebagai produk sampingannya (Nikolaidis and Poullikkas. 2017).

Di alam gas hidrogen tidak bisa ditemukan secara bebas ini disebabkan 48% gas hidrogen berasal dari produksi gas alam, 30% berasal dari industri minyak, 18% berasal dari hasil gasifikasi batu bara dan sisanya 4% dari proses elektrolisis (Jasmine and Rustana. 2020).

Salah satu cara untuk memproduksi gas hidrogen dengan melakukan elektrolisis air. Menurut Achmad H. (1992) elektrolisis air adalah “Peristiwa penguraian senyawa air (H_2O) menjadi gas gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) dengan menggunakan arus listrik yang melalui air tersebut”. Ketika arus listrik dialirkan melalui senyawa ionik dan mengalami reaksi kimia pada saat itu elektrolisis terjadi. Sifat larutan elektrolit yang dapat menghantarkan listrik ini disebabkan karena kandungan ion-ion yang bergerak bebas. Kandungan ion-ion tersebut menjadi perantara yang menghantarkan arus listrik melalui larutan. Hantaran listrik dalam larutan elektrolit terjadi ketika sumber listrik merupakan listrik arus searah (DC) yang memberi muatan yang berbeda pada kedua elektrodanya. Elektroda yang dihubungkan dengan kutub positif disebut dengan katoda sedangkan elektroda yang dihubungkan dengan kutub negatif disebut dengan anoda. (Suyuty A. 2011).



Gambar 2.1 Elektrolisis Air
(Suyuty A. 2011)

Allah Swt. berfirman dalam surat an-Nahl [16]:65:

وَاللَّهُ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَحْيَا بِهِ الْأَرْضَ بَعْدَ مَوْتِهَا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِقَوْمٍ
يَسْمَعُونَ ❁

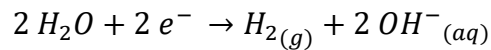
Artinya: “Dan Allah menurunkan dari langit air (hujan) dan dengan air itu dihidupkan-Nya bumi sesudah matinya. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat tanda-tanda (kebesaran Tuhan) bagi orang-orang yang mendengarkan (pelajaran) (Q.S An Nahl:65)”.

Air dijelaskan dalam dalam ayat tersebut sebagai anugerah bagi manusia untuk menghidupkan bumi yang gersang. Air selama ini digunakan untuk kebutuhan hidup manusia baik untuk minum, mandi, menyiram tanaman atau yang lainnya. Bahkan air juga menyimpan kandungan yang luar biasa, yaitu hidrogen, yang merupakan energi terbarukan yang bisa menunjang kehidupan manusia.

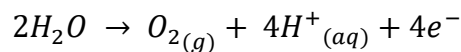
Proses kimia yang terjadi dalam proses elektrolisis air adalah redoks-reduksi dan oksidasi. Pada kutub katoda akan mengalami proses redoks-reduksi, yang melepas elektron sehingga terjadi reduksi pada gas hidrogen. Sedangkan pada kutub anoda akan mengalami proses oksidasi, yang menerima elektron sehingga

terjadi oksidasi pada gas oksigen. Proses oksidasi inilah yang mengakibatkan elektroda pada anoda mengalami korosi. Berikut adalah proses lengkap reaksi redoks-reduksi dan oksidasi:

Reaksi redoks-reduksi pada kutub katoda

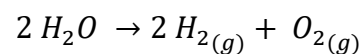
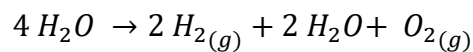
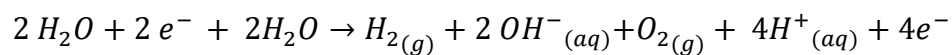


Reaksi oksidasi pada kutub anoda

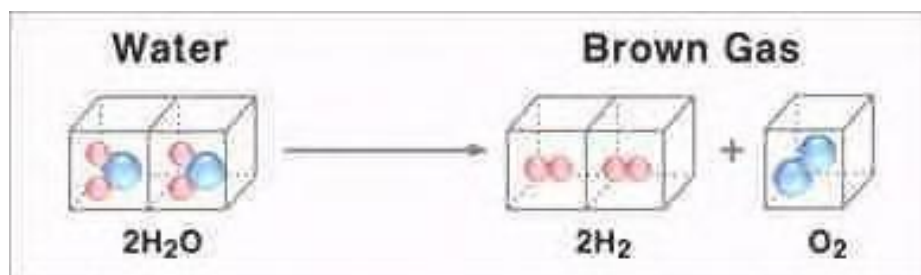


Sehingga dari kedua proses tersebut diperoleh reaksi

reaksi reduksi + reaksi oksidasi



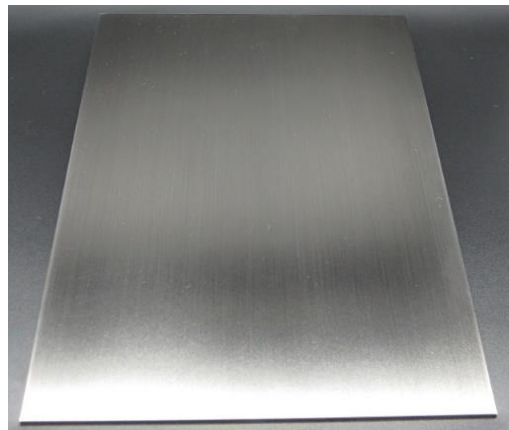
Persamaan reaksi diatas menunjukkan bahwa hasil dari proses elektrolis air adalah gas hidrogen pada kutub katoda dan gas oksigen pada kutub anoda.



Gambar 2.2 Pemecahan Molekul Air menjadi Gas HHO
(Abdurrahman, Arif. 2013)

Salah satu komponen penting alat elektrolisis air adalah elektroda. Elektroda merupakan konduktor listrik (bahan penghantar listrik) yang digunakan untuk membuat kontak dengan bagian nonlogam dari suatu rangkaian. Yang pada proses elektrolisis air bagian nonlogam adalah air itu sendiri.

Ketika proses elektrolisis, semakin banyak luas elektroda yang menyentuh atau tercelup ke dalam elektrolit maka akan mempermudah suatu elektrolit untuk mentransfer elektronnya. Begitu juga jika luasan elektroda yang tercelup ke dalam elektrolit sedikit maka semakin mempersulit elektrolit untuk melepaskan elektron, hal ini disebabkan sedikitnya luas penampang penghantar yang tercelup elektrolit, sehingga transfer elektron bekerja dengan lambat dalam mengelektrolisis elektrolit. (Suyuty A. 2011). Elektroda yang digunakan sebagai anoda dalam proses elektrolisis air akan mengalami kerusakan, karena anoda berkarat (teroksidasi) dan katoda berkurang karat (tereduksi) (Yuvaraj and Santharaj. 2014).



Gambar 2.3 Stainless Steel
(kukikawa.com)

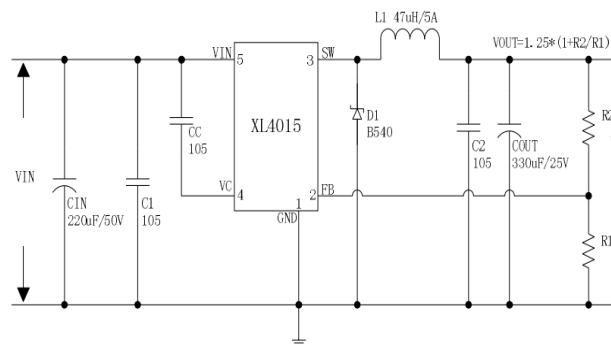
Sifat korosi dari proses elektrolisis air mengharuskan kita memilih elektroda dari bahan yang memiliki ketahanan terhadap korosi. Elektroda dari logam stainless steel memiliki efisiensi yang baik dalam pencegahan korosi yang terjadi selama proses elektrolisis air (Louise. 2017). Stainless steel atau nama lainnya baja tahan karat adalah paduan besi yang mengandung minimal sekitar 11% kromium. Bahan kromium inilah yang menahan *Stainless steel* berkarat.

2.2 *Buck Converter*

Buck converter merupakan jenis penurun tegangan atau *step down dc to dc converter*. *Buck converter* dapat menghasilkan tegangan output yang sama atau lebih rendah dari tegangan inputnya. Rangkaian *buck converter* terdiri atas mosfet sebagai saklar aktif, dan dioda sebagai saklar pasif (Asnil and Husnaini. 2015). Prinsip kerja *buck converter* dengan menggunakan *switch* (pengalihan) yang bekerja dengan terus menerus hidup-mati. Dalam *buck converter* akan dikenal istilah PWM (*Pulse Width Modulation*) dan *Duty Cycle* di dalam mengendalikan frekuensi kerja switch (Wahid Azhari and Aswardi. 2020).

Efisiensi dari *buck converter* pada umumnya sampai dengan 90%, ini lebih tinggi jika dibandingkan dengan power supply penurun tegangan biasa. Dalam kerjanya *buck converter* menggunakan sifat induktif terhadap guncangan listrik berfrekuensi tinggi dan bekerja dengan adanya denyut-denyut tegangan (layaknya *Switch Mode Power Supply*) ini sebabkan karena di dalam rangkaian *buck converter* terdapat generator sinyal, transistor penguat, dioda, kapasitor dan induktor (Widyatama. 2017).

Untuk pengaturan tegangan pada proses elektrolisis air ini digunakan *Buck Converter* dengan ic mosfet XL4015. *Buck Converter* XL4015 adalah konverter *dc to dc* frekuensi tetap 180 KHz buck (*step-down*), yang mampu menggerakkan beban 5A dengan efisiensi tinggi, riak rendah, dan regulasi saluran dan beban yang sangat baik. *Buck Converter* ini memiliki rentang tegangan input 8V hingga 36V dan output dapat disesuaikan dari 1.25V sampai dengan 32V dengan efisiensi sampai dengan 96%.



Gambar 2.4 Rangkaian *Buck Converter* (datasheet XL4015)

2.3 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan mikrokontroler dengan IC kontrol ATmega328, mikrokontroler ini memiliki 14 pin digital yang bisa digunakan untuk input ataupun output. Arduino Uno Memiliki *clock speed* 16 MHz dengan koneksi USB tipe A sebagai catu daya dan data transfer, *header ICSP* dan tombol untuk reset. Mikrokontroler ini menggunakan daya yang terhubung dengan komputer dengan kabel USB ataupun dapat dengan menggunakan catu daya DC eksternal berupa catu daya universal ataupun baterai (Syahwil M, 2013).

Pemrograman Arduino uno menggunakan aplikasi Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C++. Aplikasi ini bersifat sumber terbuka (*open source*) dan dapat diinstall pada operasi sistem Windows, Linux ataupun MacOS.



Gambar 2.5 Arduino Uno R3 (Widyatama, A. P. 2017)

Berikut adalah deskripsi bagian-bagian Arduino Uno R3

Tabel 2.2 Datasheet Arduino Uno

| | |
|----------------|--------------------------|
| IC Utama | Atmega328 |
| Input Tegangan | 5 – 20 VDC |
| Pin | 14 Pin (6 pin untuk PWM) |
| Arus | 50 mA |
| Bootloader | SRAM 2 KB |
| EEPROM | 1 KB |
| Kecepatan | 1 Hz |

2.4 Sensor

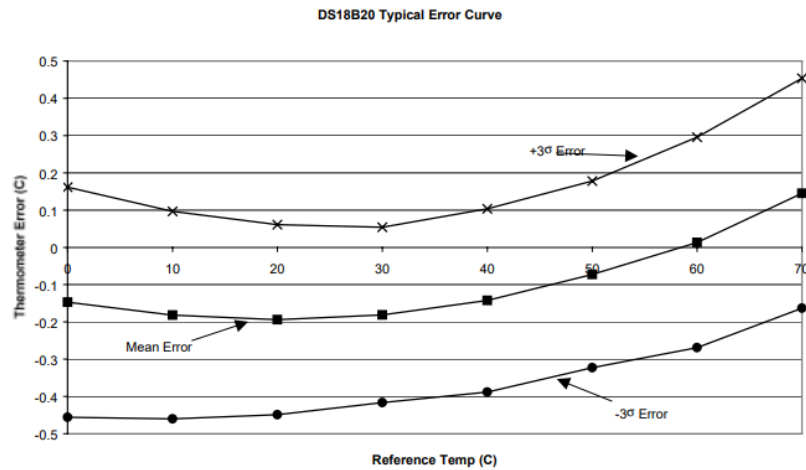
Sensor merupakan suatu piranti yang berfungsi untuk mendeteksi sinyal-sinyal atau yang berasal dari perubahan suatu energi seperti listrik, kimia, fisika, biologi, mekanik dan lain sebagainya (M. Adrinta A dkk. 2017). Sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah sensor gas Hidrogen (MQ-8), sensor suhu (DS18b20), sensor tegangan (Voltage 25VDC) dan sensor arus (Current ACS712).

Keluaran sebuah sensor terbagi menjadi dua, yaitu keluaran sinyal analog yang menghasilkan sinyal kontinu, dan keluaran sinyal digital yang menghasilkan sinyal diskrit. Sensor terdiri atas sensor aktif yang memerlukan daya eksternal dan sensor pasif yang tidak perlu menggunakan daya eksternal.

2.4.1 Sensor Suhu DS18B20

Sensor suhu DS18B20 merupakan sensor suhu yang sudah digital, sensor ini memiliki kemampuan membaca suhu dengan ketelitian 9-bit sampai dengan 12-bit, dengan rentang -55°C sampai dengan 125°C dengan ketelitian $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Sensor suhu ini menggunakan *interface one wire*, sehingga hanya

menggunakan lebih sedikit kabel dalam pemasangannya (Imam, Apriaskar, and Djuniadi. 2019).



Gambar 2.6 Grafik error sensor DS18b20

Prinsip kerja sensor suhu DS18B20 ini adalah mengubah besaran suhu menjadi tegangan. Besaran tegangan ideal yang mampu keluar dari sensor ini mempunyai perbandingan 100 setara dengan 1 Volt. Sensor ini memiliki pemanasan diri kurang dari 0.1 dan dapat dioperasikan dengan menggunakan catu daya tunggal yang dapat dihubungkan antar muka rangkaian kontrol dengan baik (Akbar. 2017)



Gambar 2.7 Sensor Suhu DS18b20
(Imam, M. 2019)

2.4.2 Sensor Gas Hidrogen MQ-8

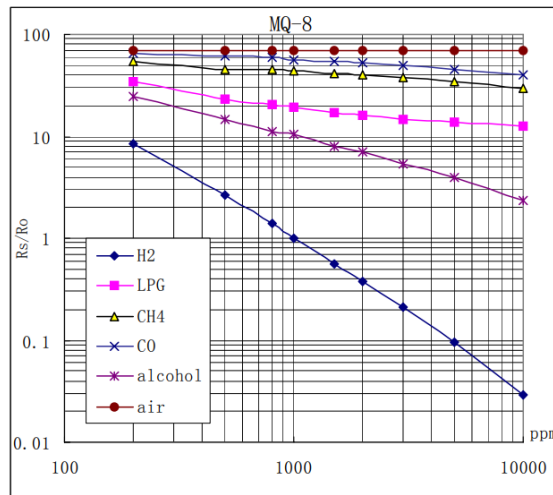
Sensor gas Hidrogen (MQ-8) merupakan sensor gas yang memiliki sensitivitas tinggi terhadap gas hidrogen. Selain gas hidrogen sensor ini juga memiliki kepekaan terhadap alkohol, gas LPG dan asap masakan walaupun ini kecil. Sensor MQ-8 ini dapat bekerja dengan stabil dan mempunyai daya pakai yang cukup panjang.



Gambar 2.8 Sensor MQ -8
(tokopedia.com)

Sensor MQ-8 akan bekerja ketika molekul gas hidrogen mengenai permukaan sensor maka satuan resistansinya akan mengecil sesuai dengan konsentrasi gas dan begitu sebaliknya ketika konsentrasi gas yang mengenai permukaan sensor menurun maka diikuti semakin naiknya resistansi, maka tegangan keluaran akan menurun. Perubahan konsentrasi gas akan mempengaruhi perubahan resistansi sensor dan juga mempengaruhi keluarannya, sehingga perbedaan inilah yang dijadikan dasar bagi pendeteksi gas ini. (Harianja, R. M. 2018)

Gambar 2.9 menunjukkan bahwa sensor MQ-8 sensitif terhadap gas hidrogen, kemudian alkohol dan LPG sedangkan gas lain sudah menunjukkan garis lurus horizontal yang dimana kepekaannya sudah sangat kecil.

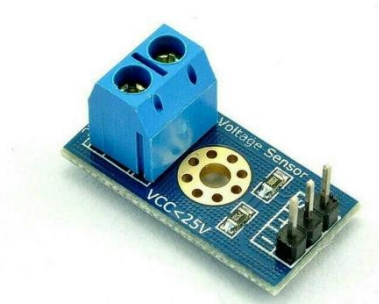


Gambar 2.9 Karakteristik sensitivitas MQ-8
(hwsensor.com)

Karakteristik fisik dari sensor MQ-8 tersusun atas tabung keramik mikro A12O3, Dioksida Tin (SnO2) untuk bagian lapisan sensitif, pengukur elektroda dan pemanas yang menjadi bagian lapisan kulit yang dibuat dari Stainless steel dan jaring plastik. Kondisi kerja pada komponen yang diperlukan untuk pekerjaan sensitif pada komponen akan disediakan oleh pemanas. Sensor MQ-8 memiliki 6 pin, 4 pin yang berfungsi untuk mengambil sinyal, dan 2 pin lainnya berfungsi untuk menyediakan pemanasan (Harianja, R. M. 2018).

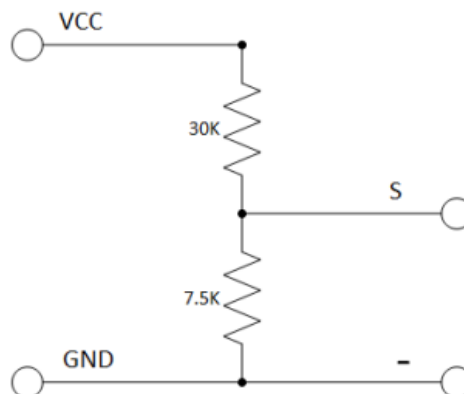
2.4.3 Sensor Voltage 25VDC

Modul sensor tegangan adalah perangkat penginderaan tegangan DC 0-25 yang didasarkan pada rangkaian pembagi tegangan resistansi. Membuat tegangan yang akan dideteksi berkurang 5x lipat. Tegangan input maksimal pada pin analog arduino uno adalah 5 Volt sehingga tegangan maksimum yang dapat dideteksi oleh sensor adalah $5 \times 5 \text{ Volt} = 25 \text{ Volt}$. Sensor ini memiliki rentang pengukuran 0.02445 – 25 VDC dan memiliki ketelitian 0.00489 Volt.



Gambar 2.10 Sensor Voltage 25VDC
(tokopedia.com)

Dasar pembagian tegangan adalah 5:1 menggunakan resistor 30K dan 7,5K Ohm. Pengukuran tegangan dibatasi untuk Voltase yang kurang dari 25 Volt.



Gambar 2.11 Skema Sensor Voltage 25VDC
(energizero.org)

2.4.4 Sensor Current ACS712

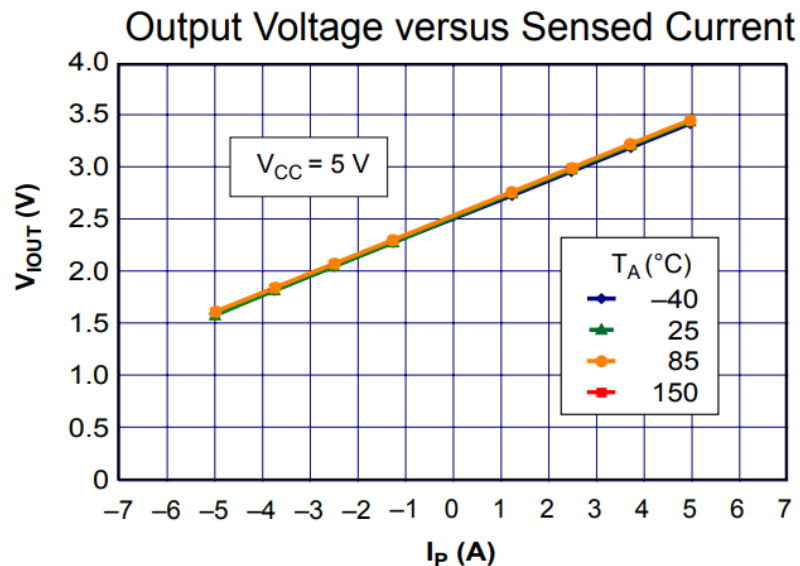
Sensor Current ACS712 merupakan sensor untuk menghitung nilai arus AC ataupun DC pada suatu rangkaian. Sensor ini akan merespon dan mengukur medan magnet yang muncul disekitar kawat yang berarus dengan menggabungkan fungsi resistor shunt dan current transformer sebagai sensor

arus AC ataupun DC yang memiliki tingkat akurasi pembacaan yang tinggi (Mnati, M. J. 2017).



Gambar 2.12 Sensor Current ACS712
(tokopedia.com)

Prinsip kerja dari sensor ACS712 ini adalah menggunakan hall effect untuk mengukur arus listrik baik arus searah (DC) ataupun arus bolak-balik (AC). Sensor ini menggunakan sinyal analog dengan noise rendah dan error lebih rendah 1.5% hingga suhu 25° C, dan 4% hingga -40° C hingga 85° C (Khair, dkk.2017).



Gambar 2. 13 Grafik perbandingan tegangan dan arus pada sensor ACS712
(Satya.2020)

Sensor ini bekerja dengan memanfaatkan peristiwa hall effect yang bekerja menggunakan prinsip gaya Lorenz. Sensor ini juga memiliki tegangan kerja 5 V dan memiliki resistansi internal sebesar 1.2 m Ω . Bagian-bagian dari sensor arus ACS712 yaitu (Satya.2020):

Pin 1: IP+ yang merupakan masukan arus.

Pin 2: IP- yang merupakan keluaran arus

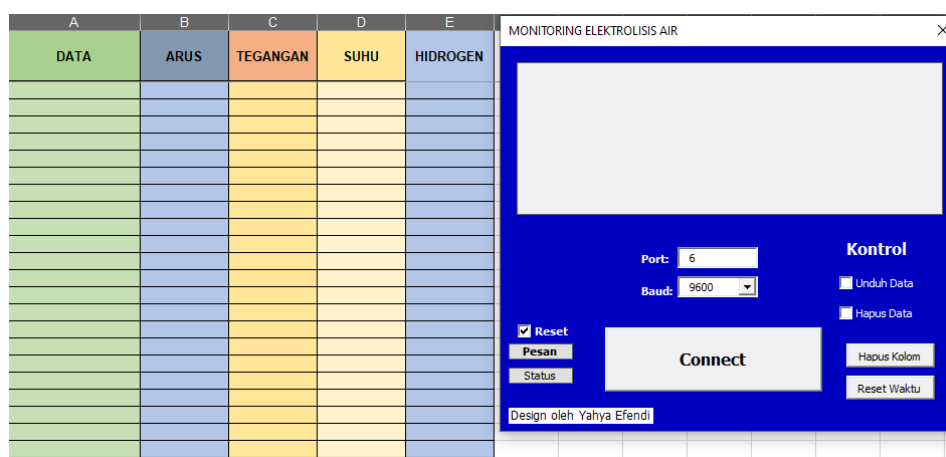
Pin 3: Ground

Pin 4: Keluaran tegangan analog

Pin 5: Power supply 5

2.5 Data Logger dengan Microsoft Excel

Data logger atau yang dapat diartikan perekam data adalah piranti elektronik yang digunakan untuk merekam data secara terus menerus (*real time*). Monitoring elektrolisis air menggunakan data logger untuk merekam data pembacaan dari sensor-sensornya. Penelitian kali ini memanfaatkan fitur VBA (*Visual Basic for Application*) software Microsoft Excel sebagai data logger.



Gambar 2.14 Data Logger dengan Microsoft Excel

Cara kerja datalogger ini adalah membaca data yang dikirim Arduino Uno melewati port USB dan dituliskan pada lembar sheet pada Microsoft Excel.

Penggunaan Microsoft Excel sebagai data logger dinilai lebih mudah dari pada menggunakan software lainnya.

Aplikasi ini dilengkapi beberapa tombol fungsi, Connect berfungsi untuk menghubungkan ke port Arduino Uno, Input Port untuk memasukan port yang digunakan untuk Arduino Uno, Baud berfungsi untuk memilih baud yang sesuai dengan pengaturan pada Arduino Uno, selain itu juga ada tombol pendukung seperti Hapus Data untuk menghapus data, Unduh data untuk mengunduh data yang tersimpan sebelumnya pada Arduino Uno.

2.6 Penelitian Relevan

Adapun penelitian – penelitian sebelumnya yang relevan dengan rencana penelitian yang akan saya lakukan adalah:

1. Ergin Şahin (2020) dalam penelitiannya *A photoVoltaic powered electrolysis converter system with maximum power point tracking control* (International Journal of Hydrogen Energy) membuat rancang dan simulasi simulink Matlab alat elektrolisis air dengan kontrol *buck converter* menyimpulkan bahwa efisiensi sistem yang diusulkan mencapai lebih dari 90%, sehingga kedepannya dapat direalisasikan pada eksperimen.
2. Rustana (2021) dalam penelitiannya *The effect of Voltage and electrode types on hydrogen production from the seawater electrolysis process* (Journal of Physics: Conference Series 2019 (1)), memberi variasi tegangan dan jenis elektroda pada elektrolisis air laut, menyimpulkan bahwa jenis elektroda dan variasi tegangan mempengaruhi laju produksi hidrogen pada proses elektrolisis air laut.

3. Tarazona-Romero dll. (2021) dalam penelitiannya *Implementation of a prototype water electrolysis system as an alternative to produce hydrogen* (IOP Conference Series: Materials Science and Engineering) dengan metode penelitian pengembangan prototipe alat elektrolisis air, menyimpulkan bahwa konduktivitas listrik pada proses elektrolisis air mempengaruhi terhadap hasil produksi hidrogen yang dihasilkan. Ketika konduktivitas listrik naik maka semakin banyak hasil gas hidrogen yang dihasilkan, dan ketika konduktivitas listrik menurun semakin sedikit gas hidrogen yang dihasilkan.
4. Rahmad (2022) dalam penelitiannya *Hydrogen Dry Cell Generator For Hydrogen Production By Splitting Water* (Electrolyte: Vol. 1 No. 01) dengan metode penelitian eksperimen pembuatan alat generator sel kering hidrogen, menyimpulkan bahwa konsentrasi gas hidrogen maksimum yang diperoleh pengukuran sensor MQ-8 pada variasi 3/3 plat tembaga dan alumunium dengan katalisator natrium nitrat (NaNO_3) konsentrasi 1 M dan waktu 60 menit adalah 78 ppm, sedangkan konsentrasi gas hidrogen maksimum pada variasi 4/4 plat tembaga dan alumunium dengan katalisator NaNO_3 konsentrasi 0,75 M dan waktu 60 menit adalah 144 ppm.
5. Zainul (2022) dalam penelitiannya *Electrolyte Optimization On Dry Cell Generator Electrolysis System For Producing Hydrogen Gas Using Rsm Method (Response Surface Method)* (Rasayan J.Chem Vol.15) memberikan variasi arus dan tegangan sebesar 0,6 Ampere dan 2 Volt dalam 1 jam proses elektrolisis, mendapatkan kondisi optimum konsentrasi gas hidrogen pada pemberian katalisator NaNO_3 dengan pengukuran menggunakan sensor MQ-8 adalah 143,393 ppm.

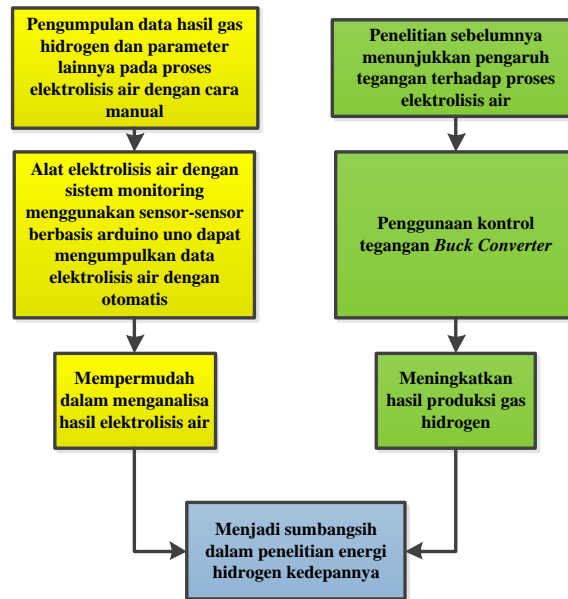
6. Komaril (2020) dalam penelitiannya *Hydrogen Production By Photocatalysis Method Of Glutamic Acid And Activated Carbon* (Conferences 181: 0–4) menggunakan katalis foto terbuat dari asam glutamat ($C_5H_9NO_4$) dan karbon aktif yang keduanya dilarutkan dalam air yang tertutup dihasilkan konsentrasi gas hidrogen terukur oleh sensor MQ-8 dalam proses elektrolisis air selama 20 menit adalah 225 ppm.
7. Rusdianasari (2019) dalam penelitiannya *HHO Gas Generation in Hydrogen Generator using Electrolysis* (IOP Conference Series: Earth and Environmental Science) membuat alat generator gas HHO (*Hydrogen-Hydrogen Oxygen*) menggunakan elektroda dari *stenlees steel* dengan luas permukaan 66 cm^2 dengan menggunakan arus sebesar 15 A menghasilkan gas HHO sebesar 0,1028 LPM (Liter Per Menit).
8. Enshasy (2019) dalam penelitiannya *A Schematic Design of HHO Cell as Green Energy Storage* (Acta Electronica Malaysia) merancang Generator HHO Sel Kering dengan hasil simulasi menunjukkan tegangan minimal untuk menghasilkan gas HHO adalah 1,23 Volt, ini akan meningkatkan arus efektif sehingga meningkatkan efisiensi.
9. Budiman (2021) dalam penelitiannya *Design of Dry Cell HHO Generator using NaCl Solution for Hydrogen Production* (Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry) merancang bangun generator HHO untuk air 500 cc, dengan variasi jumlah pemberian katalis NaCl menghasilkan gas HHO maksimum 150 cc.
10. Sudrajat (2018) dalam penelitiannya *Principle of generator HHO hybrid multistack type production technologies to increase HHO gas volume* (SHS

Web of Conferences) menggunakan generator gas HHO dengan pemberian tegangan 12 Volt diamati bahwa arus akan naik secara linier dalam proses produksi gas HHO.

2.7 Kerangka Berpikir

Proses elektrolisis air untuk menghasilkan gas hidrogen sebagai energi terbarukan selama ini masih manual dalam memonitoring hasil gas hidrogen ataupun arus, tegangan dan suhu yang digunakan dalam proses elektrolisis air. Memonitoring proses elektrolisis air secara manual mengharuskan peneliti menunggu alat elektrolisis selama proses. Dengan merancang bangun alat elektrolisis air menggunakan sensor-sensor berbasis Arduino Uno, dapat memonitoring proses elektrolisis air secara otomatis dan data akan tersimpan di dalam komputer, sehingga akan meningkatkan efektifitas dalam penelitian produksi gas hidrogen dengan proses elektrolisis air.

Selanjutnya penelitian beberapa tahun kebelakang membuktikan bahwa proses elektrolisis air dipengaruhi oleh arus yang digunakan dalam proses elektrolisis. Penggunaan *Buck Converter* yang merupakan *DC to DC Converter* yang memiliki efisiensi penurunan yang tinggi, dapat meningkatkan produksi gas hidrogen pada proses elektrolisis air. Dari penelitian rancang bangun alat elektrolisis air dan pengaruh kontrol tegangan dengan menggunakan *buck converter* kedepannya menjadi sumbangsih dalam penelitian energi hidrogen.



Gambar 2.15 Kerangka berfikir

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Jenis Penelitian

Jenis penelitian kali ini adalah penelitian rekayasa dan eksperimental dengan membuat rancang bangun alat elektrolisis air dengan kontrol tegangan *buck converter* dan monitoring hasil gas hidrogen berbasis Arduino Uno. Air yang digunakan pada proses elektrolisis merupakan air laut. Proses elektrolisis air menggunakan elektroda dari bahan *Stainless Steel*.

3.2 Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dimulai pada bulan Agustus sampai dengan Desember 2022. Tempat penelitian dilakukan di Laboratorium Riset Energi.

Tabel 3. 1 Jadwal penelitian

| No | Kegiatan | Jul | Agu | Sep | Okt |
|----|-------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| 1 | Tahap Persiapan Penelitian | | | | |
| | Penyusunan proposal penelitian | | | | |
| 2 | Tahap Pelaksanaan Penelitian | | | | |
| | Pembuatan alat penelitian | | | | |
| | Pengujian alat dan pengumpulan data | | | | |
| | Analisis Data | | | | |
| | Penyusunan Laporan | | | | |
| 3 | Seminar Hasil | | | | |

3.3 Alat dan bahan penelitian

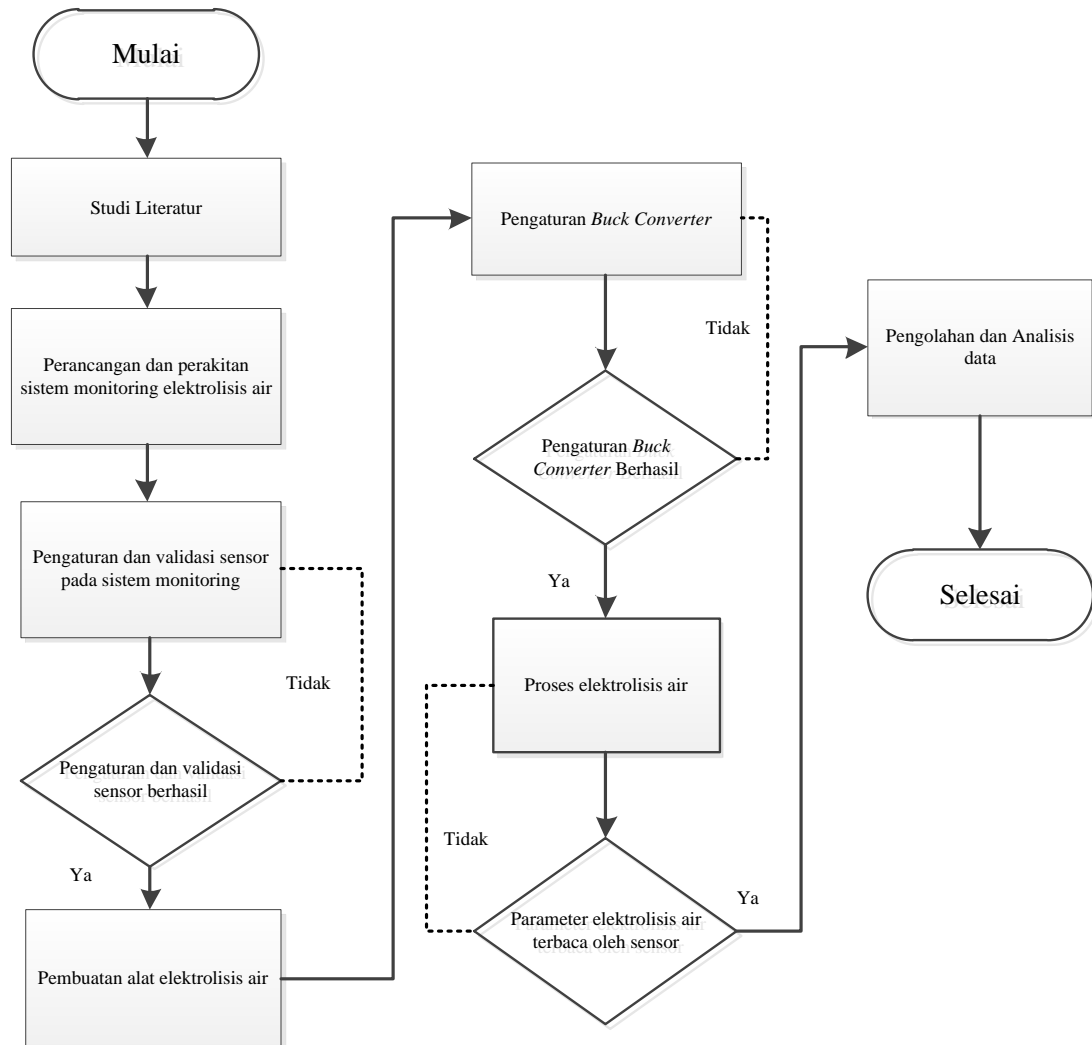
Adapun alat dan bahan yang digunakan pada penelitian kali ini disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3. 2 Alat dan bahan penelitian

| No | Nama | Qty | Satuan | Spesifikasi |
|--------------|-----------------------|-----|----------------|---------------|
| <i>Alat</i> | | | | |
| 1 | Arduino Uno | 1 | buah | Atmega328 |
| 2 | Catu daya | 1 | buah | 12 Volt 5A |
| 3 | <i>Buck Converter</i> | 1 | buah | XL4015 |
| 4 | Sensor Gas | 1 | buah | MQ-8 |
| 5 | Sensor Suhu | 1 | buah | Ds18b20 |
| 6 | Sensor Tegangan | 1 | buah | Voltage 25VDC |
| 7 | Sensor Arus | 1 | buah | ACS712 |
| 8 | Solder | 1 | buah | - |
| 9 | PCB matrix | 1 | buah | 20x20cm |
| 10 | Bor Listrik | 1 | buah | - |
| 11 | Box Rakit | 3 | buah | 20x5cm |
| 13 | XLR Connector | 3 | pasang | - |
| 14 | Jack Banana | 5 | pasang | - |
| 15 | Saklar | 2 | buah | 220VAC |
| 16 | Sekring | 1 | buah | 1A |
| 17 | Napel Selang | 5 | buah | ukuran 1/4 |
| 18 | Selang bening | 1 | meter | ukuran 1/4 |
| 19 | Volt-AmpMeter | 1 | buah | - |
| 20 | Kabel Rakit | 1 | meter | - |
| 21 | Kabel serabut | 1 | meter | 3 mm |
| 22 | Botol bening | 1 | buah | - |
| 23 | Gerinda besi | 1 | buah | - |
| 24 | Kipas DC 12 V | 2 | buah | - |
| <i>Bahan</i> | | | | |
| 1 | Pipa Pvc | 1 | meter | ukuran 3 inci |
| 2 | Tutup pipa | 2 | buah | 3 inci |
| 3 | Stainless steel | 1 | m ² | - |
| 4 | Mur dan baut | 2 | buah | ukuran 10 |
| 5 | Lem pipa | 1 | buah | - |
| 6 | Air laut | | | - |

3.4 Perancangan penelitian

Adapun tahapan penelitian sebagai berikut:



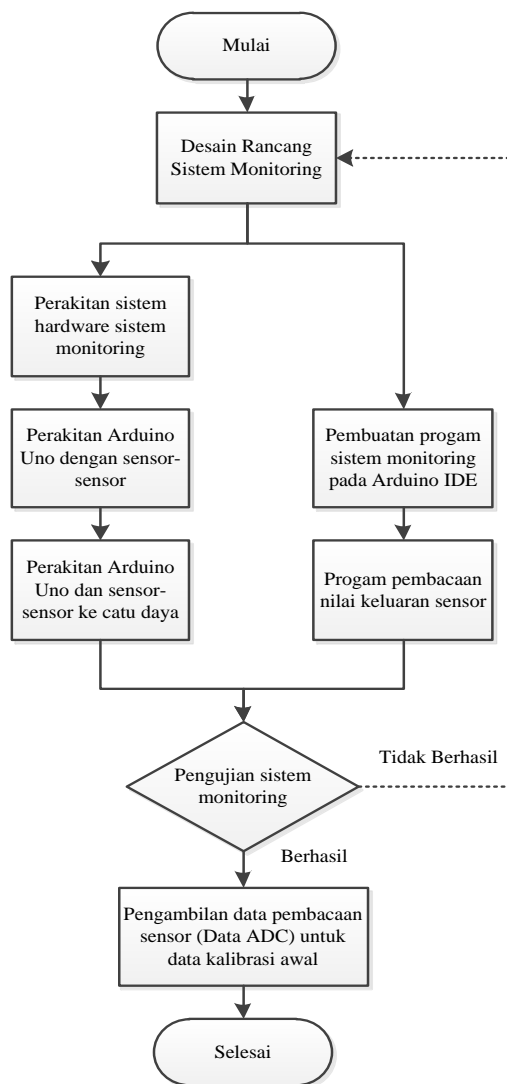
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.4.1 Perancangan dan pembuatan alat

Perancangan dan pembuatan alat terbagi atas, perancangan dan perakitan sistem monitoring yaitu, perancangan dan perakitan sensor-sensor dengan mikrokontroler, datalogger, kemudian perancangan dan perakitan alat elektrolisis yaitu perancangan dan perakitan tabung elektrolisis, elektroda dan kontrol *buck converter*.

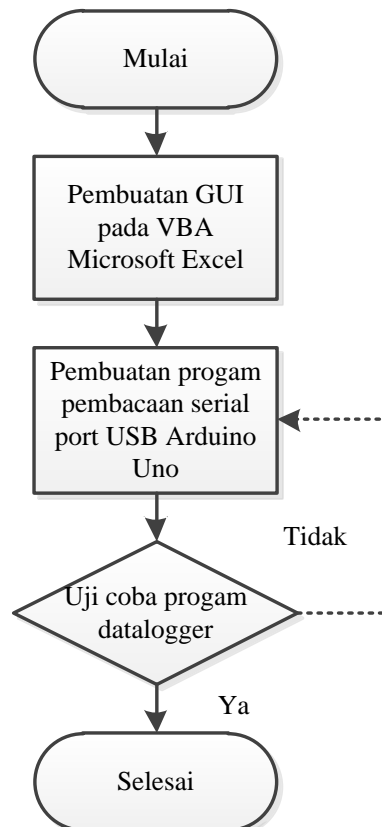
3.4.2 Perancangan sistem monitoring

Sistem monitoring elektrolisis air terdiri atas sensor-sensor yang terhubung pada Arduino Uno untuk mengetahui parameter proses elektrolisis air. Parameter yang diukur adalah konsentrasi hidrogen (ppm) dengan menggunakan sensor MQ-8, tegangan listrik DC (Volt) dengan menggunakan sensor Voltage 25VDC, arus listrik DC (Ampere) dengan menggunakan sensor arus ACS712 dan suhu air pada proses elektrolisis air dengan menggunakan sensor suhu DS18B20. Berikut adalah diagram alir pembuatan sistem monitoring elektrolisis air:



Gambar 3.2 Digram alir pembuatan sistem monitoring

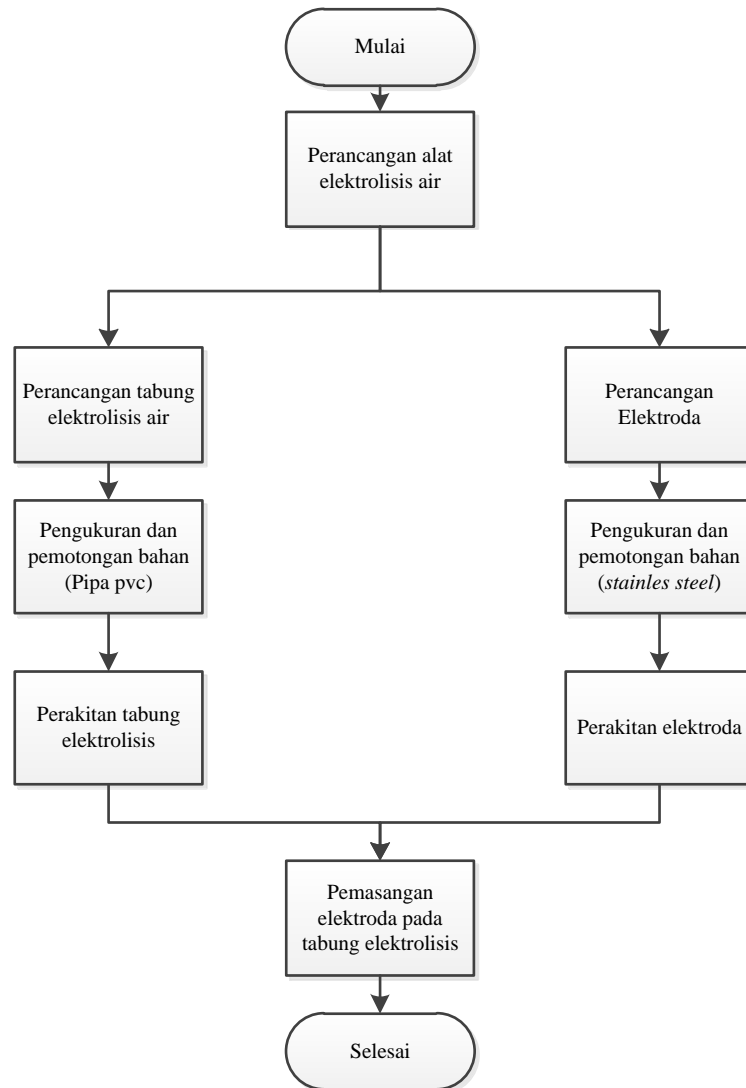
Sistem monitoring tidak lengkap jika tidak didukung dengan sistem pencatatan data atau datalogger. Penelitian kali ini menggunakan *software* Microsoft Excel sebagai aplikasi pembantu untuk mencatat data pembacaan dari sensor-sensor yang telah dibaca oleh Arduino Uno. Berikut adalah diagram alir pembuatan datalogger dengan menggunakan Microsoft Excel:



Gambar 3.3 Diagram alir pembuatan datalogger Microsoft Excel

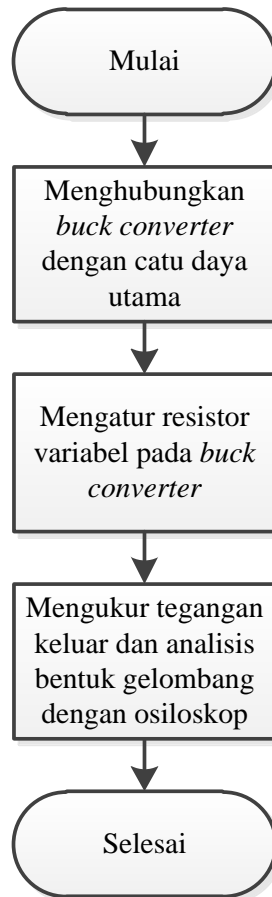
3.4.3 Perancangan alat elektrolisis air

Perancangan alat elektrolisis air terdiri atas perancangan tabung elektrolisis, perancangan elektroda yang akan digunakan, dan pengaturan *buck converter* untuk menentukan tegangan yang akan divariasikan dalam proses elektrolisis. Berikut adalah diagram alir perancangan alat elektrolisis air:



Gambar 3.4 Diagram alir pembuatan alat elektrolisis

Setelah dilakukan pembuatan alat elektrolisis yang berupa tabung dan elektroda, kemudian dilakukan pengaturan pada *Buck Converter*. Pengaturan *buck converter* dilakukan untuk mengatur tegangan keluaran dari buck converter dengan mengatur resistor variabelnya. Kemudian analisis riak gelombang dengan menggunakan menggunakan osiloskop. Berikut adalah diagram alir pengaturan *buck converter*.



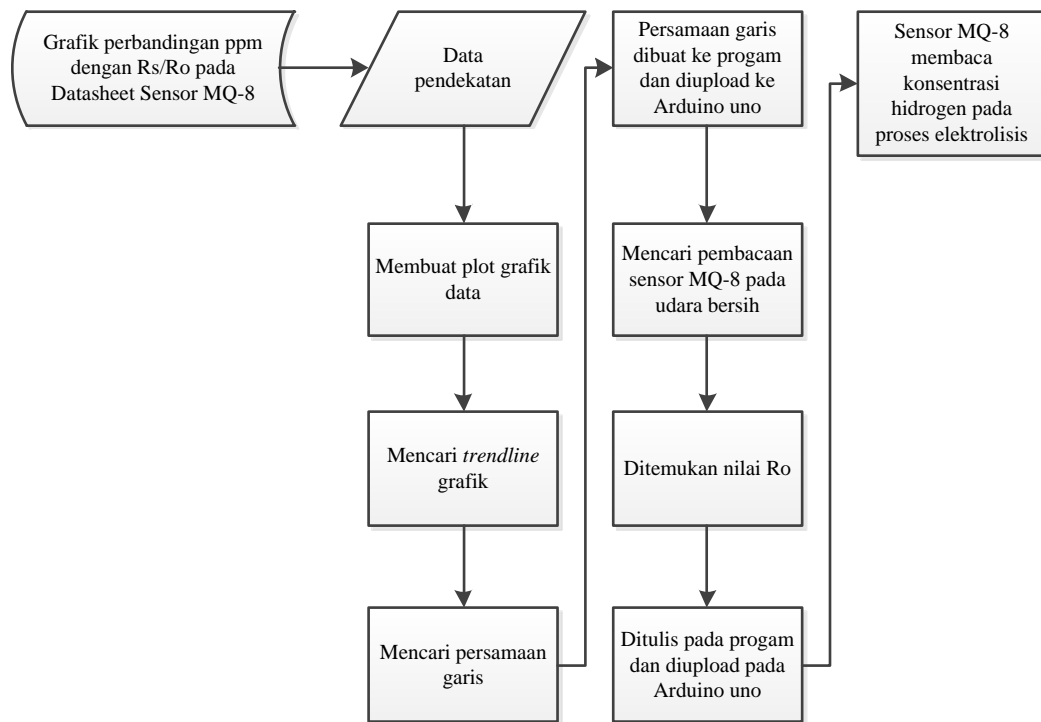
Gambar 3.5 Diagram alir pengaturan *Buck Converter*

Dari rangkaian diatas diketahui untuk menentukan tegangan keluaran menggunakan persamaan

3.4.4 Validasi sensor dan pengujian alat elektrolisis

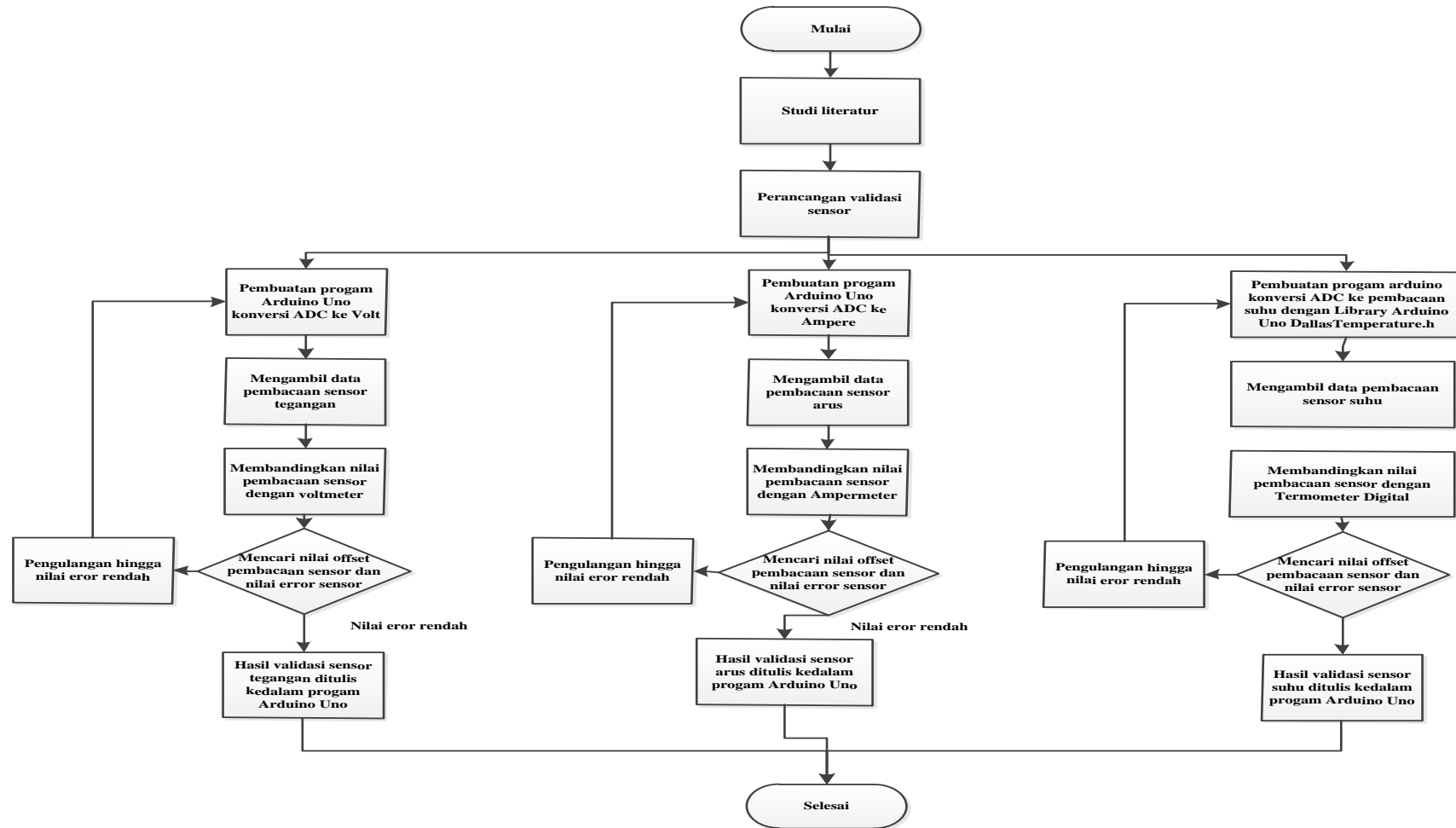
Alat yang dirancang sebelumnya dilakukan pengujian alat untuk mengetahui kinerja sistem. Pengujian alat dibagi menjadi 2 yaitu, pengujian sensor-sensor dan pengujian alat elektrolisis secara keseluruhan. Pengujian sensor-sensor dilakukan dengan memvalidasi sensor-sensor dan dihitung nilai kesalahan pembacaan sensor. Pengujian alat elektrolisis secara keseluruhan dilakukan dengan menguji apakah alat elektrolisis dapat berjalan dengan dengan melihat proses elektrolisis berjalan atau tidaknya.

Pengaturan sensor MQ-8 untuk membaca konsentrasi gas hidrogen dilakukan dengan pendekatan terhadap grafik perbandingan R_s/R_o pada datasheet sensor dengan keluaran pembacaan dalam ppm (Gambar 2.9). Berikut adalah diagram alir pengaturan sensor MQ-8:



Gambar 3.6 Diagram alir pengaturan sensor MQ-8

Berbeda dengan sensor MQ-8, sensor Voltage 25VDC, sensor arus ACS712 dan sensor suhu DS18B20 dilakukan pengaturan dan validasi dengan membandingkan pembacaan sensor dengan alat yang sudah valid. Berikut adalah diagram alir validasi sensor suhu, sensor tegangan, dan sensor arus:

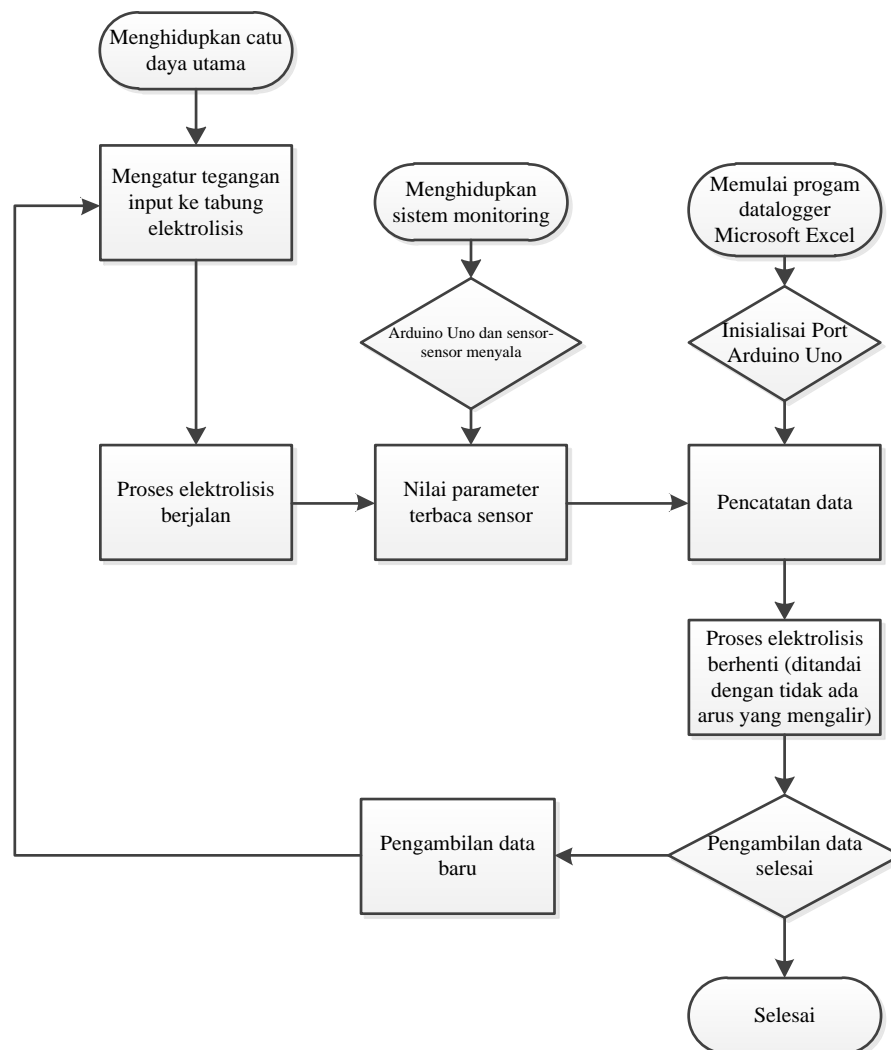


Gambar 3.7 Diagram Alir Validasi Sensor (Tegangan, Arus dan Suhu)

Pengujian alat elektrolisis dilakukan setelah pengaturan dan validasi sensor selesai. Pengujian dilakukan dengan mengamati ketika alat elektrolisis dijalankan apakah ada arus yang mengalir, dan perubahan suhu pada air. Ketika terjadi kedua hal tersebut bisa dipastikan bahwa alat elektrolisis bekerja dengan baik.

3.4.5 Pengambilan data elektrolisis air

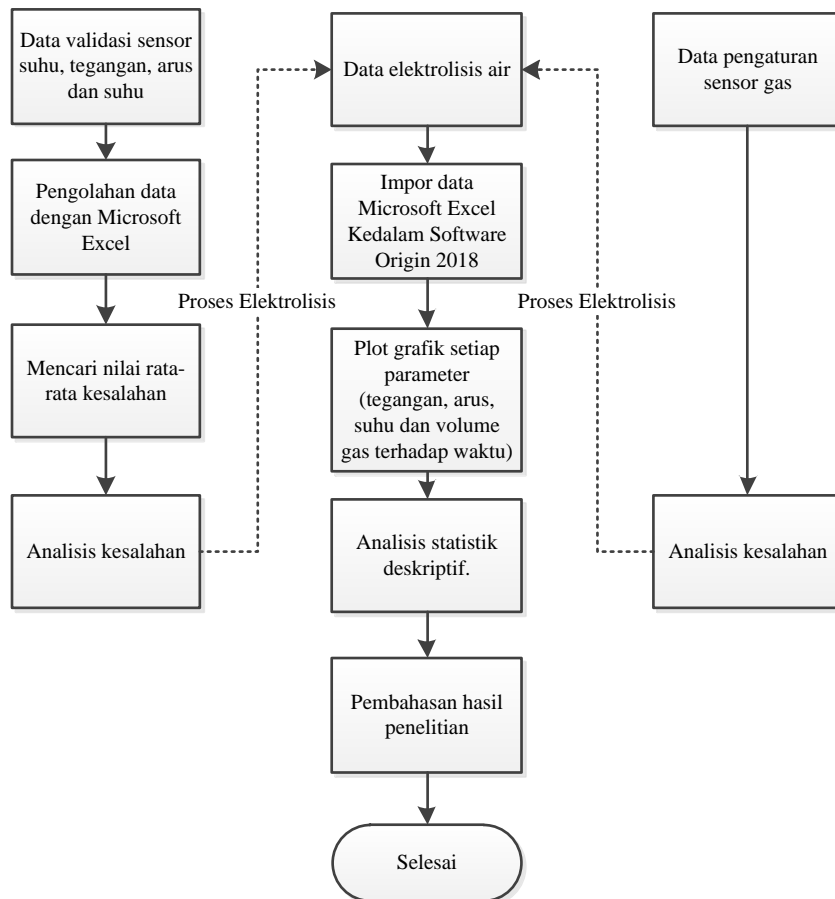
Pengambilan data dilakukan setelah semua proses validasi sensor dan pengujian alat selesai. Berikut diagram alir pengambilan data elektrolisis air:



Gambar 3.8 Diagram alir pengambilan data

3.4.6 Pengolahan dan analisis data

Data yang diambil baik data validasi dan data elektrolisis air diolah dengan menggunakan software pembantu, dan kemudian dianalisis masing-masing hasil pengolahan data. Data elektrolisis air diambil setelah dilakukan data validasi sensor. Berikut adalah diagram alir pengolahan dan analisis data:



Gambar 3.9 Diagram alir pengolahan dan analisis data

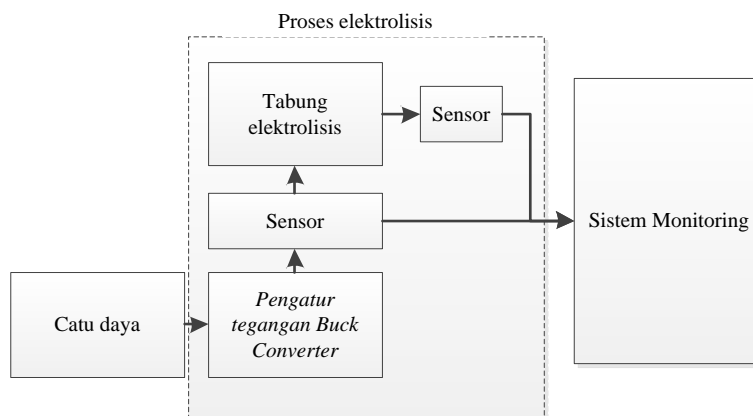
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Elektrolisis air merupakan salah satu cara yang paling mudah dilakukan untuk menghasilkan gas hidrogen sebagai sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan. Proses elektrolisis air menguraikan senyawa air (H_2O) menjadi gas hidrogen (H_2) dan oksigen (O_2) dengan menggunakan arus listrik. Monitoring gas hidrogen dan variabel seperti arus, tegangan dan suhu dalam proses elektrolisis selama ini masih manual. Memonitoring proses elektrolisis air secara manual mengharuskan peneliti menghabiskan waktu cukup lama untuk menunggu alat yang digunakan selama proses elektrolisis berlangsung untuk pengambilan data. Sementara itu, proses elektrolisis hingga benar-benar berhenti atau tidak ada lagi arus yang mengalir membutuhkan waktu yang cukup lama. Untuk itu, merancang bangun alat elektrolisis menggunakan sensor-sensor berbasis Arduino Uno dan data hasil pengukurannya yang secara otomatis tercatat dan tersimpan di komputer sangatlah diperlukan. Sistem monitoring akan bekerja secara otomatis untuk mengetahui atau mengukur variabel pada proses elektrolisis seperti: tegangan, arus, suhu dan konsentrasi gas hidrogen yang dihasilkan. Sistem monitoring juga berfungsi untuk mencatat data (data logger) secara otomatis ke dalam komputer. Dengan demikian akan meningkatkan efektifitas dan efisiensi dalam penelitian untuk menghasilkan gas hidrogen melalui proses elektrolisis air.

4.1 Pembuatan Alat

Desain dan pengembangan alat elektrolisis air terdiri dari: pembuatan sistem monitoring dengan mikrokontroler, program untuk datalogger dengan Microsoft Excel, pembuatan tabung elektrolisis, elektroda, dan kontrol *buck converter*.



Gambar 4.1 Diagram kerja alat elektrolisis

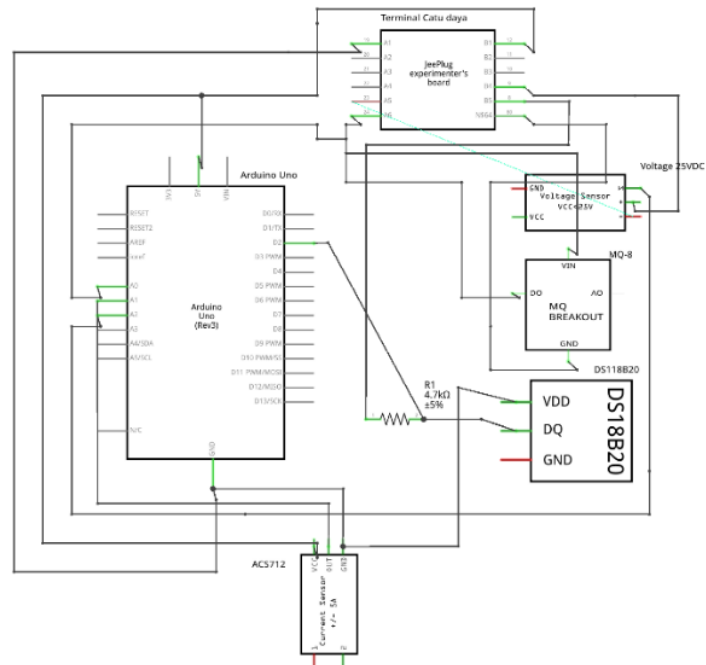
Diagram kerja diatas menggambarkan sistem monitoring yang terdiri dari bagian pengaturan tegangan (*buck converter*), dan sensor-sensor, yaitu: sensor tegangan dan arus, serta bagian tabung elektrolisis yang dilengkapi dengan sensor pengukur konsentrasi gas hidrogen dan suhu. Catu daya akan dihubungkan ke buck converter sebagai pengontrol tegangan dan kemudian dihubungkan ke tabung elektrolisis untuk menjalankan proses elektrolisis.

4.1.1 Pembuatan Sistem Monitoring

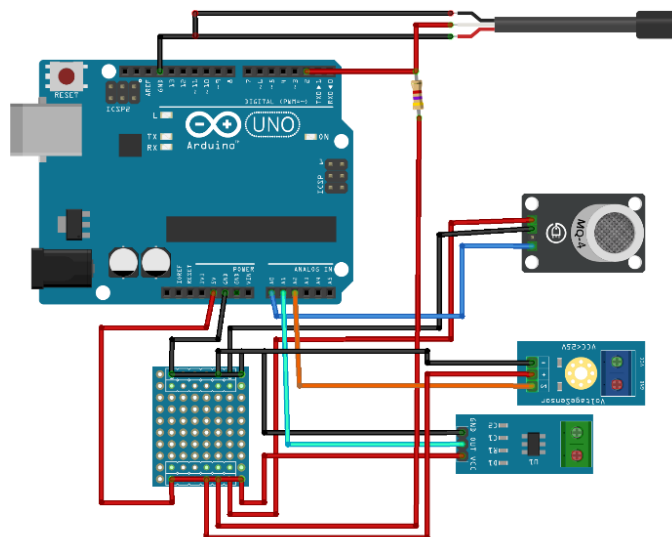
Sistem monitoring elektrolisis air yang dibuat mencakup komponen hardware dan software. Hardware adalah rangkaian fisik, dan software adalah program yang digunakan dalam sistem monitoring elektrolisis. Program tersebutlah yang menjadi otak dari sistem monitoring elektrolisis yang berfungsi untuk melakukan pengambilan dan pencatatan data secara otomatis.

Pembuatan hardware sistem monitoring dilakukan dengan menghubungkan dan menyambungkan sensor-sensor yang digunakan dengan Arduino uno. Berbagai sensor yang digunakan untuk sistem monitoring ini ada 4 buah yaitu: sensor MQ-8 yang berfungsi untuk pengukuran konsentrasi gas hidrogen yang dihasilkan; sensor arus ACS712 yang berfungsi untuk pengukuran arus listrik; sensor DS18B20 yang berfungsi untuk mengukur

suhu; dan sensor pengukur tegangan, yaitu sensor Voltage 25VDC. Seluruh sensor dihubungkan dengan Arduino Uno. Gambar 4.2 berikut ini adalah skema sistem monitoring alat elektrolisis air.



Gambar 4.2 Skematik sistem monitoring



Gambar 4.3 Desain sistem monitoring

Sedangkan, pembuatan software sistem monitoring dilakukan dengan pembuatan program pada software Arduino IDE. Penyusunan program dilakukan untuk mengatur Arduino uno agar dapat membaca nilai

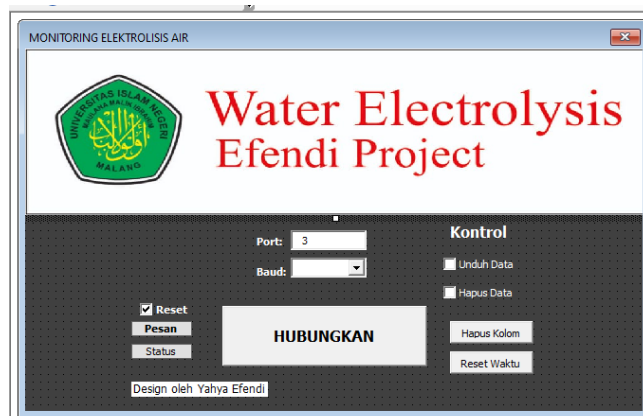
pengukuran sensor ke dalam bentuk ADC (Analog to Digital Converter). Arduino Uno memiliki resolusi pembacaan 10 Bit yang berarti mampu memetakan nilai pembacaan hingga 1024 discrete analog level. Program yang sudah dibuat akan diupload ke dalam Arduino uno, agar program tersebut tertanam pada IC Atmega328 yang dimiliki Arduino uno. Dengan demikian Arduino uno akan dapat membaca nilai ADC hasil pengukuran berbagai sensor tersebut yang selanjutnya dapat dijadikan data hasil pengukuran yang salah satunya digunakan untuk memvalidasi sensor itu sendiri.

4.1.2 Pembuatan datalogger Microsoft Excel

Sistem monitoring proses elektrolisis air didukung dengan datalogger (pencatat data otomatis) yang dibuat dengan bantuan software komputer, yaitu Microsoft Excel. Software ini merupakan aplikasi yang paling umum digunakan dalam pengolahan data, dan banyak orang yang menguasai aplikasi Microsoft Excel ini. Sehingga dengan penggunaan Microsoft Excel ini akan banyak orang yang dapat menggunakan alat elektrolisis yang dikembangkan ini. Data yang telah diambil oleh Arduino uno dari berbagai sensor alat elektrolisis akan dikirim ke dalam komputer melalui koneksi USB dan akan tercatat dalam Microsoft Excel.

Pembuatan data logger dimulai dengan membuat program (code) pada fitur VBA (Visual Basic for Application) Microsoft Excel agar dapat menghubungkan port usb Arduino uno dengan Microsoft Excel (program terlampir). Selanjutnya pembuatan GUI (Graphical User Interface), untuk mendukung segala keperluan yang dibutuhkan ketika sedang melakukan proses monitoring elektrolisis air. GUI tersebut berupa berbagai fitur, yaitu:

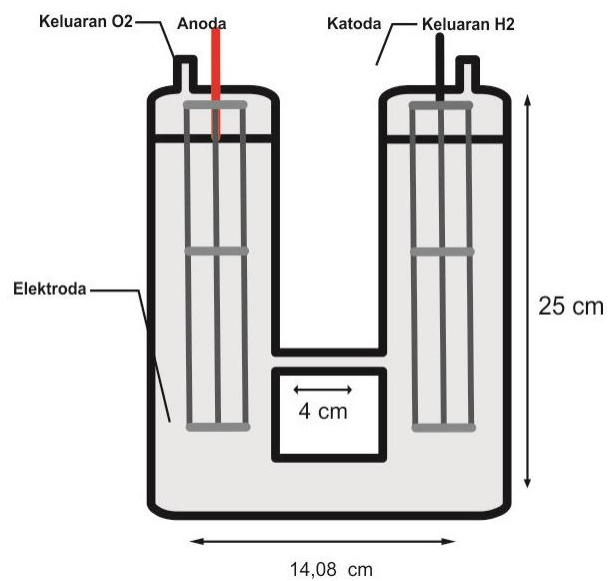
fitur Connect/Disconnect untuk menghubungkan dan memutuskan koneksi ke port USB, fitur pemilihan port USB yang digunakan untuk memilih port USB yang dihubungkan ke Arduino Uno, fitur pemilihan Baud Arduino uno untuk memilih baud (kecepatan transfer) Arduino Uno, fitur reset timer untuk mereset waktu dan fitur hapus data untuk menghapus data yang tersimpan.



Gambar 4.4 Tampilan GUI Datalogger

4.1.3 Pembuatan tabung elektrolisis

Tabung elektrolisis dibuat dari pipa pvc dengan diameter 2 inci atau 5,08 cm, dan panjang tabung 20 cm. Pembuatan tabung elektrolisis dimulai dengan memotong pipa pvc sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan, kemudian dipasang dan disatukan dengan menambahkan tutup pipa, L pipa, dan nepel selang. Setiap sambungan bahan direkatkan dengan lem, sehingga berbentuk sebagaimana digambarkan berikut ini.



Gambar 4.5 Desain rancang tabung elektrolisis

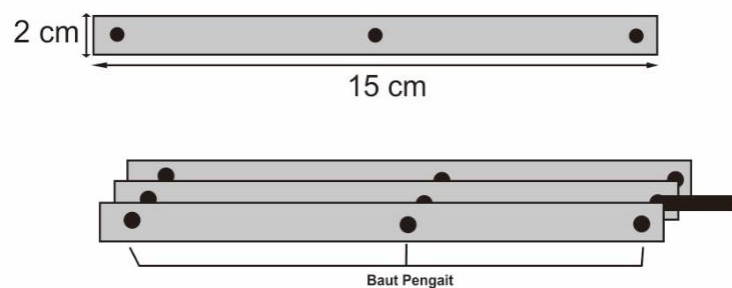


Gambar 4.6 Tabung elektrolisis

Bentuk tabung menyerupai huruf U yang dilengkapi dengan pipa pvc ukuran diameter $\frac{1}{2}$ inci pada bagian tengahnya yang digunakan untuk menempatkan sensor suhu DS18B20. Tabung elektrolisis memiliki tutup yang digunakan untuk menempatkan elektroda. Tabung sebelah kanan digunakan untuk menempatkan katoda dan sebelah kiri untuk anoda. Kapasitas tabung elektrolisis ini adalah 1400 mL dengan elektroda dapat tercelup secara menyeluruh dalam tabung tersebut.

4.1.4 Pembuatan elektroda

Komponen penting lainnya dalam proses elektrolisis adalah elektroda. Elektroda berperan sebagai konduktor listrik untuk mengalirkan listrik didalam air. Penelitian kali ini menggunakan elektroda dari bahan *Stainless Steel*. Bahan ini memiliki kandungan kromium sebanyak 11% yang dapat mengurangi efek korosi pada anoda. Berikut adalah gambar rancang elektroda:



Gambar 4.7 Desain Rancang Elektroda

Pembuatan elektroda dimulai dengan memotong lembaran *Stainless Steel* dengan ukuran panjang 15 cm dan lebar 2 cm. Lembaran ini kemudian disatukan dengan kunci baut dan mur sebanyak 3 lembaran dan menjadi elektroda pada katoda dan anoda. Berikut adalah bentuk fisik elektroda:



Gambar 4.8 Elektroda

4.1.5 Perakitan kontrol tegangan *Buck Converter*

Kontrol tegangan *buck converter* pada alat elektrolisis digunakan sebagai pengatur tegangan yang digunakan pada proses elektrolisis air. *Buck converter* menggunakan IC mosfet XL4015 berfungsi sebagai pengatur tegangan dikarenakan dapat memiliki efisiensi penurunan tegangan sampai dengan 96%. Tegangan DC 12 Volt yang diinput ke dalam Buck Converter dapat disesuaikan oleh Buck Converter tersebut dengan rentang tegangan dari 1,25 Volt sampai 12 Volt.

Penelitian kali ini variasi tegangan yang dapat digunakan adalah 6, 9 dan 12 Volt. *Buck Converter* diuji coba pada keluaran tegangan tersebut. Sesuai dengan skema rangkaian datasheet *Buck Converter* (Gambar 2.4) menunjukkan bahwa untuk menghitung tegangan keluar maka harus merubah nilai resistor 1 dan resistor 2. Berikut adalah persamaan untuk menghitung tegangan keluar:

$$V_{out} = 1,25 \times \left(1 + \frac{R2}{R1}\right) \quad (4-1)$$

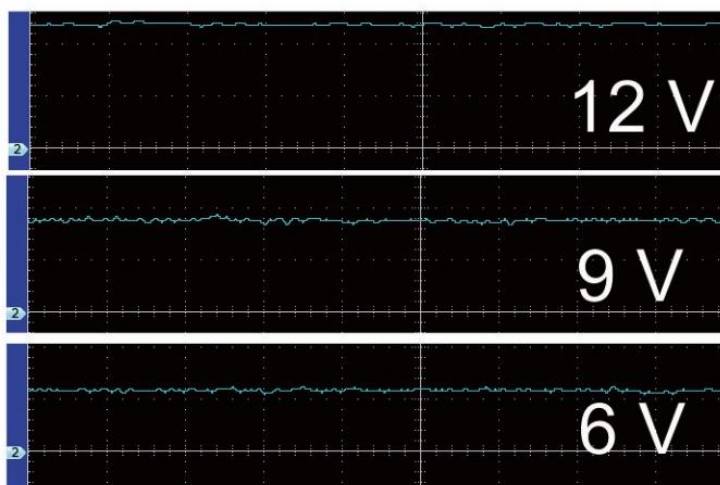
Sesuai persamaan diatas maka pengaturan nilai pada kedua resistor variabel adalah sebagai berikut:

Tabel 4.1 Pengaturan resistor variabel buck converter

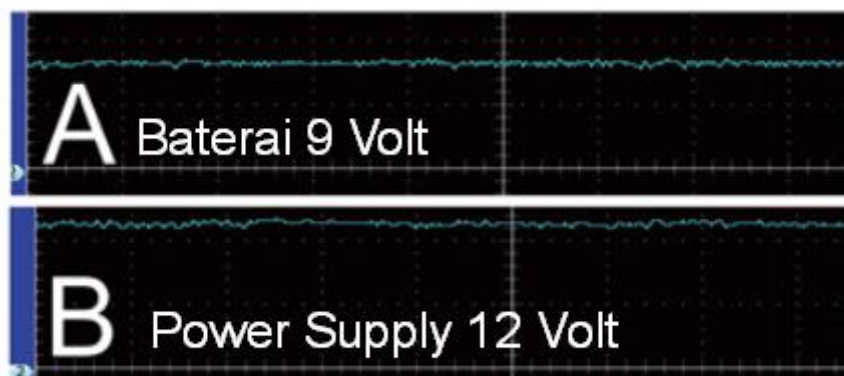
| Tegangan yang diinginkan (Volt) | Pengaturan Hambatan (Ω) | |
|---------------------------------|----------------------------------|------------|
| | Resistor 1 | Resistor 2 |
| 5 | 10K | 3,3K |
| 9 | 12K | 1,9K |
| 12 | 13K | 1,5K |

Hasil pengujian *Buck Converter* menunjukkan bahwa Converter tersebut memiliki riak gelombang DC yang rendah. Pengujian tersebut

dilakukan dengan menggunakan osiloskop untuk mengetahui bagaimana bentuk gelombang listrik DC yang keluar dari *Buck Converter* tersebut. Pengukuran dilakukan tiga kali yaitu pada 12 Volt, 9 Volt dan 6 Volt, kemudian sebagai pembandingan dilakukan pengujian terhadap power supply (tanpa merk) 12 Volt dan baterai merk ABC 9 Volt. Dari pengujian tersebut dapat dilihat bentuk gelombang DC sebagai berikut:



Gambar 4.9 Gelombang DC *buck converter*



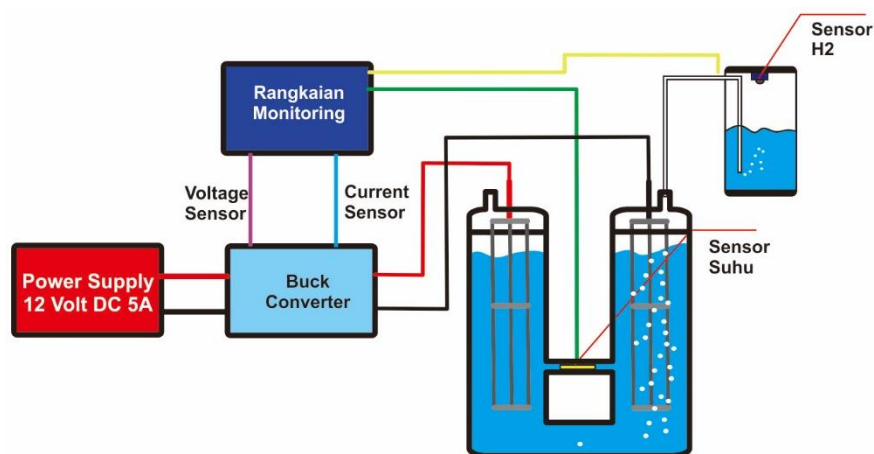
Gambar 4.10 Gelombang DC dari sampel power supply lain

Gelombang listrik DC dari *buck converter* yang terlihat pada osiloskop memiliki riak yang lebih sedikit dari pada power supply dan baterai. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *buck converter* sebagai kontrol tegangan

memiliki kelebihan yaitu riak yang rendah, sehingga listrik DC yang dialirkan dalam tabung elektrolisis semakin baik.

4.1.6 Perakitan alat elektrolisis air keseluruhan

Perakitan keseluruhan dari alat elektrolisis dilakukan setelah perakitan dan pembuatan seluruh komponen, yaitu: sistem monitoring, dataloger, elektroda dan *buck converter*, dsb. Perakitan keseluruhan dilakukan dengan menghubungkan setiap komponen yang sudah dirakit sebelumnya. Berikut adalah skema perancangan keseluruhan alat:



Gambar 4.11 Desain rangkaian keseluruhan elektrolisis air



Gambar 4.12 Rangkaian keseluruhan elektrolisis air

Catu daya menjadi sumber energi untuk elektrolisis air dan sistem monitoring. Catu daya yang digunakan memiliki tegangan 12 Volt dan arus 5 A, kemudian dihubungkan ke *buck converter* untuk mengatur keluaran tegangan yang akan dihubungkan ke elektroda. Kemudian *buck converter* dihubungkan ke sensor tegangan dan sensor arus; sementara itu, pada tabung elektrolisis dipasang sensor suhu, sedangkan sensor gas hidrogen dipasang pada tabung penampungan gas hidrogen.

4.2 Pengaturan dan validasi sensor

Pengaturan dalam KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) berarti proses, cara, perbuatan mengatur. Pengaturan disini dilakukan untuk mengatur pembacaan sensor ke dalam satuan sampel yang diukur.

Validasi berasal dari serapan bahasa Inggris *Validity* yang mempunyai arti tingkat ketepatan dan kecermatan suatu alat ukur dalam melakukan fungsi ukurannya (Azwar. 2000). Validasi dalam penelitian sains menyatakan tingkat ketepatan alat ukur penelitian terhadap isi sebenarnya yang diukur. Uji validasi merupakan pengujian yang digunakan untuk menunjukkan sejauh mana alat ukur yang digunakan dalam suatu mengukur apa yang diukur.

Validasi sensor dilakukan dengan menghitung galat error antara pembacaan sensor dengan alat ukur yang valid. Berikut adalah persamaan untuk mencari error pembacaan sensor:

$$Error (\%) = \left| \frac{x_2 - x_1}{x_2} \right| \times 100 \quad (4-2)$$

$$Confidence Level(\%) = 100\% - Error(\%)$$

Dengan:

$x_2 = \text{nilai pengukuran dari alat valid}$

$x_1 = \text{nilai pengukuran dari sensor}$

Perhitungan error diatas digunakan untuk menghitung sensor yang sudah dapat dibandingkan dengan pengukuran alat yang valid, yaitu: sensor tegangan, sensor arus dan sensor suhu. Sedangkan sensor gas hidrogen dengan MQ-8 dilakukan pengaturan sensor MQ-8 untuk pembacaan konsentrasi hidrogen dalam satuan ppm. Hasil pembacaan sensor MQ-8 setelah dilakukan pengaturan sensor akan dihitung nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) untuk mengetahui error nilai observasi dan nilai perkiraan.

RMSE adalah cara untuk mengevaluasi pembacaan observasi dengan nilai perkiraan sehingga didapatkan nilai rata-rata residu dari nilai observasi. RMSE digunakan untuk data yang membentuk grafik linier. RMSE dihitung dengan mengkuadratkan error dibagi dengan jumlah data (n), lalu diakarkan (Prichard and Barwick. 2003). Berikut adalah persamaan untuk menghitung RMSE:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y - \hat{y})^2}{n}} \quad (4-3)$$

$y = \text{nilai observasi}$

$\hat{y} = \text{nilai estimasi (perkiraan)}$

$n = \text{jumlah data}$

Ketiga sensor lainnya (sensor tegangan; sensor arus; dan sensor suhu) hasil pembacaan sensor setelah dilakukan pengaturan sensor akan dihitung nilai simpangan rata-rata (SR) atau *Mean Deviation* (MD) dengan persamaan:

$$SR = \frac{|x - \bar{x}|}{n} \quad (4-4)$$

Kemudian juga dihitung nilai standar deviasi (*Standard Deviation*) (σ) dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (4-5)$$

Dengan x merupakan nilai selisih antara nilai pengukuran sensor dengan nilai pengukuran alat valid ($x_2 - x_1$), n merupakan banyak data dan \bar{x} merupakan nilai rata-rata yang diperoleh dengan persamaan:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x}{n} \quad (4-6)$$

Sementara itu, alat ukur yang sudah valid digunakan sebagai acuan validasi sensor-sensor terdiri dari (lihat tabel berikut ini):

Tabel 4.2 Alat ukur valid

| Sensor | Alat ukur valid / pembanding | |
|---------------|-------------------------------|------------------------------------|
| | Alat ukur | Spesifikasi |
| Sensor MQ-8 | Grafik pendekatan sensor MQ-8 | Diambil dari datasheet sensor MQ-8 |
| Voltage 25VDC | Voltmeter | <i>Protek PL-3005S</i> |
| Arus ACS712 | Ampermeter | <i>Protek PL-3005S</i> |
| Suhu Ds18b20 | Termometer Digital | <i>Heles UX-389</i> |

Keterangan: Merk alat ukur valid/pembanding merupakan merk alat ukur yang umum digunakan dalam laboratorium Fisika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

4.2.1 Pengaturan sensor MQ-8 untuk Gas Hidrogen

Sensor MQ-8 digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas hidrogen yang dihasilkan melalui proses elektrolisis dalam satuan ppm (*parts per million*). Sensor MQ-8 merupakan sensor dengan pembacaan analog yang

kemudian akan dikonversi ke dalam sinyal digital oleh Arduino Uno. Perubahan pembacaan sinyal analog sensor ke sinyal digital ini disebut dengan ADC (*Analog to Digital Converter*), yang selanjutnya nilai pembacaan sensor yang telah dikonversi ke sinyal digital pada Arduino Uno akan disebut dengan ADC. Dari pembacaan ADC pada Arduino Uno kemudian akan dirubah menjadi satuan yang sesuai dengan sampel yang diukur.

Pengaturan sensor MQ-8 untuk mengukur konsentrasi gas hidrogen dilakukan dengan grafik perbandingan ppm dengan R_s/R_o pada datasheet sensor (Gambar 2.9). R_o merupakan nilai resistansi pada 1000ppm, sedangkan R_s merupakan nilai resistansi pada variasi konsentrasi gas. Oleh karena itu, dengan Arduino yang memiliki resolusi 10 Bit ADC (0-1023 bit), maka untuk menghitung nilai resistansi pada konsentrasi gas hidrogen tertentu dapat dilakukan dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_s (K \Omega) = R_L \times \frac{1023 - \text{Pembacaan ADC}}{\text{Pembacaan ADC}} \quad (4-7)$$

Dimana R_L merupakan resistansi beban, yang pada datasheet disarankan menggunakan 10K Ohm. Grafik menunjukkan bahwa pada konsentrasi gas dalam udara bersih, nilai R_s/R_o adalah 70. Untuk itu, kemudian sensor ditempatkan pada udara bersih dan dicari nilai resistansinya (R_s). Tabel 4.3 berikut ini memperlihatkan data pembacaan sensor MQ-8 pada udara bersih.

Tabel 4.3 Data pembacaan sensor MQ-8 pada udara bersih

| Waktu (menit) | ADC | R_s (K Ω) |
|------------------|-------------------|---------------------|
| 1 | 58 | 166,3793 |
| 2 | 57 | 169,4737 |
| 3 | 56 | 172,6786 |
| 4 | 56 | 172,6786 |
| 5 | 57 | 169,4737 |
| 6 | 57 | 169,4737 |
| 7 | 57 | 169,4737 |
| 8 | 56 | 172,6786 |
| 9 | 57 | 169,4737 |
| 10 | 58 | 166,3793 |
| <i>Rata-rata</i> | 56,9 | |
| | <i>Pembulatan</i> | |
| | 57 | 169,4737 |

Dari pengambilan data tersebut diketahui bahwa nilai R_s pada udara bersih adalah 169,4737k Ω sehingga untuk mencari nilai R_o :

$$\frac{R_s}{R_o} = 70$$

$$R_o = \frac{R_s}{70}$$

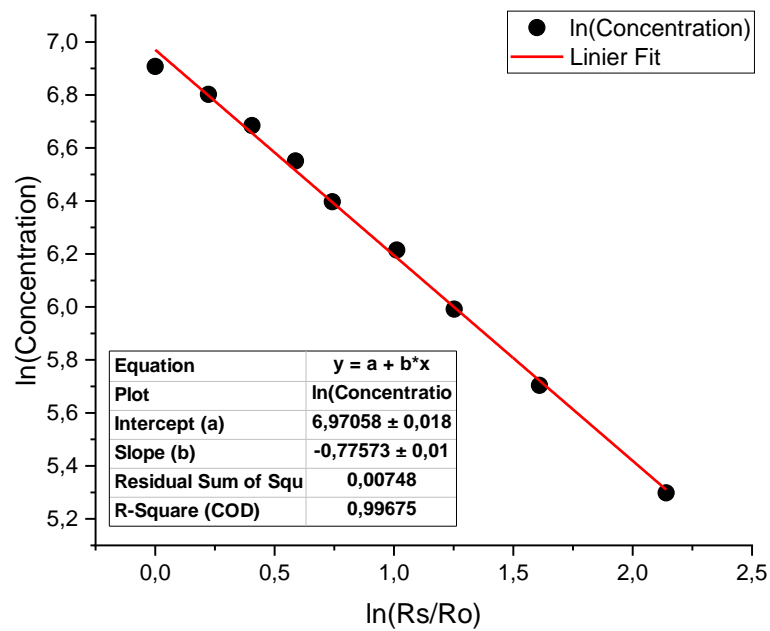
$$R_o = \frac{169,4737}{70} = 2,43k \Omega \quad (4-8)$$

Selanjutnya dilakukan pendekatan terhadap grafik datasheet sensor MQ-8 untuk mencari persamaan garis, dengan *range* pengukuran 200 ppm sampai dengan 1000 ppm, maka didapatkan hasil perhitungan sebagaimana tercantum pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Data pendekatan dan normalisasi sensor MQ-8

| Data pendekatan | | Data normalisasi (ln) | |
|-----------------|-----------|-----------------------|------------|
| x (ppm) | y (Rs/Ro) | ln (ppm) | ln (Rs/Ro) |
| 200 | 8,5 | 5,298 | 2,140 |
| 300 | 5 | 5,704 | 1,609 |
| 400 | 3,5 | 5,991 | 1,253 |
| 500 | 2,75 | 6,215 | 1,012 |
| 600 | 2,1 | 6,397 | 0,742 |
| 700 | 1,8 | 6,551 | 0,588 |
| 800 | 1,5 | 6,685 | 0,405 |
| 900 | 1,25 | 6,802 | 0,223 |
| 1000 | 1 | 6,908 | 0 |

Data grafik MQ-8 (Gambar 2.9) merupakan grafik logaritma yang kemudian untuk mendapatkan grafik liniernya maka harus dinormalisasi dengan ln (logaritma natural). Data normalisasi ln dilakukan dengan membuat grafik untuk mencari pendekatan liniernya.



Gambar 4.13 Grafik linier sensor MQ-8

Sehingga dari pendekatan analisis garis linier ditemukan persamaan:

$$y = bx + a$$

$$y = -0,77573x + 6,97058 \quad (4-9)$$

Nilai y diatas berupa nilai \ln (konsentrasi gas), sehingga untuk mengembalikan ke nilai konsentrasi gas (ppm) diperlukan anti- \ln yaitu eksponensial, sebagai berikut:

$$\text{konsentrasi gas (ppm)} = \exp (y) \quad (4-10)$$

Pembacaan sensor MQ-8 akan membaca nilai R_s/R_o dalam satuan $k\Omega$ sehingga untuk mempermudah penulisan persamaan diatas ke dalam program Arduino uno maka persamaan menjadi:

$$\text{konsentrasi gas (ppm)} = \exp (-0,77573(\ln x) + 6,97058) \quad (4-11)$$

Persamaan diatas yang ditulis dalam program Arduino uno merupakan hasil pengaturan sensor MQ-8 yang digunakan untuk membaca konsentrasi gas hidrogen yang dihasilkan dalam satuan ppm. Kemudian persamaan (4-8) digunakan untuk menghitung hasil perkiraan pembacaan sensor (nilai perkiraan) dibanding dengan grafik pendekatan sensor MQ-8, sebagai berikut:

Tabel 4.5 Perhitungan error sensor MQ-8.

| x | \hat{y} | $(y = bx + a)$ | $y - \hat{y}$ | $(y - \hat{y})^2$ |
|-------------------------------------|-----------|----------------|---------------|------------------------|
| 2,140 | 5,298 | 5,310 | 0,0121 | $1,476 \times 10^{-4}$ |
| 1,609 | 5,704 | 5,722 | 0,0183 | $3,352 \times 10^{-4}$ |
| 1,253 | 5,991 | 5,999 | 0,0073 | $5,342 \times 10^{-5}$ |
| 1,012 | 6,215 | 6,186 | -0,0288 | $8,270 \times 10^{-4}$ |
| 0,742 | 6,397 | 6,395 | -0,0019 | $3,583 \times 10^{-6}$ |
| 0,588 | 6,551 | 6,515 | -0,0365 | $1,330 \times 10^{-3}$ |
| 0,405 | 6,685 | 6,656 | -0,0286 | $8,159 \times 10^{-4}$ |
| 0,223 | 6,802 | 6,797 | -0,0049 | $2,415 \times 10^{-5}$ |
| 0 | 6,908 | 6,971 | 0,0628 | $3,947 \times 10^{-3}$ |
| <i>Jumlah (Σ)</i> | | | | $7,483 \times 10^{-3}$ |
| <i>RMSE</i> | | | | 0,0288 |

Analisis data perhitungan sensor MQ-8 menunjukkan bahwa nilai penyimpangan hasil pengukuran sensor terhadap nilai pendekatan grafik sensor MQ-8 yang dihitung dengan RMSE diperoleh nilai sebesar 0,0288.

Kondisi sensor yang disarankan dalam datasheet berada di lingkungan suhu 20 °C dan kelembaban 65%. Untuk itu, dalam penelitian ini sensor MQ-8 di tempatkan dalam tabung penampungan gas hidrogen yang berisi air dengan tujuan agar menjaga sensor MQ-8 bekerja dalam kisaran suhu dan kelembaban yang disarankan pada datasheet. Penelitian menunjukkan bahwa suhu rata-rata pada lingkungan sensor MQ-8 berkisar 23 – 26 ° C dan kelembaban 60 – 70%.



Gambar 4.14 Penempatan sensor MQ-8

4.2.2 Pengaturan dan validasi Sensor Voltage 25VDC

Pengaturan sensor Voltage 25VDC dengan persamaan rumus konversi nilai pembacaan ADC ke dalam Volt. Sensor Voltage memiliki rangkaian pembagian tegangan (Gambar 2.10). Dari skema tersebut untuk mencari nilai tegangan yang diukur digunakan perbandingan tegangan.

$$V_{\text{terukur}} = V_{\text{input}} \times \frac{7,5k\Omega}{7,5k\Omega + 30k\Omega} \quad (4-12)$$

V_{input} merupakan tegangan yang masuk ke dalam sensor untuk diukur; karena sensor memiliki input maksimal 5 Volt maka, pengukuran tegangan 0- 25 Volt akan dibandingkan dengan 0-5 Volt. Sehingga persamaanya menjadi:

$$\begin{aligned} V_{\text{input}} &= \frac{V_{\text{terukur}}}{\frac{7,5k\Omega}{7,5k\Omega + 30k\Omega}} = \frac{V_{\text{terukur}}}{\frac{1}{5}} \\ &= V_{\text{terukur}} \times 5 \end{aligned} \quad (4-13)$$

Untuk mencari V_{terukur} maka, dikonversi dari pembacaan ADC yaitu:

$$V_{\text{terukur}} = \frac{ADC \times V_{\text{cc Sensor}}}{1024} \quad (4-14)$$

Sensor memiliki input tegangan 5 Volt, akan tetapi ketika sensor beroperasi menunjukkan bahwa tegangan yang masuk ke dalam sensor adalah 4,75 Volt, maka persamaanya menjadi:

$$V_{\text{terukur}} = \frac{ADC \times 4,75 \text{ Volt}}{1024} \quad (4-15)$$

Persamaan tersebut dimasukkan dalam program yang diupload ke Arduino uno dan kemudian diambil data pertama dengan pembanding Voltmeter digital pada range validasi 5 - 15 VDC.

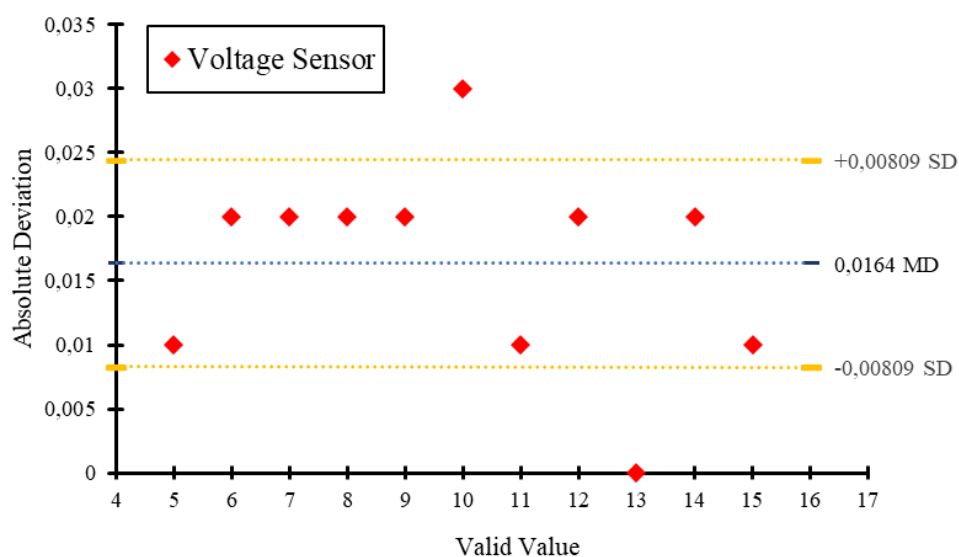
Pengambilan data pertama (terlampir) memiliki error rata-rata 3,92% dengan rata-rata offset data -0,4 Volt. Kemudian pengambilan data pengukuran kedua dilakukan dengan penambahan nilai offset sensor sebesar +0,4, sehingga persamaanya menjadi:

$$V_{\text{terukur}} = \left(\frac{ADC \times 4,75 \text{ Volt}}{1024} \right) + 0,4 \text{ volt} \quad (4-16)$$

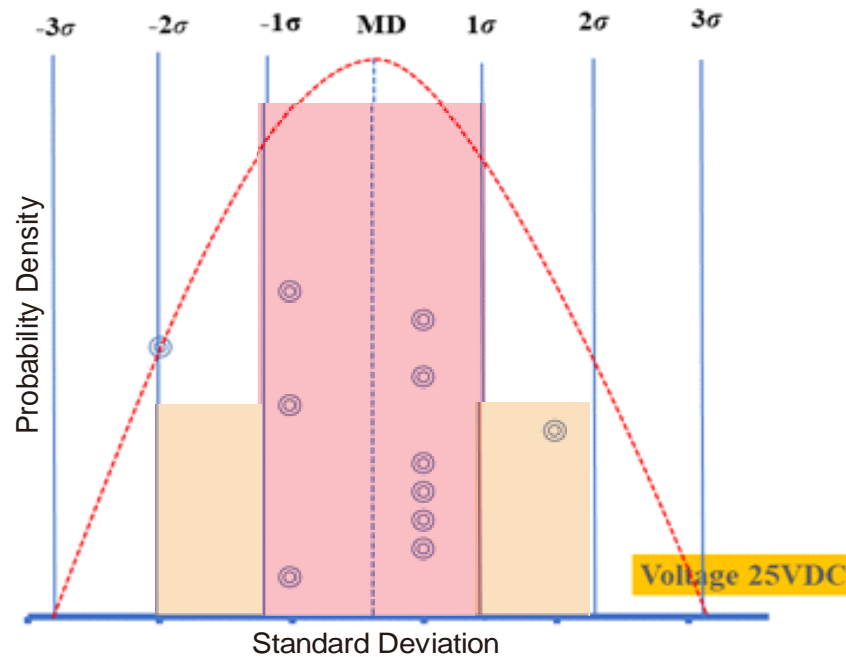
Persamaan diatas kemudian ditulis dalam program Arduino Uno dan kemudian diambil data kedua sebagaimana tercantum dalam tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Perhitungan error sensor Voltage 25VDC

| Voltmeter (x_2) (Volt) | Sensor (x_1) (Volt) | Selisih (x) ($ x_2 - x_1 $) | $ x - \bar{x} $ | $(x - \bar{x})^2$ | Error (%) |
|--|----------------------------|---|-----------------|--------------------|--------------|
| 5 | 5,01 | 0,01 | 0,006364 | 0,000040 | 0,20 |
| 6 | 6,02 | 0,02 | 0,003636 | 0,000013 | 0,33 |
| 7 | 6,98 | 0,02 | 0,003636 | 0,000013 | 0,29 |
| 8 | 7,98 | 0,02 | 0,003636 | 0,000013 | 0,25 |
| 9 | 9,02 | 0,02 | 0,003636 | 0,000013 | 0,22 |
| 10 | 9,97 | 0,03 | 0,013636 | 0,000186 | 0,30 |
| 11 | 10,99 | 0,01 | 0,006364 | 0,000040 | 0,09 |
| 12 | 12,02 | 0,02 | 0,003636 | 0,000013 | 0,17 |
| 13 | 13,00 | 0,00 | 0,016364 | 0,000268 | 0,00 |
| 14 | 14,02 | 0,02 | 0,003636 | 0,000013 | 0,14 |
| 15 | 14,99 | 0,01 | 0,006364 | 0,000040 | 0,07 |
| <i>Rata-rata (\bar{x})</i> | | 0,0164 | | | |
| <i>Jumlah (Σ)</i> | | | 0,070909 | 0,01636 | |
| <i>Simpangan Rata-Rata (MD)</i> | | | | $\pm 0,00645$ Volt | |
| <i>Standar Deviasi (σ)</i> | | | | $\pm 0,00809$ Volt | |
| <i>Rata-Rata Error (%)</i> | | | | | 0,19 % |



Gambar 4.15 Penyimpangan Sensor Voltage terhadap Voltmeter



Gambar 4.16 Grafik ketepatan sensor voltage 25VDC

Analisis data perhitungan sensor voltage 25VDC menunjukkan nilai penyimpangan hasil validasi sensor terhadap Voltmeter Digital menunjukkan simpangan rata-rata sebesar $\pm 0,00645$ Volt, dan standar deviasi sebesar $\pm 0,00809$ Volt. Dari grafik ketepatan sensor voltage 25VDC (Gambar 4.18) validasi sensor memiliki ketepatan yang tinggi, ditunjukkan dengan penyimpangan pembacaan yang masih di dalam batas standar deviasi.

Error sensor voltage 25VDC menunjukkan nilai yang relatif kecil yaitu 0,19 % terhadap Voltmeter Digital yang digunakan sebagai pembanding. Sensor voltage 25VDC divalidasi dengan skala pembacaan 5 – 15 VDC dengan ketelitian pembacaan 0,01. Perhitungan error menunjukkan bahwa dengan perhitungan error sensor memiliki ketelitian 99,81%.

4.2.3 Pengaturan dan validasi sensor arus ACS712

Sensor arus memiliki pengukuran sampai dengan 5 A dengan sensitivitas 0,185/A. Datasheet sensor ACS712 (Gambar 2.13) menunjukkan bahwa nilai arus bisa negatif ataupun positif, dengan kondisi 0 Ampere berada pada 2,5 Volt, dengan input tegangan untuk sensor adalah 5 Volt. Dimana nilai tegangan masuk terhadap sensor itu dapat diketahui dari persamaan:

$$V \text{ terukur} = \frac{ADC \times Vcc \text{ Sensor}}{1024} = \frac{ADC \times 5 \text{ Volt}}{1024} \quad (4-17)$$

Sehingga untuk mencari nilai arus yang masuk digunakan persamaan:

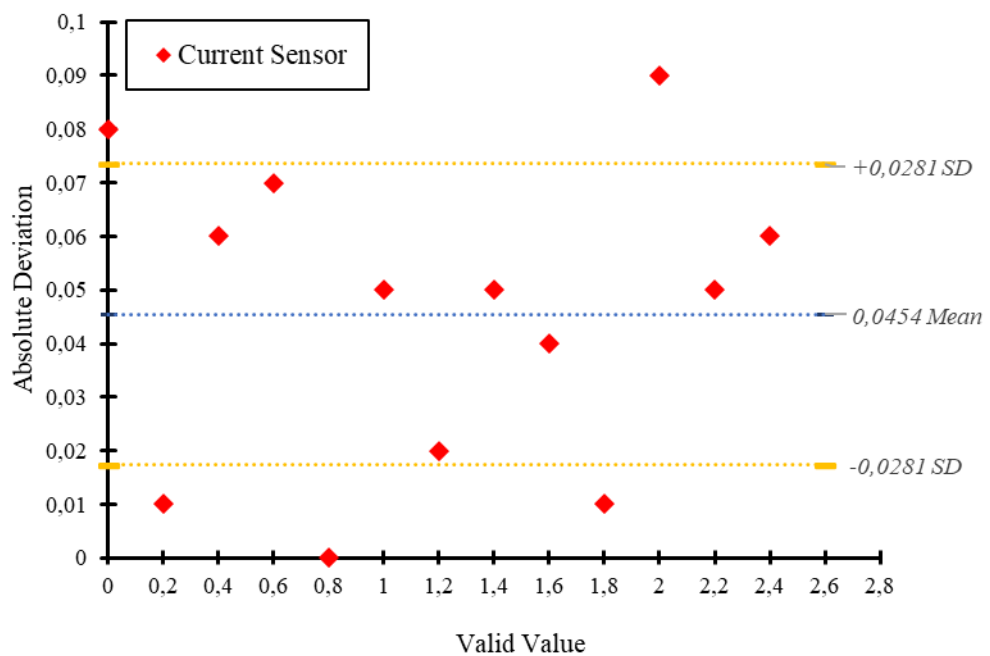
$$I = \frac{V \text{ terukur} - \left(\frac{1}{2} \times Vcc \text{ Sensor}\right)}{\text{Sensitivitas}} \quad (4-18)$$

$$I = \frac{V \text{ terukur} - \left(\frac{1}{2} \times 4,9 \text{ Volt}\right)}{0,185 \text{ A}}$$

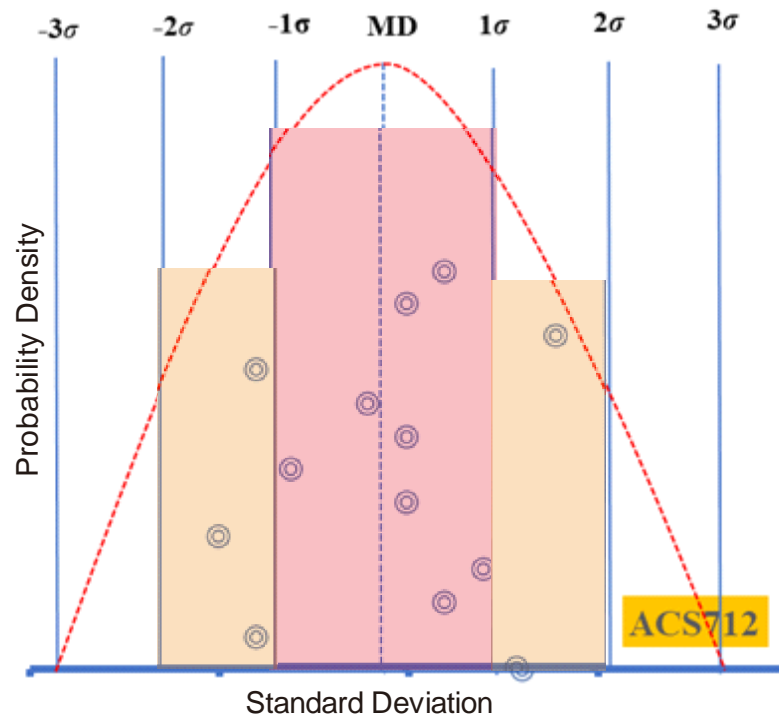
Persamaan inilah yang digunakan dan diimpor ke dalam program Arduino uno. Kemudian data pembacaan dari sensor arus diambil dan dibandingkan dengan pembacaan Amperemeter. Tabel berikut ini menunjukkan data yang diukur dengan skala 0 - 2,5 Ampere.

Tabel 4.7 Perhitungan error sensor arus ACS712

| Ampermeter (x_2) (A) | Sensor (x_1) (A) | Selisih (x) ($ x_2 - x_1 $) | $ x - \bar{x} $ | $(x_1 - \bar{x})^2$ | Error (%) |
|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------|---------------------|----------------|
| 0 | 0,08 | 0,08 | 0,03462 | 0,0012 | 8,00 |
| 0,20 | 0,21 | 0,01 | 0,03538 | 0,0013 | 5,00 |
| 0,40 | 0,46 | 0,06 | 0,01462 | 0,0002 | 15,00 |
| 0,60 | 0,67 | 0,07 | 0,02462 | 0,0006 | 11,67 |
| 0,80 | 0,8 | 0 | 0,04538 | 0,0021 | 0,00 |
| 1 | 1,05 | 0,05 | 0,00462 | 0,0000 | 5,00 |
| 1,20 | 1,22 | 0,02 | 0,02538 | 0,0006 | 1,67 |
| 1,40 | 1,45 | 0,05 | 0,00462 | 0,0000 | 3,57 |
| 1,60 | 1,64 | 0,04 | 0,00538 | 0,0000 | 2,50 |
| 1,80 | 1,81 | 0,01 | 0,03538 | 0,0013 | 0,56 |
| 2 | 2,09 | 0,09 | 0,04462 | 0,0020 | 4,50 |
| 2,20 | 2,25 | 0,05 | 0,00462 | 0,0000 | 2,27 |
| 2,40 | 2,46 | 0,06 | 0,01462 | 0,0002 | 2,50 |
| Rata-rata (\bar{x}) | | 0,04538 | | | |
| Jumlah (Σ) | | | 0,29385 | 0,00952 | |
| Simpangan Rata-Rata (MD) | | | | | $\pm 0,0226$ A |
| Standar Deviasi (σ) | | | | | $\pm 0,0292$ A |
| Rata-Rata Error (%) | | | | | 4,79 % |



Gambar 4.17 Penyimpangan Sensor Arus terhadap Ampermeter



Gambar 4.18 Grafik ketepatan sensor ACS712

Analisis data perhitungan sensor ACS712 menunjukkan nilai penyimpangan hasil validasi sensor terhadap Amperemeter yang digunakan memperoleh simpangan rata-rata sebesar $\pm 0,0226$ Ampere dan nilai standar deviasi menunjukkan $\pm 0,02922$ Ampere. Dari grafik ketepatan sensor ACS712 (Gambar 4.18) diketahui bahwa hasil validasi sensor memiliki ketepatan yang tinggi. Hal ini ditunjukkan dengan penyimpangan pengukuran yang masih didalam batas standar deviasi.

Error sensor ACS712 menunjukkan nilai yang relatif kecil yaitu 0,19 % terhadap Amperemeter pembanding yang digunakan. Sensor ACS712 ini divalidasi dengan skala pembacaan 0 – 2,5 A dengan ketelitian pembacaan 0,01. Perhitungan error menunjukkan bahwa sensor memiliki ketelitian sebesar 95,21%.

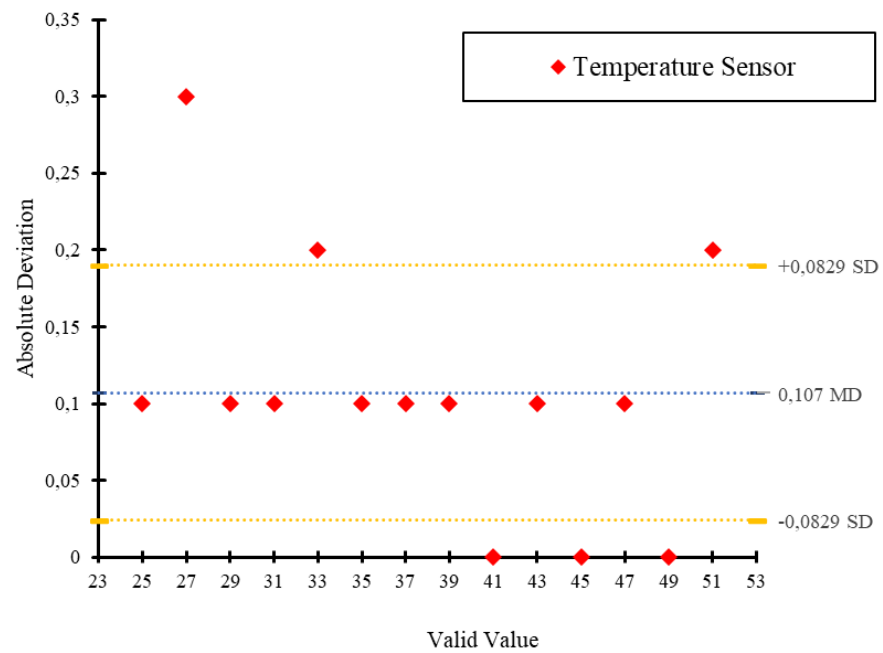
4.2.4 Pengaturan dan validasi sensor suhu DS18B20

Pengaturan sensor suhu DS18B20 untuk dapat membaca suhu dalam satuan Celcius dilakukan dengan modul library Arduino Uno untuk sensor DS18B20 yang dikembangkan oleh Miles Burton dkk. Library tersebut adalah *DallasTemperature.h* yang merupakan library default untuk sensor jenis DS (DS18B20, DS18S20, DS1822 dan DS1820).

Validasi dilakukan untuk memvalidasi pembacaan sensor suhu dengan menggunakan library *DallasTemperature* dan dibandingkan dengan pembacaan termometer digital. Tabel 4.8 berikut ini menunjukkan hasil pembacaan dan penghitungan error sensor dan termometer pembeding.

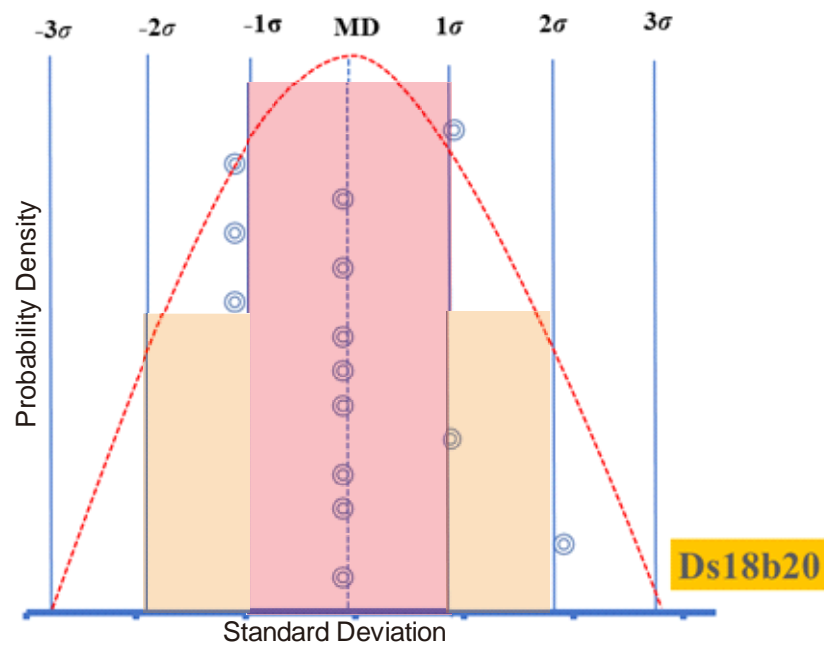
Tabel 4.8 Perhitungan error sensor DS18B20

| Termometer digital (x_2) (°C) | Sensor (x_1) (°C) | Selisih ($ x_2 - x_1 $) | $ x - \bar{x} $ | $(x_1 - \bar{x})^2$ | Error (%) |
|--|-----------------------|---------------------------|-----------------|---------------------|----------------------------|
| 25 | 24,9 | 0,1 | 0,0071 | 0,00005 | 0,40 |
| 27 | 26,7 | 0,3 | 0,1929 | 0,03719 | 1,11 |
| 29 | 29,1 | 0,1 | 0,0071 | 0,00005 | 0,34 |
| 31 | 30,9 | 0,1 | 0,0071 | 0,00005 | 0,32 |
| 33 | 33,2 | 0,2 | 0,0929 | 0,00862 | 0,61 |
| 35 | 35,1 | 0,1 | 0,0071 | 0,00005 | 0,29 |
| 37 | 36,9 | 0,1 | 0,0071 | 0,00005 | 0,27 |
| 39 | 38,9 | 0,1 | 0,0071 | 0,00005 | 0,26 |
| 41 | 41 | 0 | 0,1071 | 0,01148 | 0,00 |
| 43 | 43,1 | 0,1 | 0,0071 | 0,00005 | 0,23 |
| 45 | 45 | 0 | 0,1071 | 0,01148 | 0 |
| 47 | 46,9 | 0,1 | 0,0071 | 0,00005 | 0,21 |
| 49 | 49 | 0 | 0,1071 | 0,01148 | 0,00 |
| 51 | 50,8 | 0,2 | 0,0929 | 0,00862 | 0,39 |
| <i>Rata-rata) (\bar{x})</i> | | 0,107 | | | |
| <i>Jumlah (Σ)</i> | | | 0,7571 | 0,08929 | |
| <i>Simpangan Rata-Rata (MD)</i> | | | | | $\pm 0,0541^\circ\text{C}$ |
| <i>Standar Deviasi (σ)</i> | | | | | $\pm 0,0829^\circ\text{C}$ |
| <i>Rata-Rata Error (%)</i> | | | | | 0,32% |



Gambar 4.19 Penyimpangan sensor suhu terhadap termometer digital

Gambar di atas menunjukkan penyebaran penyimpangan pembacaan sensor suhu terhadap pembacaan termometer digital. Terlihat bahwa penyebaran penyimpangan masih dalam daerah batas standar deviasi.



Gambar 4.20 Grafik ketepatan sensor suhu Ds18b20

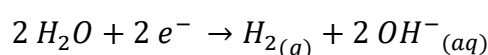
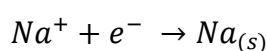
Analisis data sensor Ds18b20 menunjukkan bahwa nilai penyimpangan hasil validasi sensor terhadap termometer pembanding memperoleh simpangan rata-rata dan standar deviasi sebesar $\pm 0,0541^{\circ}\text{C}$ dan $\pm 0,08287^{\circ}\text{C}$. Dari grafik ketepatan sensor Ds18b20 (Gambar 4.20) dapat diketahui bahwa hasil validasi sensor memiliki ketepatan yang tinggi sebagaimana ditunjukkan dengan penyimpangan pembacaan yang masih di dalam batas standar deviasi.

Error sensor Ds18b20 menunjukkan nilai yang relatif kecil yaitu 0,32% terhadap termometer pembanding. Sensor Ds18b20 divalidasi dengan skala pembacaan $25 - 51^{\circ}\text{C}$ dengan ketelitian pembacaan 0,1. Perhitungan error menunjukkan bahwa sensor suhu yang digunakan pada alat elektrolisis yang dikembangkan memiliki nilai ketelitian 99,68%.

4.3 Analisis data elektrolisis

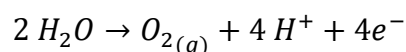
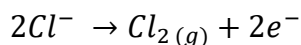
Data elektrolisis diambil setelah proses pengaturan dan validasi sensor berhasil. Elektrolisis air dilakukan dengan variasi tegangan yang diatur oleh *buck converter*. Pengambilan data elektrolisis dilakukan tiga kali, yaitu dengan variasi tegangan 6 Volt, 9 Volt dan 12 Volt. Setiap variasi tegangan percobaan elektrolisis menggunakan 1,40 Liter air laut dengan tambahan NaCl (natrium klorida) sebanyak 100 gr. Air laut mengandung rata-rata 85% NaCl maka dengan pengabaian terhadap kandungan lainnya pada air laut reaksi elektrolisisnya menjadi:

Katoda



Ion Na^+ (Natrium Hidroksida) akan tereduksi menjadi Na dalam bentuk padat (*solid*) sehingga tidak mempengaruhi gas H_2 (Hidrogen) yang dihasilkan pada katoda (Dionigi, Klingenhof, and Strasser. 2019). Sedangkan pada anoda yang terjadi adalah:

Anoda

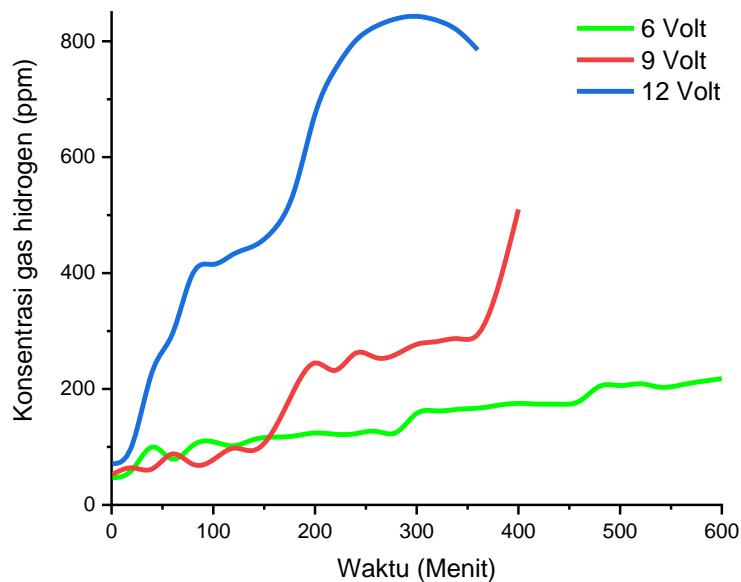


Standar potensial reduksi O_2 lebih rendah dari pada Cl_2 sehingga pada reaksi yang terjadi pada anoda gas yang dihasilkan adalah gas klorin (Cl_2) (Apriliana. 2014). Sehingga dari proses elektrolisis air yang dilakukan pada anoda dimungkinkan akan menghasilkan gas klorin (Cl_2) sedangkan pada katoda akan menghasilkan gas hidrogen (H_2).

Parameter yang diukur oleh berbagai sensor ketika proses elektrolisis berlangsung adalah konsentrasi gas (ppm), tegangan (Volt), arus (Ampere) dan suhu ($^{\circ}\text{C}$). Proses elektrolisis dilakukan hingga arus mencapai nilai 0 Ampere, atau proses elektrolisis sudah berhenti karena tidak ada arus yang mengalir akibat korosi oleh klorin atau pelapisan pada elektroda. Hasil percobaan/eksperimen menunjukkan bahwa pada variasi tegangan 6 Volt proses elektrolisis berjalan selama 10 jam 8 menit, variasi 9 Volt berjalan selama 6 jam 40 menit, dan pada variasi 12 Volt berjalan selama 6 jam 7 menit.

Sistem monitoring proses elektrolisis ini akan mencatat data setiap 1 menit sekali. Data tersebut akan tersimpan secara otomatis dalam Microsoft Excel dengan format .xlsm. Selanjutnya, data yang tercatat setiap 1 menit dipilah untuk setiap pengukuran 20 menit dan dianalisis dengan menggunakan software Origin

2018 64-bit pada laptop dan divisualisasikan dalam bentuk grafik. Grafik data hasil proses elektrolisis dapat ditunjukkan pada gambar 4.23 berikut ini:

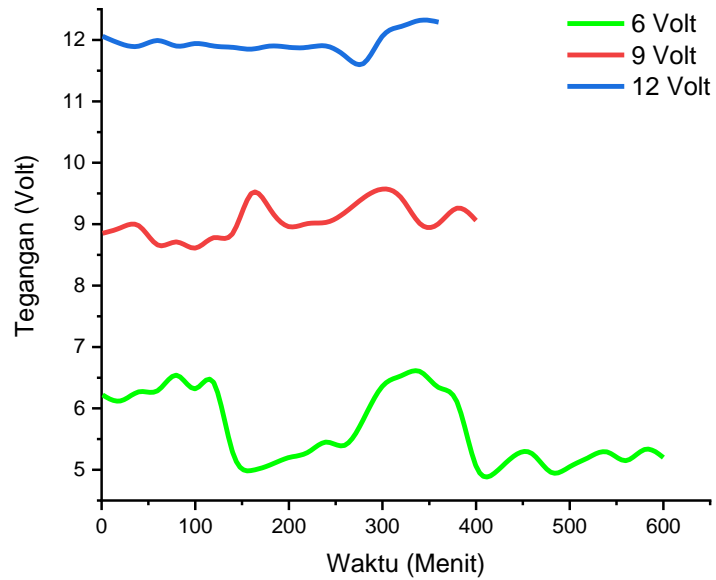


Gambar 4.21 Grafik hasil konsentrasi gas hidrogen

Gambar 4.23 menunjukkan bahwa variasi tegangan 12 Volt menghasilkan konsentrasi gas hidrogen paling tinggi yaitu 847 ppm. Ini artinya bahwa proses elektrolisis dengan tegangan 12 Volt menghasilkan gas hidrogen yang paling banyak. Sedangkan konsentrasi gas hidrogen pada tegangan 9 Volt adalah sebesar 510 ppm dan tegangan 6 Volt sebesar 214 ppm. Dari grafik tersebut juga terlihat bahwa pada tegangan 12 Volt kenaikan konsentrasi gas hidrogen secara signifikan terjadi pada 30 menit pertama. Pada tegangan 9 Volt terjadi kenaikan signifikan konsentrasi gas hidrogen pada saat proses elektrolisis mencapai menit ke 180. Sedangkan pada tegangan 6 Volt tidak menunjukkan adanya kenaikan konsentrasi gas yang signifikan.

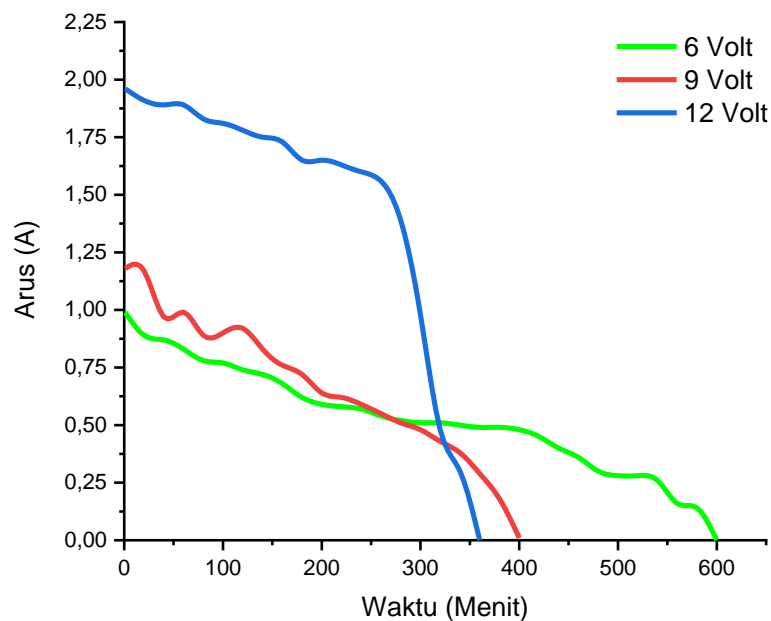
Tegangan yang digunakan dalam proses elektrolisis tidak konstan, melainkan terus menerus naik-turun sesuai dengan pengaturan tegangan yang dilakukan diawal dengan *buck converter*. Hal ini disebabkan selama proses elektrolisis

terjadi hambatan (resistansi) akibat proses pemecahan molekul air menjadi gas hidrogen.



Gambar 4.22 Grafik perubahan tegangan pada proses elektrolisis

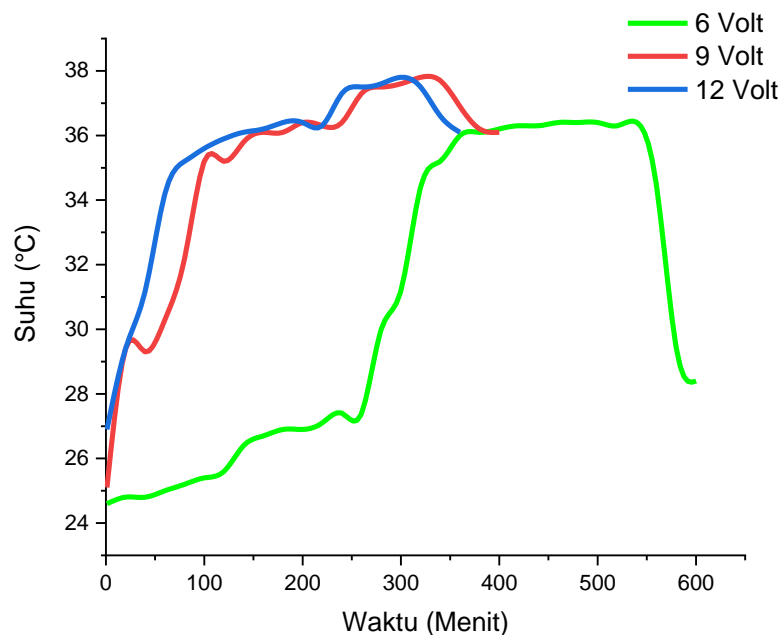
Grafik diatas menunjukkan bahwa pada tegangan 12 Volt, tegangan selama proses elektrolisis lebih stabil dibandingkan dengan tegangan 9 dan 6 Volt. Terlihat semakin kecil pengaturan tegangan yang digunakan, maka semakin tidak stabil tegangan selama proses elektrolisis berlangsung.



Gambar 4.23 Grafik perubahan arus pada proses elektrolisis

Arus menunjukkan penurunan pada semua variasi pengaturan tegangan. Pada pengaturan tegangan 12 Volt, arus mengalami penurunan tajam ketika elektrolisis berjalan selama 300 menit. Hal ini disebabkan elektroda anoda mengalami korosi dengan cepat karena arus yang mengalir sangat besar. Sedangkan pada pengaturan tegangan 9 Volt arus berhenti pada menit ke-400. Sementara itu, untuk pengaturan tegangan 6 Volt terlihat memiliki arus yang lebih landai dari pada yang lainnya dan arus berhenti pada menit ke-600.

Grafik pada Gambar 4.13 juga menunjukkan bahwa semakin besar pengaturan tegangan yang digunakan, maka arus yang mengalir juga semakin besar. Pada pengaturan tegangan 12 Volt, 9 Volt, dan 6 Volt beturut-turut arus yang mengalir mencapai 1,96 Ampere, 1,18 Ampere, dan 0,99 Ampere.



Gambar 4.24 Grafik perubahan pada proses elektrolisis

Parameter terakhir yang diukur adalah suhu. Grafik pada Gambar 4.14 menunjukkan bahwa pada pengaturan tegangan 12 Volt terjadi kenaikan suhu dengan cepat. Hal ini linier dengan peningkatan produksi hidrogen sebagaimana ditunjukkan pada grafik dalam Gambar 4.14. Sedangkan hal serupa terjadi pada pengaturan tegangan 9 dan 6 Volt meskipun kenaikan suhu memerlukan waktu yang lebih lama. Dengan demikian dapat dipahami bahwa kenaikan suhu linier terhadap produksi hidrogen yang dihasilkan melalui proses elektrolisis.

4.4 Pembahasan

Penelitian sebelumnya yang relevan untuk pengembangan alat elektrolisis air telah dilakukan oleh banyak peneliti, diantaranya: Sudrajat (2018), Budiman (2021), Enshasy (2019), Rusdianasari (2019), dan Zainul (2022). Mereka mengembangkan alat elektrolisis air satu tabung, artinya hasil pembentukan gas anoda dan katoda akan bercampur jadi satu, yang menurut teori merupakan gas HHO (*Hydrogen-Hydrogen Oxygen*). Namun dalam praktiknya gas yang dihasilkan

dari anoda tidak hanya oksigen (O_2) akan tetapi juga dipengaruhi oleh katalis yang digunakan. Sedangkan yang dikembangkan pada penelitian kali ini menggunakan tabung yang berbentuk “U” yang memisahkan keluaran gas dari anoda dan katoda. Sehingga pembacaan sensor hidrogen pada katoda akan lebih akurat, karena gas hidrogen yang dihasilkan dari katoda dimungkinkan kecil sekali untuk bercampur gas selainnya.

Pengembangan alat monitoring elektrolisis air berbasis sensor dalam penelitian terdahulu oleh Rahmad (2022) dan Komaril (2020) hanya sebatas menggunakan sensor MQ-8 sebagai sensor gas hidrogen tanpa dilengkapi dengan sensor pendukung lainnya seperti yang dilakukan dalam penelitian ini. Sementara itu, penelitian Tarazona-Romero dkk. (2021) sudah menggunakan 3 sensor, yaitu: sensor arus, sensor tegangan dan sensor gas hidrogen. Penelitian kali ini menjadi sebuah pengembangan alat monitoring elektrolisis air yang memonitoring empat parameter sekaligus, yaitu konsentrasi gas hidrogen, arus, tegangan dan suhu dalam proses elektrolisis air.

Buck converter yang digunakan sebagai pengatur tegangan pada alat elektrolisis air yang dikembangkan dalam penelitian ini menunjukkan gelombang DC dengan riak rendah (Gambar 4.9). Riak tegangan yang rendah pada konverter DC-DC berpengaruh terhadap stabil atau tidaknya tegangan keluar (Cahyadi, Andromeda, and Facta. 2017). Semakin rendah riak tegangan yang dihasilkan oleh konverter DC-DC maka tegangan keluaran akan lebih stabil. Penelitian ini tidak membahas lebih mendalam tentang pengaruh penggunaan *buck converter* dalam proses elektrolisis air. Penggunaan *buck converter* pada penelitian ini bertujuan agar listrik DC yang digunakan dalam proses elektrolisis air memiliki

kestabilan yang tinggi yang ditunjukkan rendahnya riak tegangan. Sehingga ketika proses elektrolisis air, tegangan tidak mengalami *drop* (penurunan) tegangan dari tegangan yang telah diatur karena faktor kurangnya efisiensi penurunan *DC to DC* yang dilakukan untuk memvariasikan tegangan.

Proses pengaturan sensor dilakukan untuk merubah pembacaan sensor yang semula berupa sinyal analog menjadi satuan yang sesuai dengan yang diukur oleh sensor. Sensor MQ-8 diatur untuk membaca konsentrasi gas hidrogen dalam satuan ppm; sensor tegangan Voltage 25VDC membaca tegangan dalam Volt; sensor arus ACS712 membaca arus dalam Ampere; dan sensor suhu Ds18b20 membaca suhu dalam Celcius. MQ-8 dipilih sebagai sensor untuk mengukur konsentrasi gas hidrogen, dianggap paling mudah digunakan daripada menggunakan sensor untuk mengukur volume gas hidrogen.

Validasi sensor didasarkan pada dua parameter acuan yaitu ketepatan (*precision*) dan ketelitian (*accuracy*). Ketepatan merupakan kemampuan untuk mengarahkan sesuatu pada tujuannya, disini bisa diartikan jika suatu nilai diukur berulang dan menghasilkan nilai-nilai yang menyebar di sekitar nilai yang sebenarnya maka pengukuran dikatakan “tepat” (Nurlina et al. 2019).

Grafik ketepatan setiap sensor pada setiap pengulangan pengukuran (Gambar 4.16, 4.18 dan 4.20) menunjukkan penyebaran simpangan pembacaan sensor masih didalam batas standar deviasi. Penyebaran simpangan terjadi pada batas nilai $\pm 1\sigma$ ($1 \times$ nilai standar deviasi), kemudian sisanya pada batas nilai $\pm 2\sigma$. Data penyimpangan diluar $\pm 1\sigma$ dinyatakan sebagai data outlier. Hal ini menunjukkan bahwa validasi sensor memiliki ketepatan yang tinggi dan sensor

memiliki kemampuan pembacaan yang akurat dibanding dengan pembacaan alat ukur yang sudah valid.

Sementara itu, ketelitian merupakan tingkat kepastian hasil pengukuran terhadap nilai sebenarnya. Jika nilai hasil validasi yang dilakukan mendekati atau sama nilai sebenarnya, maka dikatakan “teliti”. Ketelitian menggambarkan tingkat kepercayaan terhadap suatu alat ukur. Penelitian ini menunjukkan sensor tegangan Voltage 25VDC, sensor arus ACS712 dan sensor suhu Ds18b20 secara berturut-turut memiliki tingkat kepercayaan sebesar 99,81%; 95,21%; dan 99,68%. Hazra (2017) dan Wolfe (2004) menyebutkan dalam penelitian sains tingkat kepercayaan yang umum digunakan lebih dari 95%. Sedangkan, standar akurasi sistem pengukuran yang dikeluarkan *American Society for Testing and Material (ASTM)* adalah 95%.

Analisis hasil tingkat ketepatan dan ketelitian setiap sensor yang digunakan dalam sistem monitoring elektrolisis air yang dikembangkan pada penelitian ini menunjukkan bahwa sistem monitoring yang dikembangkan layak digunakan dalam eksperimen. Analisis data menunjukkan bahwa hasil validasi alat elektrolisis memiliki ketepatan yang tinggi, nilai simpangan rata-rata yang rendah, serta memiliki ketelitian yang diatas 95%. Adapun sensor arus listrik yang memiliki ketelitian yang paling rendah daripada sensor-sensor yang lainnya masih memiliki ketelitian 95,21% sedikit di atas standar yang dipakai sebagaimana telah dijelaskan sebelumnya yaitu 95%.

Sensor tegangan memiliki skala pembacaan paling rendah adalah 0,01 Volt dan alat ukur untuk validasi juga memiliki skala pembacaan paling rendah adalah 0,01 Volt. Sensor suhu memiliki skala pembacaan paling rendah 0,1 °C dan alat

ukur untuk validasi juga memiliki skala pembacaan terkecil yang sama. Alasan kesamaan skala pembacaan terkecil inilah sensor tegangan dan sensor suhu memiliki ketelitian pembacaan yang tinggi. Sensor arus sensitifitas 0,185/A, artinya pengukuran yang dilakukan sensor arus skala pembacaan paling kecil adalah 0,026 Ampere (Lampiran 5) sedangkan alat ukur untuk validasi memiliki skala pembacaan terkecil 0,01 Ampere. Hal ini yang menyebabkan pengukuran dengan sensor arus memiliki ketelitian paling rendah dibanding ketiga sensor yang lain.

Sensor MQ-8 pada penelitian ini hanya dilakukan pengaturan sensor untuk mengukur konsentrasi hidrogen. Pengaturan dilakukan dengan pendekatan terhadap grafik perbandingan R_s/R_o dengan ppm pada datasheet. Perbandingan antara nilai pendekatan datasheet (observasi) dengan nilai pendekatan (estimasi) dengan regresi linier menunjukkan nilai RMSE yang kecil yaitu 0,0288. Nilai RMSE yang kecil menunjukkan korelasi yang kuat antara nilai observasi yang diambil dari datasheet sensor dengan nilai pendekatan (estimasi) dari persamaan regresi linier, sehingga pembacaan sensor MQ-8 memiliki tingkat keakuratan yang tinggi terhadap datasheet sensor. Dalam penelitian sebelumnya dinyatakan bahwa semakin kecil nilai RMSE pengukuran semakin memiliki ketelitian yang tinggi (Edgerley. 1998).

Analisis hasil elektrolisis air menunjukkan bahwa variasi pengaturan tegangan 12 Volt menghasilkan konsentrasi hidrogen yang paling tinggi yaitu 847 ppm dalam waktu 6 jam 7 menit dengan bentuk grafik yang meningkat tajam, hal ini dikarenakan dengan tegangan mengalir lebih besar, proses elektrolisis akan semakin cepat terjadi. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Yuvaraj dkk.

(2014) dan Fauzan dkk. (2022) yang menyimpulkan bahwa tegangan 12 Volt merupakan tegangan yang stabil dan baik untuk produksi gas hidrogen dengan elektrolisis air, hal ini disebabkan tegangan 12 Volt dianggap tegangan yang sesuai untuk proses elektrolisis air, sedangkan tegangan 6 Volt dan 9 Volt terlalu rendah untuk proses elektrolisis, sehingga grafik menunjukkan pada tegangan 6 dan 9 Volt mengalami naik turun dan tidak stabil dikarenakan perubahan resistansi pada proses elektrolisis air.

Sedangkan arus listrik yang mengalir dalam proses elektrolisis air dipengaruhi oleh elektroda dan katalisator yang digunakan. Penelitian kali ini menggunakan jenis elektroda stainless steel. Munawar dkk. (2020) dalam penelitiannya menunjukkan bahwa penggunaan elektroda Stainless steel dapat menghasilkan gas hidrogen lebih banyak dalam proses elektrolisis dari pada aluminium dan tembaga. Hal ini dikarenakan elektroda Stainless steel dapat mengalirkan arus lebih baik dari pada kedua bahan elektroda lainnya didalam proses elektrolisis air garam. Kemudian dalam penelitian Fadel dkk (2021) menunjukkan bahwa penggunaan katalis NaCl dalam proses elektrolisis air menunjukkan hasil produksi gas hidrogen paling sedikit dibanding penggunaan KOH dan NaHCO₃. Sehingga penelitian kali ini arus maksimal yang mengalir pada elektrolisis air adalah 1,96 Ampere. Widyatama (2017) menyebutkan bahwa arus ideal untuk proses elektrolisis air adalah 1 - 2 Ampere, penggunaan arus yang besar akan menghasilkan uap air. Korelasi antara tegangan dan arus terlihat bahwa semakin tinggi variasi tegangan yang digunakan semakin naik pula arus yang mengalir di dalam elektrolisis air.

Grafik arus (Gambar 4.22) pada variasi tegangan 12 Volt grafik menurun lebih cepat, dibanding variasi tegangan 9 dan 6 Volt. Ini dikarenakan semakin tinggi tegangan yang mengalir semakin tinggi juga arus yang dapat mengalir. Ini bisa dilihat semakin rendah tegangan yang digunakan semakin sedikit arus yang mengalir. Sedikit arus yang mengalir akan memperpanjang umur elektroda akan tetapi tidak bisa maksimal dalam produksi gas hidrogennya.

Proses elektrolisis air juga mempengaruhi perubahan suhu pada air. Perubahan suhu yang terjadi pada penelitian kali ini berkisar pada suhu ruangan 26°C naik hingga suhu 37°C . Menurut penelitian Munawar dkk. (2020) bahwa suhu dalam proses elektrolisis air yang menghasilkan produk gas hidrogen paling banyak pada suhu 37°C . Pada penelitian kali ini diketahui bahwa penggunaan variasi tegangan 12 Volt dan 9 Volt dapat mencapai suhu air 37°C , sedangkan variasi tegangan 6 Volt hanya mencapai suhu 36°C . Pada grafik perubahan suhu (Gambar 4.26) jika dibandingkan grafik konsentrasi hidrogen (Gambar 4.23) menunjukkan bahwa kenaikan produksi hidrogen terjadi ketika suhu naik pada suhu $34 - 37^{\circ}\text{C}$. Kondisi suhu tersebut menjadi kondisi ideal untuk memproduksi gas hidrogen karena semakin tinggi suhu air maka yang dihasilkan adalah gelembung gas hidrogen yang tercampur dengan uap air.

Hasil analisis data elektrolisis air menunjukkan bahwa penggunaan variasi tegangan 12 Volt lebih baik dari pada variasi tegangan 9 Volt dan 6 Volt. Ini dikarenakan variasi tegangan 12 Volt dapat menghasilkan konsentrasi hidrogen yang lebih banyak. Sementara itu arus yang mengalir lebih tinggi dan mencapai suhu optimal untuk pemecahan molekul gas hidrogen dalam elektrolisis air. Namun, kekurangan proses elektrolisis air dengan tegangan 12 Volt mengalami

korosi lebih cepat pada elektroda dibandingkan tegangan 9 dan 6 V. Sebagaimana sudah dijelaskan sebelumnya bahwa walaupun penggunaan tegangan 12 Volt menghasilkan konsentrasi gas hidrogen paling tinggi, tetapi proses elektrolisis dengan penggunaan tegangan 12 lebih cepat terhenti dibandingkan dengan penggunaan tegangan 9 dan 6 Volt. Hal ini ditandai dengan tidak adanya arus yang mengalir lagi akibat elektroda mengalami korosi oleh klorin yang berasal dari air laut yang digunakan pada proses elektrolisis. Klorida bermuatan negatif dalam air laut dapat merusak anoda dan mengakibatkan penurunan masa pakai elektroda akibat korosi (Kuang et al. 2019).

4.5 Pemanfaatan energi Hidrogen dalam perspektif Islam

Energi yang digunakan manusia selama ini didapat dari sumber daya fosil yang merupakan sumber daya tidak terbarukan dan akan habis suatu saat nanti. Pemanfaatan besar-besaran terhadap sumber daya fosil mengakibatkan berbagai dampak negatif seperti pemanasan global, rusaknya lingkungan, dan polusi udara. Hal ini disebabkan dari eksploitasi berlebihan terhadap sumber daya fosil, sehingga menjadikannya kemudharatan bagi umat manusia. Rosullah saw. bersabda:

لَا ضَرَرَ وَلَا ضِرَارَ

Artinya: "Tidak boleh memberikan mudharat tanpa disengaja atau pun disengaja (kitab Arbain Nawawi:hadist ke-34)"

Hadits diatas menjelaskan bahwa kita tidak boleh memberikan mudharat kepada sesama makhluk hidup dan alam yang kita tempati. Eksploitasi sumber daya fosil yang berlebihan memberikan kemudharatan bagi manusia dan alam,

sehingga untuk itu harus mencari energi terbarukan yang lainnya yang tidak menciptakan kemudaran.

Energi hidrogen merupakan energi terbarukan yang dikembangkan banyak peneliti. Penelitian kali ini yang bertujuan membuat rancang bangun alat elektrolisis air dengan sensor-sensor berbasis Arduino Uno dengan kontrol tegangan *buck converter* merupakan sumbangsih terhadap penelitian gas hidrogen sebagai sumber energi terbarukan.

Allah swt. menciptakan manusia dengan segala kelebihan untuk berkembang dalam kehidupannya. Manusia memanfaatkan kelebihan tersebut untuk mengembangkan dan membuat piranti-piranti yang menunjang kehidupan. Dalam penelitian hidrogen sendiri manusia mengembangkan instrumentasi rancang bangun alat untuk mengembangkan energi hidrogen demi kemaslahatan umat manusia. Sehingga diharapkan kedepannya menjadi energi yang ramah lingkungan dan tidak menimbulkan kerusakan dan dampak berbahaya lain bagi alam dan manusia.

Rasulullah saw. bersabda:

خَيْرُ النَّاسِ أَنْفَعُهُمْ لِلنَّاسِ

*Artinya: "Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia."
Hadits dihasankan oleh al-Albani di dalam Shahihul Jami' (no. 3289).*

Manusia yang paling baik merupakan manusia yang bermanfaat bagi manusia yang lain, penelitian rancang bangun alat elektrolisis air untuk sumbangsih dalam pengembangan sumber daya terbarukan energi hidrogen akan menjadi manfaat bagi seluruh manusia sebagai energi alternatif yang ramah lingkungan. Sehingga

dengan meneliti energi hidrogen yang bermanfaat bagi manusia peneliti menjadi salah satu manusia yang bermanfaat bagi manusia yang lain.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan pembahasan hasil penelitian rancang bangun alat elektrolisis air menggunakan sensor-sensor berbasis Arduino uno dengan kontrol tegangan *buck converter*, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pembuatan alat monitoring elektrolisis air menggunakan sensor-sensor berbasis Arduino uno, menggunakan sensor gas hidrogen (MQ-8), sensor tegangan (Voltage 25VDC), sensor arus (ACS712) dan sensor suhu (DS18B20) yang secara otomatis dicatat oleh datalogger Microsoft Excel melalui fitur VBA (*Visual Basic for Application*)
2. Validasi sensor tegangan, arus dan suhu menunjukkan setiap sensor memiliki nilai error yang kecil serta ketelitian diatas 95%, dan pengaturan sensor MQ-8 memiliki nilai RMSE yang kecil, sehingga alat monitoring sudah dapat digunakan sebagai alat monitoring eksperimen elektrolisis air.
3. Elektrolisis air menunjukkan bahwa penggunaan tegangan 12 Volt menghasilkan konsentrasi gas hidrogen paling tinggi dibanding dengan tegangan 6 Volt dan 9 Volt.

5.2 Saran

Penelitian rancang bangun alat elektrolisis air berbasis sensor kedepannya disarankan untuk memilih sensor yang mempunyai ketelitian lebih kecil sehingga dapat memonitoring elektrolisis dengan energi listrik yang kecil. Sensor gas MQ-8 disarankan untuk dikalibrasi dengan alat yang sudah valid. Selanjutnya

penelitian menunjukkan variasi tegangan 12 Volt menghasilkan konsentrasi gas yang paling tinggi, sehingga disarankan untuk proses elektrolisis air menggunakan tegangan 12 Volt.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, Arif. (2013). Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Tegangan Listrik, Konsentrasi Katalis, dan Temperatur terhadap Optimalisasi Sistem Elektrolisis Brown's Gas". Surabaya. Teknik Mesin FTI ITS
- Achmad H. (1992). Elektrokimia dan Kinetika Kimia. Bandung: Citra Aditya Bakti
- Akbar, Alfian. (2017). Pengontrol Suhu Air Menggunakan Sensor Ds18B20 Berbasis Arduino Uno. Tugas Akhir Progam Studi D-III Fisika Universitas Sumatera Utara.
- Anonim, 'Datasheet MQ-8'. <https://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/Biometric/MQ-8.pdf> (accessed Oct. 03, 2022).
- Anonim, 'Datasheet Sensor 25VDC. http://www.energiazero.org/arduino_sensori/arduino%2025v%20voltage%20sensor%20module.pdf (accessed Oct. 03, 2022).
- Anonim, 'Datasheet Sensor ACS712'. <https://www.sparkfun.com/datasheets/BreakoutBoards/0712.pdf> (accessed Oct. 03, 2022).
- Anonim, 'Datasheet Sensor DS18B20. <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/DS18B20.pdf> (accessed Oct. 03, 2022).
- Anwar, S., Khan, F., Zhang, Y., & Djire, A. (2021). Recent development in electrocatalysts for hydrogen production through water electrolysis. *International Journal of Hydrogen Energy*, 46(63), 32284-32317.
- Apriliana, Heni Nurani (2014) Prototype Hydrogen Fuel Generator (Uji Kelayakan Gas Hasil Elektrolisis Sebagai Bahan Bakar). Other thesis, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Asnil, dan Irma Husnaini. (2015). Analisis Riak Keluaran Buck Konverter. Seminar Nasional FORTEI 2015, 58–62. <https://doi.org/10.31227/osf.io/ftgmy>.
- Aswardi. (2010). Modul Elektronika Daya. Padang : Teknik Elektro FT Universitas Negeri Padang.

- Aziz, F. A., Rustana, C. E., Fahdiran, R., Jakarta, E., Islam, U., Maulana, N., Ibrahim, M., & Java, M. (2022). Study Of Lifetime Of Copper And Aluminum Electrodes In Electrolysis Of Seawater Process. 14(2), 50–56.
- Badamasi, Y. A. (2014). The working principle of an Arduino. In 2014 11th international conference on electronics, computer and computation (ICECCO) (pp. 1-4). IEEE.
- Balat, M. (2008). Potential importance of hydrogen as a future solution to environmental and transportation problems. *International journal of hydrogen energy*, 33(15), 4013-4029. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2008.05.047>.
- Budiman, Arief, Muhammad Yerizam, dan Yohandri Bow. (2021). Design of Dry Cell HHO Generator using NaCl Solution for Hydrogen Production, 8–15. <https://doi.org/10.24845/ijfac.v7.i1.8>.
- Cahyadi, Lukman Wira, Trias Andromeda, dan Mohammad Facta. (2017). Kinerja Konverter Arus Searah Tipe Buck Converter Dengan Umpan Balik Tegangan
- Dionigi, Fabio, Malte Klingenhof, dan Peter Strasser. (2019). Direct Electrolytic Splitting of Seawater: Opportunities and Challenges. <https://doi.org/10.1021/acsenergylett.9b00220>.
- Edgerley, Dennis A. (1998). Techniques For Improving The Accuracy Of Calibration In The Environmental Laboratory Dennis A Edgerley Quanterra Environmental Services, 880 Riverside Parkway, West Sacramento, California 95605. 14th Annual Waste Testing & Quality Assurance Symposium TECHNIQUES, 181–87.
- Enshasy, H., Al-Haija, Q. A., Al-Amri, H., Al-Nashri, M., & Al-Muhaisen, S. (2019). A Schematic Design of HHO Cell as Green Energy Storage. *Acta Electronica Malaysia*, 3(2), 09-15.
- Ergin Şahin, Mustafa. (2020). A photoVoltaic powered electrolysis converter system with maximum power point tracking control. *International Journal of Hydrogen Energy* 45 (16): 9293–9304. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2020.01.162>.
- Erlinawati, Zikri, A., & Mudzakir, A. (2014). Pengaruh Suplai Arus Listrik dan Jumlah Sel Elektroda terhadap Produksi Gas Hidrogen.
- Harianja, R. M. (2018). Alat Ukur Gas Hidrogen pada Air Menggunakan Sensor MQ-8.

- Hazra, Avijit. 2017. Using the confidence interval confidently 9 (10): 4125–30. <https://doi.org/10.21037/jtd.2017.09.14>.
- Imam, Muammarul, Esa Apriaskar, dan Djuniadi. (2019). Pengendalian Suhu Air Menggunakan Sensor Suhu Ds18B20. *Jurnal J-Ensitem* 06 (01): 347–52.
- Jasmine, Sarah, dan Cecep E Rustana. (2020). Produksi Gas Hidrogen Dengan Proses Elektrolisis Air. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal) SNF2020 IX*: 5–8.
- Komaril Sofi'i, Yepy, Eko Siswanto, Winarto, dan I. Nyoman Gede Wardana. (2020). Hydrogen production by photocatalysis method of glutamic acid and activated carbon. *E3S Web of Conferences* 181: 0–4. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018101009>.
- Kuang, Yun, Michael J Kenney, Yongtao Meng, Wei-hsuan Hung, Yijin Liu, dan Jianan Erick. 2019. Solar-driven , highly sustained splitting of seawater into hydrogen and oxygen fuels, 1–6. <https://doi.org/10.1073/pnas.1900556116>.
- Louise, H P Aloysius and S Sulistyani. (2017). The efficiency of hydrogen production by water electrolysis with bitter melon as a media using Stainless steel / Fe-Co-Ni electrodes The efficiency of hydrogen production by water electrolysis with bitter melon as a media using Stainless steel / Fe-Co-Ni. *Journal of Physics: Conference Series Basic and Applied Sciences Interdisciplinary Conference 2017*, 0–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1442/1/012050>.
- Louise, H P Aloysius and S Sulistyani. 2017. The efficiency of hydrogen production by water electrolysis with bitter melon as a media using Stainless steel / Fe-Co-Ni electrodes The efficiency of hydrogen production by water electrolysis with bitter melon as a media using Stainless steel / Fe-Co-Ni. *Journal of Physics: Conference Series Basic and Applied Sciences Interdisciplinary Conference 2017*, 0–7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1442/1/012050>.
- M. Adrinta A dkk. (2017). *Sensor*. University of Sumatera Utara
- Nahco, N. D. A. N. (2021). Pemanfaatan Energi Surya Dalam Pembuatan Gas Hidrogen Melalui Proses Elektrolisis Air Dengan Variasi Katalis. 2, 52–56.
- Nikolaidis, Pavlos, dan Andreas Poullikkas. (2017). A comparative overview of hydrogen production processes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 67: 597–611. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.044>.

- Nurlina, Nurlina, Universitas Muhammadiyah Makassar, Riskawati Riska, dan Universitas Muhammadiyah Makassar. (2019). Alat ukur dan pengukuran, no. October.
- Prichard, Liz, dan Vicki Barwick. n.d. (2003) Preparation of Calibration Curves A Guide to Best Practice Contact Point.
- Rahmad, E. U., Girsang, C., Khairunnisa, A., Suci, D. H., Prima, W., & Faradina, R. (2022). Hydrogen Dry Cell Generator For Hydrogen Production By Splitting Water. *Electrolyte*, 1(01), 41-49.
- Rogers, H. C. (1999). Hydrogen Embrittlement of Metals. *Science* 159 (3819): 1057–1064. doi:10.1126/science.159.3819.1057.
- Rusdianasari, Yohandri Bow, dan Tresna Dewi. (2019). HHO Gas Generation in Hydrogen Generator using Electrolysis. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 258 (1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/258/1/012007>.
- Rustana, C. E., Sunaryo, S. J. Muchtar, I. Sugihartono, W. Sasmitaningsihhiadayah, A. D.R. Madjid, dan F. S. Hananto. (2021). The effect of Voltage and electrode types on hydrogen production from the seawater electrolysis process. *Journal of Physics: Conference Series* 2019 (1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2019/1/012096>.
- Siregar, M. A., Teknik, F., Studi, P., Mesin, T., Muhammadiyah, U., Utara, S., Umurani, K., Damanik, W. S., Pengaruh jenis katoda terhadap gas hidrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis air garam. *Teknik, F., Studi, P., Mesin, T., Muhammadiyah, U., & Utara, S.* (n.d.). 21(2), 57–65.
- Sudrajat, A., Handayani, E. M., Tamaldin, N., & Yamin, A. K. M. (2018). Principle of generator HHO hybrid multistack type production technologies to increase HHO gas volume. In *SHS Web of Conferences* (Vol. 49, p. 02016). EDP Sciences.
- Sumiarsih, K. (2016). Rancang Bangun Sistem Monitoring Temperatur Gas Hidrogen Pada Plant Elektrolisis Air Berbasis Mikrokontroler (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya).
- Syahwil M. (2013) “Mikrokontroler Arduino,” Panduan Mudah Simulasi & Praktek Mikrokontroler Arduino, Ed. I. Yogyakarta : C.V Andi
- Tarazona-Romero, B E, C L Sandoval-Rodriguez, J G Ascanio-Villabona, A Quintero-Ruiz, R E Páez-Castro, dan O A Acosta-Cárdenas. (2021). Implementation of a prototype water electrolysis system as an alternative to

- produce hydrogen. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 1154 (1): 012034. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1154/1/012034>.
- Wahid Azhari, Fajar, dan Aswardi. (2020). Sistem Pengendalian Motor DC Menggunakan Buck Converter Berbasis Mikrokontroler ATmega 328. *Jtev (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)* 06 (01): 1–13. <http://ejournal.unp.ac.id/index.php/jtev/index>.
- 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.
- Whangchai, K, dan J Uthaibutra.(2013). Effects of NaCl Concentration , Electrolysis Time , and Electric Potential on Efficiency of Electrolyzed Oxidizing Water on the Mortality of *Penicillium digitatum* in Suspension, 193–98.
- Widarningtyas, R. P., Sulisty, S., & Hadiyanto, H. (2020). Kaji Eksperimen Produksi Hidrogen Melalui Proses Elektrolisis Air Alkali Berbasis Solar Cell Di Kota Semarang (Doctoral Dissertation, School Of Postgraduate).
- Widyatama, A. P. (2017). Rancang Bangun Proses Produksi Gas Hidrogen (H₂) Melalui Eletrolisis Air Menggunakan Buck Converter Berbasis Mikrokontroler Arduino (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- Wolfe, R I, dan G Cumming. (2004). Communicating the uncertainty in research findings : confidence intervals Summarising data, 138–43.
- Yuvaraj, A. L., dan D. Santharaj. (2014). A systematic study on electrolytic production of hydrogen gas by using graphite as electrode. *Materials Research* 17 (1): 83–87. <https://doi.org/10.1590/S1516-14392013005000153>.
- Zainul, Rahadian, Efran Ustia Rahmad, Kawther Ameen Muhammed, Saeed Aledresi, Wimbi Apriwanda Nursiwan, Siriboon Mukdasai, dan Riso Sari Mandeli. (2022). Electrolyte Optimization On Dry Cell Generator Electrolysis System For Producing Hydrogen Gas Using Rsm Method (Response Surface Method) 15 (1): 116–23.

LAMPIRAN

Lampiran 1
Data validasi sensor voltage pertama

| Nilai Asli | Sensor | Selisih | Error |
|------------|--------|---------|-------|
| 5 | 4,87 | 0,13 | 2,60% |
| 6 | 5,78 | 0,22 | 3,67% |
| 7 | 6,7 | 0,3 | 4,29% |
| 8 | 7,72 | 0,28 | 3,50% |
| 9 | 8,6 | 0,4 | 4,44% |
| 10 | 9,56 | 0,44 | 4,40% |
| 11 | 10,55 | 0,45 | 4,09% |
| 12 | 11,53 | 0,47 | 3,92% |
| 13 | 12,45 | 0,55 | 4,23% |
| 14 | 13,48 | 0,52 | 3,71% |
| 15 | 14,36 | 0,64 | 4,27% |
| Rata-Rata | | 0,4 | 3,92% |

Lampiran 2 Data elektrolisis

12 Volt

| Waktu (Menit) | Voltage (Volt) | Arus (Ampere) | Suhu (°C) | Hidrogen (ppm) |
|---------------|----------------|---------------|-----------|----------------|
| 1 | 12,06 | 1,96 | 26,9 | 71 |
| 20 | 11,94 | 1,91 | 29,4 | 102 |
| 40 | 11,9 | 1,89 | 31,2 | 230 |
| 60 | 11,99 | 1,89 | 34,2 | 296 |
| 80 | 11,9 | 1,83 | 35,2 | 400 |
| 100 | 11,94 | 1,81 | 35,6 | 415 |
| 120 | 11,9 | 1,78 | 35,9 | 433 |
| 140 | 11,88 | 1,75 | 36,1 | 447 |
| 160 | 11,85 | 1,73 | 36,2 | 476 |
| 180 | 11,9 | 1,65 | 36,4 | 544 |
| 200 | 11,88 | 1,65 | 36,4 | 674 |
| 220 | 11,88 | 1,63 | 36,3 | 752 |
| 240 | 11,9 | 1,6 | 37,3 | 801 |
| 260 | 11,74 | 1,56 | 37,5 | 826 |
| 280 | 11,62 | 1,39 | 37,6 | 839 |
| 300 | 12,06 | 0,98 | 37,8 | 843 |
| 320 | 12,22 | 0,48 | 37,5 | 836 |
| 340 | 12,32 | 0,3 | 36,6 | 819 |
| 360 | 12,29 | 0,17 | 36,1 | 785 |

9 Volt

| Waktu (Menit) | Voltage (Volt) | Arus (Ampere) | Suhu (°C) | Hidrogen (ppm) |
|---------------|----------------|---------------|-----------|----------------|
| 1 | 8,85 | 1,18 | 25,1 | 53 |
| 20 | 8,94 | 1,17 | 29,4 | 64 |
| 40 | 8,97 | 0,97 | 29,3 | 62 |
| 60 | 8,66 | 0,99 | 30,3 | 88 |
| 80 | 8,71 | 0,89 | 32,2 | 70 |
| 100 | 8,61 | 0,9 | 35,2 | 78 |
| 120 | 8,78 | 0,92 | 35,2 | 98 |
| 140 | 8,85 | 0,83 | 35,8 | 94 |
| 160 | 9,5 | 0,76 | 36,1 | 131 |
| 180 | 9,24 | 0,72 | 36,1 | 200 |
| 200 | 8,96 | 0,64 | 36,4 | 245 |
| 220 | 9,01 | 0,62 | 36,3 | 232 |
| 240 | 9,03 | 0,59 | 36,4 | 262 |
| 260 | 9,19 | 0,55 | 37,3 | 254 |
| 280 | 9,43 | 0,51 | 37,5 | 260 |
| 300 | 9,57 | 0,48 | 37,6 | 277 |

| | | | | |
|-----|------|------|------|-----|
| 320 | 9,43 | 0,43 | 37,8 | 282 |
| 340 | 9,01 | 0,38 | 37,7 | 287 |
| 360 | 9,01 | 0,29 | 36,9 | 294 |
| 380 | 9,26 | 0,18 | 36,2 | 376 |
| 400 | 9,06 | 0,01 | 36,1 | 510 |

6 Volt

| Waktu (Menit) | Voltage (Volt) | Arus (Ampere) | Suhu (°C) | Hidrogen (ppm) |
|---------------|----------------|---------------|-----------|----------------|
| 1 | 6,22 | 0,99 | 24,6 | 47 |
| 20 | 6,12 | 0,89 | 24,8 | 60 |
| 40 | 6,27 | 0,87 | 24,8 | 100 |
| 60 | 6,29 | 0,83 | 25 | 79 |
| 80 | 6,54 | 0,78 | 25,2 | 103 |
| 100 | 6,32 | 0,77 | 25,4 | 109 |
| 120 | 6,41 | 0,74 | 25,6 | 102 |
| 140 | 5,28 | 0,72 | 26,4 | 113 |
| 160 | 4,99 | 0,68 | 26,7 | 117 |
| 180 | 5,08 | 0,62 | 26,9 | 119 |
| 200 | 5,2 | 0,59 | 26,9 | 124 |
| 220 | 5,28 | 0,58 | 27,1 | 122 |
| 240 | 5,45 | 0,57 | 27,4 | 123 |
| 260 | 5,4 | 0,54 | 27,4 | 127 |
| 280 | 5,83 | 0,52 | 30 | 125 |
| 300 | 6,36 | 0,51 | 31,2 | 158 |
| 320 | 6,53 | 0,51 | 34,4 | 162 |
| 340 | 6,6 | 0,5 | 35,2 | 165 |
| 360 | 6,34 | 0,49 | 36 | 167 |
| 380 | 6,09 | 0,49 | 36,1 | 172 |
| 400 | 5,06 | 0,48 | 36,2 | 175 |
| 420 | 4,95 | 0,45 | 36,3 | 174 |
| 440 | 5,22 | 0,4 | 36,3 | 174 |
| 460 | 5,26 | 0,36 | 36,4 | 179 |
| 480 | 4,96 | 0,3 | 36,4 | 205 |
| 500 | 5,05 | 0,28 | 36,4 | 206 |
| 520 | 5,2 | 0,28 | 36,3 | 209 |
| 540 | 5,29 | 0,26 | 36,4 | 203 |
| 560 | 5,15 | 0,16 | 34,4 | 207 |
| 580 | 5,33 | 0,14 | 29,4 | 213 |
| 600 | 5,2 | 0,07 | 28,4 | 218 |

Lampiran 3 Program Datalogger

```

Dim Row
Dim FlagConnect As Boolean
Dim TimeStart
Dim TimeLast
Dim TimeAdd
Dim cc
Dim que As String
Dim Port As String

' API variables
Dim intPortID As Integer
Dim lngStatus As Long
Dim strError As String
Dim strData As String

Private Sub cboBaud_Change()
' Disconnect on baud change
Call CommClose(Val(txtPort))
cmdConnect.Caption = "Connect"
' save settings to registry
Call SaveSetting("plx-daq2", "app", "baud", cboBaud)
FlagConnect = False
End Sub

Private Sub chkDTR_Click()
Beep
End Sub

Private Sub chkDump_Click()
Beep
End Sub

Private Sub chkReset_Click()
Beep
End Sub

Private Sub ChkUser1_Click()
Beep
End Sub

Private Sub chkUser2_Click()
Beep
End Sub

Private Sub cmdClear_Click()
Beep
Call clearSheet
End Sub

Private Sub cmdConnect_Click()
Dim connStr As String
' if not connected initially
If (cmdConnect.Caption = "Connect") Then
On Error Resume Next
Call CommClose(Val(txtPort))
' Initialize Communications
connStr = "baud=" & cboBaud.Text & "parity=N data=8 stop=1"
lngStatus = CommOpen(Val(txtPort), "COM" & CStr(Trim(txtPort)), connStr)

' connection error
If lngStatus <> 0 Then
Call MsgBox("Connection Error. Ensure port not in use. Disconnect/reconnect USB", vbExclamation)
Else
' If connected, update, enable DTR if reset
cmdConnect.Caption = "Disconnect"
If chkDTR.Value = True Then
lngStatus = CommSetLine(Val(txtPort), LINE_DTR, True)
Else
lngStatus = CommSetLine(Val(txtPort), LINE_DTR, False)
End If

```

```

' clear buffer
Do
  DoEvents
  lngStatus = CommRead(Val(txtPort), strData, 64)
Loop While lngStatus > 0

' Reset timers
TimeStart = Timer
TimeLast = Timer
TimeAdd = 0
Call getdata
Port = txtPort
End If
Else
' Close Disconnect
Call CommClose(Val(txtPort))
cmdConnect.Caption = "Connect"
End If

End Sub

Private Sub cmdResetTimer_Click()
' Reset timer
Beep
TimeStart = Timer
TimeLast = Timer
TimeAdd = 0
End Sub

Private Sub KKK_Change()

End Sub

Private Sub Kontrol_Click()

End Sub

Private Sub Label4_Click()

End Sub

Private Sub ListBox1_Click()

End Sub

Private Sub txtPort_Change()
' Disconnect of port change
Call CommClose(Val(Port))
cmdConnect.Caption = "Connect"
FlagConnect = False
' Save port settings
Call SaveSetting("plx-daq", "app", "port", txtPort)
End Sub

Private Sub txtStatus1_Click()

End Sub

Private Sub txtStatus2_Click()

End Sub

Private Sub UserForm_Deactivate()
Call CommClose(Val(txtPort))
End Sub

Private Sub UserForm_Initialize()
txtPort.Text = GetSetting("plx-daq", "app", "port", "3")

cboBaud.AddItem ("300")
cboBaud.AddItem ("600")
cboBaud.AddItem ("1200")
cboBaud.AddItem ("2400")
cboBaud.AddItem ("4800")
cboBaud.AddItem ("9600")

```

```

cboBaud.AddItem ("14400")
cboBaud.AddItem ("19200")
cboBaud.AddItem ("28800")
cboBaud.AddItem ("38400")
cboBaud.AddItem ("56000")
cboBaud.AddItem ("128000")
cboBaud.AddItem ("256000")
cboBaud.Text = GetSetting("plx-daq2", "app", "baud", "9600")
    TimeStart = Timer
    TimeLast = Timer
    TimeAdd = 0

Row = 1
cc = 10

End Sub

Private Sub getdata()
' get data from serial port

Dim dataIn As String

On Error Resume Next
' loop continuously, DoEvents allows updates to controls, processes
While cmdConnect.Caption = "Disconnect"
    lngStatus = CommRead(Val(txtPort), strData, 64)
    If lngStatus > 0 Then
        ' add new data to queue
        dataIn = dataIn & strData
        dataIn = Replace(dataIn, Chr(10), Chr(13))
    End If
    DoEvents

' break out one full line ending with CR, remove from queue
Do
    s = InStr(dataIn, Chr(13))
    If s > 0 Then
        strOut = Mid(dataIn, 1, s)
        dataIn = Mid(dataIn, s + 1, Len(dataIn))
        DataReady (Trim(Replace(strOut, Chr(13), "")))
        strOut = ""
    End If
    DoEvents
' Repeat looking for CR if more in queue
Loop While (s > 0)

Wend
Exit Sub

End Sub
Private Sub DataReady(strData As String)
' Process a full instruction

On Error GoTo Data_Error
Dim DataVal() As String
Dim Data As String
Debug.Print strData

If strData <> "" Then
' breaks data in dataVal(0) to dataVal(...) based on commas for a string such as DATA,TIMER,10,20,30,40,
DataVal = Split(strData, ",")

'perform operation defined by dataVal(0) and using rest for operation data
Select Case DataVal(0)
Case "CMD?"
    ' OK, don't really remember how these were used now....
    txtStatus2 = "Controller requesting instruction..."
    If chkDump.Value = True Then
        Call CommWrite(Val(txtPort), "11" & Chr(13))
    End Sub
End If

If chkReset = True Then
    Call CommWrite(Val(txtPort), "22" & Chr(13))
End Sub
End If

```

```

Case "CLEARDATA"
' Clear data on spreadsheet
Beep
txtStatus2 = "Clearing sheet"
Call clearSheet
Row = 1

Case "RESETTIMER"
' reset timer value to 0
TimeStart = Timer
TimeLast = Timer
TimeAdd = 0
txtStatus2 = "Timer Reset"

Case "LABEL"
' Set column headers to each string value
cc = countChar(strData, ",")
txtStatus2 = "Setting labels"
For X = 1 To cc Mod 27
    Worksheets(1).Range(Chr(64 + X) & CStr(1)).Value = ReplaceData(DataVal(X))
Next

Row = 1

Case "DATA"
' Accept string of data and place it in each column of row, advance row.
cc = countChar(strData, ",")
Row = Row + 1
txtStatus2 = "Accepting data for Row " & (Row - 1)
If Row < 65000 Then
    For X = 1 To cc Mod 27
        Worksheets(1).Range(Chr(64 + X) & CStr(Row)).Value = ReplaceData(DataVal(X))
    Next
End If

Case "DUMPING"
' Use to dump stored data
txtStatus2 = "Download starting..."
Call clearSheet
Row = 1

Case "RESET"
' Used to reset controller data if needed
Beep
txtStatus2 = "Data cleared!"
chkReset.Value = False

Case "DONE"
chkDump.Value = False
Beep
txtStatus2 = "Operation Complete!"

Case "MSG"
' show message in message box
txtStatus1 = DataVal(1)

Case "CELL"
' select a cell from current row to read or write to
Select Case DataVal(1)
Case "GET"
    Call CommWrite(Val(txtPort), (Worksheets(1).Range(DataVal(2)).Value & Chr(13)))
    txtStatus2 = "Getting Cell " & DataVal(2)

Case "SET"
    Worksheets(1).Range(DataVal(2)).Value = ReplaceData(DataVal(3))
    txtStatus2 = "Setting Cell " & DataVal(3)
End Select

Case "GET"
    Call CommWrite(Val(txtPort), CStr(Abs(CInt(ChkUser1.Value)) & Chr(13)))
    txtStatus2 = "Getting " & ChkUser1.Caption
Case "LABEL"
    ChkUser1.Caption = DataVal(2)
End Select

```

```

Case "USER2"
    ' set or clear or get value of the USER 2 check box, user can use as desired.
    Select Case DataVal(1)
    Case "SET"
        chkUser2.Value = CBool(Val(DataVal(2)))
        txtStatus2 = "Setting " & chkUser2.Caption
    Case "GET"
        Call CommWrite(Val(txtPort), CStr(Abs(CInt(chkUser2.Value)) & Chr(13)))
        txtStatus2 = "Getting " & chkUser2.Caption
    Case "LABEL"
        chkUser2.Caption = DataVal(2)
    End Select

Case "ROW"
    ' set/get current row being used
    Select Case DataVal(1)
    Case "SET"
        Row = Val(DataVal(2)) - 1
        txtStatus2 = "Setting Row"
    Case "GET"
        Call CommWrite(Val(txtPort), CStr(Row) & Chr(13))
    End Select

    End Select
End If

Exit Sub

Data_Error:
End Sub

Private Sub clearSheet()
    If Row < 5000 Then Row = 5000
    Worksheets(1).Range("A2:" & Chr(64 + (cc Mod 27)) & CStr(Row + 10)).Value = Null
    txtStatus2.Caption = "Cells cleared"
    Row = 1
End Sub

Private Function countChar(stringIn As String, stringChar As String)
For X = 1 To Len(stringIn)
    If Mid(stringIn, X, 1) = stringChar Then
        countChar = countChar + 1
    End If
Next
End Function

Private Function ReplaceData(strData)

If Timer < TimeLast Then
    If TimeAdd = 0 Then
        TimeAdd = (86400# - TimeStart)
    Else
        TimeAdd = TimeAdd + 86400#
    End If
    TimeStart = 0
End If

TimeLast = Timer
    strData = Replace(strData, "TIMER", str(Timer - TimeStart + TimeAdd))
    strData = Replace(strData, "TIME", Time)
    strData = Replace(strData, "DATE", Date)
    ReplaceData = strData
End Function

Private Sub UserForm_Terminate()
    Call CommClose(Val(txtPort))
End Sub

```


Lampiran 4

Program Arduino Uno (Monitoring System)

```

//LCD
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
LiquidCrystal_I2C lcd1(0x22, 16, 2);

//sensor gas hidrogen
int gasH;
#define MQ_PIN (0)
#define RL_VALUE (10)
#define READ_SAMPLE_INTERVAL (50)
#define READ_SAMPLE_TIMES (5)
float a = 7781;
float b = -1.285;
float Ro = 2.48;
//sensor suhu
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 3
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensor(&oneWire);
float suhuDS18B20;

//sensor voltage
int offset = 0.12;
float voltage;
//sensor arus
const float VCC = 4.97;
float cutOffLimit = 0.185;
float sensitivity = 0.185;
const float QOV = 0.5 * VCC;
float current;

//delay pencatatan
unsigned long jedaCatat = 1000;
unsigned long jedaLcd = 500;
unsigned long awalLcd = 0;
unsigned long awalCatat = 0;

void setup(void)
{
  Serial.begin(9600);
  //lcd pertama
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("Efendi Project");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("Loading...");
  delay(5000);
  // lcd kedua
  lcd1.begin();
  lcd1.backlight();
  lcd1.setCursor(0, 0);
  lcd1.print("Water");
  lcd1.setCursor(0, 1);
  lcd1.print("Electrolysis");
  delay(5000);
  lcd.clear();
  Serial.println("CLEARDATA");
  Serial.println("LABEL,DATA,H (ppm),Tegangan (V),Arus(A), Suhu (C)");
}

//setting sensor hidrogen
float MQResistanceCalculation(int raw_adc)
{
  return ( ((float)RL_VALUE*(1023-raw_adc)/raw_adc));
}
float MQRead(int mq_pin)
{
  int i;
  float rs=0;

```

```

for (i=0;i<READ_SAMPLE_TIMES;i++) {
  rs += MQResistanceCalculation(analogRead(mq_pin));
  delay(READ_SAMPLE_INTERVAL);
}
rs = rs/READ_SAMPLE_TIMES;
return rs;
}

void gashydrogen()
{
  float y = (MQRead(MQ_PIN)/Ro);
  gasH = pow((a/y),(-1/b));
  lcd1.setCursor(0,0);
  lcd1.print("Gas :");
  lcd1.setCursor(5,0);
  lcd1.print(gasH);
  lcd1.setCursor(10,0);
  lcd1.print("ppm");
  delay(500);
}

void sensorsuhu()
{
  sensor.setResolution(12);
  sensor.requestTemperatures();
  suhuDS18B20 = sensor.getTempCByIndex(0);
  //Serial.println(suhuDS18B20, 1);
  lcd1.clear();
  lcd1.setCursor(0, 1);
  lcd1.print("Temp:");
  lcd1.setCursor(5, 1);
  lcd1.print(suhuDS18B20, 2);
  lcd1.setCursor(10,1);
  lcd1.print((char)223);
  lcd1.print("C");
  return suhuDS18B20;
}

void tegangan(){
  int volt = analogRead(A1);
  float R1 = 30000.0;
  float R2 = 7500.0;
  float Vmodul = (volt * 5.0) / 1024.0;
  voltage = Vmodul / (R2/(R1+R2));
  // voltage = map(volt,0,1023, 0, 2500) + offset;
  // voltage /=100;
  // lcd.setCursor(0, 1);
  // lcd.print("Volt:");
  // lcd.setCursor(5,1);
  // lcd.print(voltage,2);
  // lcd.setCursor(10,1);
  // lcd.print("Volt");
  // if (voltage<=0.1){
  //   lcd.clear();}
  // lcd.setCursor(0, 1);
  // lcd.print("Volt:");
  // lcd.setCursor(5,1);
  // lcd.print(voltage,2);
  // lcd.setCursor(10,1);
  // lcd.print("Volt");
}

void arus(){
  int i;
  float rs =0;
  float voltage_raw = (analogRead(A2)/ 1023.0)*VCC ;
  float voltage = voltage_raw - QOV ;
  float ars = voltage / sensitivity;
  for (i=0;i<5000;i++) {
    rs += abs(ars);}
  current = rs/5000;
  if(abs(current) > cutOffLimit ){
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("Arus:");
    lcd.setCursor(5,0);
    lcd.print(abs(current),2);
    lcd.setCursor(10,0);
    lcd.print("A");
  }
}

```

```
}else{
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("Arus:");
  lcd.setCursor(5,0);
  lcd.print(0.0);
  lcd.setCursor(10,0);
  lcd.print("A");
}

}

void pencatatan()
{
  Serial.print("DATA,TIME,");
  Serial.print(gasH);
  Serial.print(", ");
  Serial.print(voltage);
  Serial.print(", ");
  Serial.print(abs(current),2);
  Serial.print(", ");
  Serial.print(suhuDS18B20,1);
  Serial.println();
}

void loop()
{
  unsigned long waktu=millis();
  if (waktu-awalLcd > jedaLcd){
    gashidrogen();
    sensorsuhu();
    tegangan();
    arus();
    awalLcd = waktu;
  }
  if (waktu - awalCatat > jedaCatat){
    pencatatan();
    awalCatat = waktu;
  }
}
```

Lampiran 5
Perhitungan skala terendah sensor arus ACS712

Diket: Sensitifitas Sensor : 0,185 V/A
 Kapasitas Pembacaan Arduino : 10 bit (1024)
 Tegangan supply sensor : 4,9 Volt

Tanya: Skala pembacaan terendah sensor arus (x)?

Jawab:
$$y = \frac{4,9 \text{ Volt}}{1024} = 0,00478 \text{ Volt}$$

$$z = \frac{\text{Sensitifitas}}{y} = \frac{0,185}{0,00478} = 38,7$$

maka pembagian per 1 Amper:

$$\frac{1 \text{ A}}{38,7} = 25,8 \text{ mA} = 0,0258 \text{ A} \approx 0,026 \text{ A}$$

Lampiran 6 Dokumentasi



Keseluruhan alat



Proses elektrolisis



Validasi sensor



Pengambilan data elektrolisis



Elektroda yang sudah terpakai



Air setelah elektrolisis



KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
PROGRAM STUDI FISIKA

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : Yahya Efendi
NIM : 19640012
Fakultas/ Prodi : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Rancang Bangun Monitoring Elektrolisis Air berbasis Arduino Uno dan Kontrol Tegangan Buck Converter
Pembimbing I : Drs. Cecep E Rustana, B.Sc(Hons), Ph.D.
Pembimbing II : Dr. Umairatus Syarifah, MA

Konsultasi Fisika

| No | Tanggal | Hal | Tanda Tangan |
|----|-------------------|---------------------------------|--------------|
| 1 | 24 Mei 2022 | Konsultasi BAB I | |
| 2 | 14 Juni 2022 | Konsultasi BAB II | |
| 3 | 21 Juni 2022 | Konsultasi BAB III + ACC Sempro | |
| 4 | 19 September 2022 | Konsultasi BAB IV | |
| 5 | 26 September 2022 | Konsultasi BAB I s/d BAB V | |
| 6 | 31 Oktober 2022 | Konsultasi Abstrak | |
| 7 | 10 November 2022 | Konsultasi Keseluruhan + ACC | |

Konsultasi Integrasi

| No | Tanggal | Hal | Tanda Tangan |
|----|-------------------|------------------------------|--------------|
| 1 | 25 Agustus 2022 | Konsultasi Integrasi BAB I | |
| 2 | 29 Agustus 2022 | Konsultasi Integrasi BAB II | |
| 3 | 20 September 2022 | Konsultasi Integrasi IV | |
| 4 | 10 November 2022 | Konsultasi Keseluruhan + ACC | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Malang,
Mengetahui,
Ketua Program Studi



Dr. Inam Tazi, M.Si

NIP. 19740730 200312 1 002