

**PERANCANGAN SISTEM *MONITORING* FERMENTASI  
BIOGAS BERBASIS *INTERNET of THINGS* (IoT)**

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan oleh:**

**M. FIKRIANSYAH  
NIM. 200705048**

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknologi Informasi



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
PROGRAM STUDI TEKNOLOGI INFORMASI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY  
BANDA ACEH**

**2026**

## LEMBAR PERSETUJUAN

### PERANCANGAN SISTEM *MONITORING* FERMENTASI BIOGAS BERBASIS *INTERNET of THINGS* (IoT)

#### TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-raniry Banda Aceh  
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1) Dalam Ilmu  
Teknologi Informasi

Oleh :

**M. FIKRIANSYAH**  
**NIM. 200705048**

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi  
Program Studi Teknologi Informasi

Disetujui Untuk Dimunaqasyahkan Oleh :

Pembimbing I,

Pembimbing II,

جامعة الرانيري

AR - RANIRY

Dr. Hendri Ahmadian, M.I.M.  
NIP. 198301042014031002

Mursvidin, M.T.  
NIP. 198204052023211020

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknologi Informasi

Malahayati, M.T.  
NIP. 198301272015032003

## LEMBAR PENGESAHAN

### PERANCANGAN SISTEM *MONITORING* FERMENTASI BIOGAS BERBASIS *INTERNET of THINGS* (IoT)

#### TUGAS AKHIR

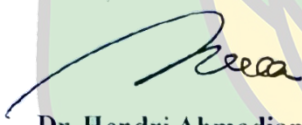
Telah Diuji Oleh Dewan Penguji Tugas Akhir  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh dan Dinyatakan **Lulus**  
Serta Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-I)  
Dalam Ilmu Teknologi Informasi

Pada Hari/Tanggal: Senin, 03 Juli 2026 M  
18 Muharram 1448 H

Di Darussalam, Banda Aceh

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir:

Ketua,

  
Dr. Hendri Ahmadian, M.I.M.  
NIP. 198301042014031002

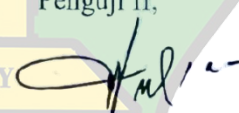
Sekretaris,

  
Mursyidin, M.T.  
NIP. 198204052023211020

Penguji I,

  
Firmansyah, M.T.  
NIP. 198704212015031002

Penguji II,

  
Ridha Ilahi, M.T.  
NIP. 197905302014031001

Mengetahui:

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Ar-Raniry Banda Aceh,

  
Prof. Dr. Ir. M. Durransyah, M.T., I.P.U  
NIP. 196210021988111001

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : M. Fikriansyah  
NIM : 200705048  
Program Studi : Teknologi Informasi  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Tugas Akhir : Perancangan Sistem *Monitoring* Fermentasi Biogas Berbasis *Internet Of Things* (Iot)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya :

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah tugas akhir orang lain;
3. Tidak menggunakan tugas akhir orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik tugas akhir;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri tugas akhir ini dan mampu bertanggung jawab atas tugas akhir ini.

Bila dikemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas tugas akhir saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata memang dibuktikan bahwa saya telah melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 24 Juni 2026

Yang menyatakan,



M. Fikriansyah

## ABSTRAK

Nama : M. Fikriansyah  
Nim : 200705048  
Program Studi : Teknologi Informasi  
Fakultas : Sains dan Teknologi  
Judul Tugas Akhir : Perancangan Sistem *Monitoring* Fermentasi  
Biogas Berbasis *Internet Of Things* (Iot)  
Tanggal Sidang : 03 Juli 2026  
Jumlah Halaman : 91  
Pembimbing I : Dr. Hendri Ahmadian, M.I.M.  
Pembimbing II : Mursyidin, M.T.  
Kata Kunci : Biogas, *Internet of Things*, *Biodigester*,  
*Wetscrubber*, *Blynk*

Biogas yaitu salah satu sumber energi terbarukan yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerob bahan organik, seperti kotoran sapi maupun limbah organik lainnya, pemanfaatan biogas memiliki potensi besar untuk dapat mengurangi ketergantungan menggunakan energi fosil serta dapat menekan emisi gas. Namun, proses produksi biogas sering menghadapi kendala sulitnya melakukan pemantauan digester dalam kondisi fermentasi, konsentrasi gas pengotor H<sub>2</sub>S dan CO<sub>2</sub>. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring fermentasi biogas berbasis *Internet of Things*. Metode penelitian digunakan yaitu *Research and Development*(R&D), dengan pendekatan perancangan perangkat keras, perangkat lunak dan mekanis. Sistem dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32 Devkit V1, MQ-4, MQ-135, MPX5700AP, solenoid valve. Data dari hasil pembacaan sensor dikirimkan ke Blynk. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh sistem monitoring berbasis *internet of thing* berhasil diimplementasikan dan mampu melakukan pemantaua tekana digester dengan sensor MPX5700AP, membaca konsentrasi gas metana dengan sensor MQ-4 dan konsentrasi gas pengotor dengan sensor MQ-135. Oleh karena itu, hasil

pengujian menunjukkan bahwa wetscrubber mampu menurunkan konsentrasi gas pengotor dibandingkan sebelum pemurnian, seluruh rangkaian perangkat keras, perangkat lunak, perancangan mekanis digester dan scrubber mampu bekerja semestinya dan dapat beroperasi sesuai dengan perancangan yang telah ditetapkan.

Kata Kunci : Biogas, *Internet of Things*, *Biodigester*, *Wetscrubber*, *Blynk*



## ABSTRACT

*Name* : M. Fikriansyah  
*Student ID* : 200705048  
*Major* : Information Technology  
*Faculty* : Science and Technology  
*Title* : Design of an Internet of Things (IoT) Based Biogas  
Fermentation Monitoring System  
*Date* : 03 July 2026  
*Number of page* : 91  
*Supervisor I* : Dr. Hendri Ahmadian, M.I.M.  
*Supervisor II* : Mursyidin, M.T.  
*Keywords* : Biogas, Internet of Things, Biodigester,  
Wetscrubber, Blynk

Biogas is a renewable energy source produced from the anaerobic fermentation process of organic materials, such as cow dung or other organic waste, the use of biogas has great potential to reduce dependence on fossil energy and can reduce gas emissions. However, the biogas production process often faces obstacles in monitoring digesters in fermentation conditions, the concentration of H<sub>2</sub>S and CO<sub>2</sub> impurity gases. Therefore, this study aims to design and implement a biogas fermentation monitoring system based on the Internet of Things. The research method used is Research and Development (R&D), with a hardware, software and mechanical design approach. The system was built using an ESP32 Devkit V1 microcontroller, MQ-4, MQ-135, MPX5700AP, solenoid valve. Data from sensor readings were sent to Blynk. The test results showed that the entire internet of things-based monitoring system was successfully implemented and was able to monitor digester pressure with the MPX5700AP sensor, read methane gas concentration with the MQ-4 sensor and impurity gas concentration with the MQ-135 sensor. Therefore, the test results show that the wetscrubber is able to reduce the concentration of impurity gas compared to before purification, the entire series

*of hardware, software, mechanical design of the digester and scrubber are able to work properly and can operate according to the established design.*

*Keywords : Biogas, Internet of Things, Biodigester, Wetscrubber, Blynk*



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu untuk menyelesaikan penulisan tugas akhir ini. Shalawat dan salam kepada baginda nabi besar Muhammad SAW yang telah membawa dan membimbing seluruh umat muslimin muslimat kepada jalan yang benar yang penuh dengan ilmu pengetahuan. Dengan izin Allah SWT penulis mampu menyelesaikan tugas akhir dengan judul “Perancangan Sistem *Monitoring* Fermentasi Biogas Berbasis *Internet of Things* (IoT)”, harapan penulis dengan tersusun penulisan tugas akhir ini mampu memberikan manfaat kepada pembaca dan pihak yang membutuhkan serta dapat menambah wawasan ilmu pengetahuan dengan topik biogas IoT, penulis menyadari tugas akhir ini tidak dapat diselesaikan dengan baik tanpa dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Dengan itu penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam mendukung kelancaran penulisan tugas akhir ini baik dengan dukungan doa maupun bimbingan yang telah diberikan.

Dengan itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua saya serta Alm kakek, Alm nenek dan bunda saya, yang telah menjadi orang tua yang sangat luar biasa dalam mendidik saya, mengorbankan waktu, tenaga, kasih sayang, dan telah memberikan saya pendidikan dari mulai sekolah dasar hingga perguruan tinggi dan selalu mendukung apapun yang saya ingin lakukan dengan motivasi untuk saya dapat menyelesaikan tugas akhir ini, semoga selalu allah limpahkan rahmat kepada mereka dan mendapatkan ridha serta cinta dari-Nya.
2. Bapak Dr. Hendri Ahmadian, M.I.M dan bapak Mursyidin, M.T., selaku pembimbing yang selalu bersedia meluangkan waktu untuk membimbing penulis sehingga tercapai keberhasilan penulisan tugas akhir ini.
3. Ketua dan sekretariat Program Studi Teknologi Informasi, ibu Malahayati, M.T. dan bapak Khairan Ar, M.Kom, serta kepada seluruh bapak ibu dosen

Program Studi Teknologi Informasi yang telah memberikan ilmu pengetahuan dalam bidang Teknologi Informasi sehingga penulis mampu menyelesaikan tugas akhir ini.

4. Penasehat akademik bapak Dr. Hendri Ahmadian, M.I.M., yang telah membimbing dan memberikan saran dari awal perkuliahan penulis hingga tercapai pada tugas akhir ini untuk dapat menyelesaikan strata 1 penulis.
5. Staf Prodi Ibuk Cut Ida Rahmadiana, S.Si. yang telah membantu penulis dalam hal pengurusan administrasi dan surat-surat untuk keperluan penyelesaian tugas akhir.
6. Teman-teman mahasiswa Prodi Teknologi Informasi maupun teman-teman diluar perkuliahan penulis dan khususnya kepada teman-teman MT, yang selalu menemani penulis dari awal perkuliahan, semuanya memberikan dukungan dan perspektif pemikiran yang membantu penulis dalam meneliti tugas akhir ini.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan demi mendapatkan hasil yang lebih baik. Semoga perjalanan mempelajari dan berkarya “penyusunan tugas akhir” pada salah satu ilmu milik-Nya ini dapat menghantarkan penulis agar dapat mengenal-Nya dan kekasihnya-Nya lebih banyak serta mendapatkan ridho dan cinta-Nya yang Maha Rahman dan Rahim.

جامعة الرانري  
A R - R A N I R Y Banda Aceh, 21 januari 2026

Penulis,

**M. Fikriansyah**

## DAFTAR ISI

|                                                     |      |
|-----------------------------------------------------|------|
| LEMBAR PERSETUJUAN.....                             | i    |
| LEMBAR PENGESAHAN .....                             | ii   |
| LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....        | iii  |
| ABSTRAK .....                                       | iv   |
| ABSTRACT .....                                      | vi   |
| KATA PENGANTAR .....                                | viii |
| DAFTAR ISI .....                                    | x    |
| DAFTAR GAMBAR .....                                 | xiii |
| DAFTAR TABEL .....                                  | xiv  |
| BAB I PENDAHULUAN .....                             | 1    |
| 1.1 Latar Belakang.....                             | 1    |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                           | 3    |
| 1.3 Tujuan Penelitian.....                          | 3    |
| 1.4 Manfaat Penelitian.....                         | 4    |
| 1.5 Batasan Masalah.....                            | 4    |
| BAB II LANDASAN TEORI .....                         | 5    |
| 2.1 Penelitian Terdahulu.....                       | 5    |
| 2.2 Biogas .....                                    | 8    |
| 2.3 Internet of Things .....                        | 9    |
| 2.4 Wet Scrubber .....                              | 9    |
| 2.5 Prinsip Kerja Sensor MQ-4 Secara Matematis..... | 10   |
| 2.6 Prinsip Kalibrasi Sensor .....                  | 11   |
| 2.7 Konsep Fermentasi Anaerob .....                 | 11   |
| 2.8 Konsep IoT <i>Architecture</i> .....            | 13   |

|                                   |                                                          |    |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|----|
| 2.9                               | Metode Komunikasi ESP32 <i>Blynk</i> .....               | 14 |
| 2.10                              | Mikrokontroller ESP32 .....                              | 15 |
| 2.11                              | Solenoid Valve.....                                      | 16 |
| 2.12                              | MQ-4 .....                                               | 17 |
| 2.13                              | MQ-135 .....                                             | 19 |
| 2.14                              | Relay.....                                               | 19 |
| 2.15                              | Sensor Tekanan .....                                     | 21 |
| 2.16                              | Papan Expansi (Expansion board).....                     | 22 |
| 2.17                              | Aplikasi Blynk.....                                      | 23 |
| BAB III METODE PENELITIAN.....    |                                                          | 24 |
| 3.1                               | Tahapan Penelitian .....                                 | 24 |
| 3.2                               | Literatur Review.....                                    | 25 |
| 3.3                               | Perencanaan.....                                         | 25 |
| 3.4                               | Perancangan.....                                         | 26 |
| 3.4.1                             | Diagram Alir .....                                       | 26 |
| 3.4.2                             | Perancangan Mekanis.....                                 | 28 |
| 3.4.3                             | Perancangan Perangkat Keras (Hardware).....              | 33 |
| 3.4.4                             | Perancangan <i>Software</i> atau Perangkat Lunak .....   | 35 |
| 3.5                               | Pengkodean( <i>Coding</i> ).....                         | 36 |
| 3.6                               | Teknik Pengumpulan Data .....                            | 37 |
| 3.7                               | Pengujian Alat .....                                     | 38 |
| 3.8                               | Parameter Pengujian Bahan Baku Berupa Kotoran Sapi ..... | 39 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN ..... |                                                          | 40 |
| 4.1                               | Hasil penelitian.....                                    | 40 |
| 4.1.1                             | Hasil Rancang Bangun Perangkat Keras(Hardware) .....     | 40 |

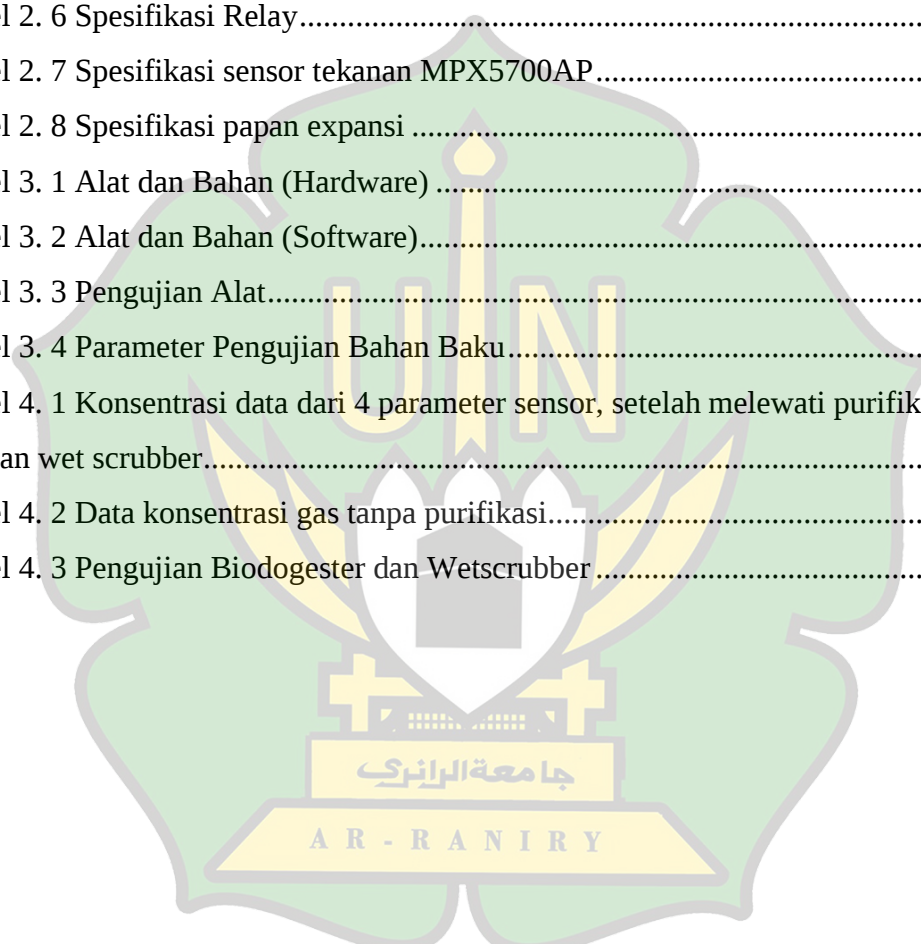
|                                 |                                                                                         |    |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1.2                           | Hasil Rancang Bangun Perangkat Lunak(Software).....                                     | 41 |
| 4.1.3                           | Hasil Rancang Bangun <i>Biodigester</i> dan <i>Wetscrubber</i> .....                    | 43 |
| 4.2                             | Pengujian <i>Hardware</i> dan Mekanis Menggunakan Metode <i>Black Box Testing</i> ..... | 44 |
| 4.2.1                           | Pengujian Sensor Tekanan MPX5700AP Dibiobidigester .....                                | 44 |
| 4.2.2                           | Pengujian Sensor Gas Metana MQ-4.....                                                   | 44 |
| 4.2.3                           | Pengujian Sensor Gas Pengotor MQ-135 .....                                              | 45 |
| 4.2.4                           | Pengujian Sensor Tekanan MPX5700AP dipenampungan.....                                   | 45 |
| 4.2.5                           | Pembacaan nilai konsentrasi gas metana dengan tidak melewati tahap purifikasi. ....     | 48 |
| 4.2.6                           | Pengujian Rancangan Berupa <i>Biodigester</i> dan <i>Wetscrubber</i> .....              | 49 |
| 4.3                             | Konektifitas WiFi Pada Perangkat <i>Monitoring Biogas</i> .....                         | 51 |
| 4.4                             | Pengiriman Data Ke Perangkat Lunak(Software) .....                                      | 51 |
| 4.5                             | Data Hasil Pemantauan.....                                                              | 55 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... |                                                                                         | 56 |
| 5.1                             | Kesimpulan.....                                                                         | 56 |
| 5.2                             | Saran.....                                                                              | 57 |
| DAFTAR PUSTAKA .....            |                                                                                         | 58 |
| LAMPIRAN .....                  |                                                                                         | 60 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 1 Mikrokontroller ESP32 .....                           | 15 |
| Gambar 2. 2 Selenoid valve .....                                  | 17 |
| Gambar 2. 3 Sensor MQ-4 .....                                     | 18 |
| Gambar 2. 4 Sensor MQ-135 .....                                   | 19 |
| Gambar 2. 5 Relay.....                                            | 20 |
| Gambar 2. 6 Sensor tekanan MPX5700AP.....                         | 21 |
| Gambar 2. 7 Papan ekspansi.....                                   | 22 |
| Gambar 2. 8 Blynk console.....                                    | 23 |
| Gambar 3. 1 Tahapan penelitian .....                              | 24 |
| Gambar 3. 2 Diagram Alir .....                                    | 26 |
| Gambar 3. 3 Desain Mekanis Biogas.....                            | 29 |
| Gambar 3. 4 Desain tabung biodigester .....                       | 29 |
| Gambar 3. 5 Wet Scrubber.....                                     | 30 |
| Gambar 3. 6 Tabung Penyimpanan.....                               | 32 |
| Gambar 3. 7 Schematic wiring.....                                 | 33 |
| Gambar 3. 8 Relay with selenoid valve wiring.....                 | 34 |
| Gambar 3. 9 Diagram alir perangkat lunak.....                     | 35 |
| Gambar 4. 1 Hasil Rancang Hardware.....                           | 40 |
| Gambar 4. 2 Dashboard Blynk.....                                  | 42 |
| Gambar 4. 3 <i>Dashboard Blynk</i> .....                          | 42 |
| Gambar 4. 4 Hasil Rancang Biodigester dan Wetscrubber.....        | 43 |
| Gambar 4. 5 Koneksi Mikrokontroller ke Jaringan WiFi .....        | 51 |
| Gambar 4. 6 Autentikasi <i>Blynk</i> Dengan Mikrokontroller ..... | 51 |
| Gambar 4. 7 Koneksi <i>Blynk</i> dengan WiFi.....                 | 52 |
| Gambar 4. 8 Variabel pengiriman data .....                        | 52 |
| Gambar 4. 9 Delay pengiriman data, packet loss dan RSSI.....      | 53 |
| Gambar 4. 10 Delay pengiriman data, packet loss dan RSSI.....     | 53 |
| Gambar 4. 11 Data yang ditampilkan pada dashboard Blynk.....      | 55 |
| Gambar 4. 12 Data yang ditampilkan pada dashboard Blynk.....      | 55 |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu .....                                                                     | 5  |
| Tabel 2. 2 Spesifikasi ESP32 .....                                                                        | 16 |
| Tabel 2. 3 Spesifikasi Selenoid Valve.....                                                                | 17 |
| Tabel 2. 4 Tabel spesifikasi MQ-4.....                                                                    | 18 |
| Tabel 2. 5 Spesifikasi Sensor MQ-135 .....                                                                | 19 |
| Tabel 2. 6 Spesifikasi Relay.....                                                                         | 20 |
| Tabel 2. 7 Spesifikasi sensor tekanan MPX5700AP .....                                                     | 21 |
| Tabel 2. 8 Spesifikasi papan ekspansi .....                                                               | 22 |
| Tabel 3. 1 Alat dan Bahan (Hardware) .....                                                                | 25 |
| Tabel 3. 2 Alat dan Bahan (Software).....                                                                 | 26 |
| Tabel 3. 3 Pengujian Alat.....                                                                            | 38 |
| Tabel 3. 4 Parameter Pengujian Bahan Baku.....                                                            | 39 |
| Tabel 4. 1 Konsentrasi data dari 4 parameter sensor, setelah melewati purifikasi dengan wet scrubber..... | 46 |
| Tabel 4. 2 Data konsentrasi gas tanpa purifikasi.....                                                     | 48 |
| Tabel 4. 3 Pengujian Biodogester dan Wetscrubber .....                                                    | 50 |



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pemanfaatan biogas sebagai energi terbarukan menjadikan sebagai perhatian utama dalam upaya untuk meminimalkan ketergantungan manusia terhadap bahan bakar fosil selain itu dengan memanfaatkan biogas bisa menekan tingkat emisi gas rumah kaca yang diakibatkan oleh gas metana( $\text{CH}_4$ ) yang terbuang ke atmosfer(Nugraha et al., 2024). Dengan ini biogas sangat bagus dimanfaatkan sebagai energi mandiri, bagi masyarakat yang mempunyai peternakan sapi atau sampah/bahan organik lainnya, sehingga sampah organik dapat diolah dengan menginstalasi sistem fermentasi anaerobik (bio-digester). Gas ini terbentuk melalui proses fermentasi bahan organik oleh aktivitas bakteri dalam kondisi anaerob tanpa oksigen/minim oksigen.

Secara umum, komposisi biogas tersusun atas beberapa komponen utama, yaitu gas metana ( $\text{CH}_4$ ) sekitar 60%, karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ) sekitar 36%, hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) sekitar 3%, serta gas hidrogen ( $\text{H}_2$ ) dengan kadar kurang dari 1%. Gas metana ( $\text{CH}_4$ ) sebagai komponen utama biogas menjadi bahan bakar yang sangat baik karena memiliki nilai kalor tinggi, berkisar antara 4800 hingga 6700  $\text{kcal/m}^3$ . Berdasarkan nilai kalor biogas yang tinggi biogas memiliki potensi penggunaan yang luas sebagai energi untuk berbagai keperluan seperti memasak dan untuk penggerak mesin (Dewi et al., 2024).

Pemanfaatan biogas memiliki dampak yang sangat besar terhadap lingkungan. Yang dimana penggunaan biogas dapat berpotensi untuk mengurangi emisi Gas Rumah Kaca hingga 80% jika dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar fosil (Nugraha et al., 2025). Selain itu kotoran sapi jika tidak diolah dengan benar atau terlantarkan begitu saja maka dapat menghasilkan bau yang tidak sedap dan memungkinkan mengganggu warga di sekitar kandang sapi. Dengan ini penulis memilih untuk membuat bio-digester sebagaimana ini berfungsi untuk mengolah

kotoran sapi untuk menjadi biogas sehingga dapat di manfaatkan untuk keperluan energi sehari-hari.

Pemanfaatan biogas akan lebih optimal apabila diintegrasikan langsung dengan sistem *Internet of Things*. Integrasi tersebut memungkinkan proses pemantauan kondisi tekanan biodigester dilakukan secara *real-time* melalui sensor yang sudah dikonfigurasi sehingga dapat terhubung ke jaringan internet, sehingga parameter tekanan gas digester, konsentrasi gas metana, keberadaan gas pengotor serta tekanan tabung penampungan gas dapat dipantau secara berkelanjutan. Selain berfungsi sebagai media pemantauan sistem ini juga mendukung sebagai pengendalian aktuator yaitu solenoid valve untuk menjaga kestabilan aliran gas menuju proses pemurnian dan penyimpanan. Pemantauan berkelanjutan diharapkan mampu menjaga keamanan sistem dan menjaga kualitas bioogas yang dihasilkan.

Untuk meningkatkan kualitas biogas, penelitian ini menerapkan metode pemurnian menggunakan *wet scrubber* tiga tahap yang terdiri dari air, selica gel, dan sabut kawat stainless. Metode water scrubber sudah banyak digunakan pada penelitian sebelumnya dikarenakan terbukti menurunkan kadar gas pengotor terutama karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ). Pada tahap pertama yaitu air yang berfungsi sebagai adsorpsi kadar gas pengotor  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  yang memiliki kadar kelarutan dalam air dibandingkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ), tahap kedua selica gel digunakan untuk berfungsi sebagai mengurangi kadar uap air pada biogas dan kawat stainless berfungsi untuk adsorpsi kadar gas pengotor  $\text{CO}_2$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  (Falcao, 2021). Dengan demikian pemurnian dengan metode water scrubber diharapkan mampu meningkatkan kadar gas menjadi lebih baik serta biogas menjadi lebih aman digunakan dan lebih efisien untuk dimanfaatkan sebagai bahan bakar.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) membuka peluang baru dalam pengelolaan biogas. Dengan memanfaatkan sensor-sensor yang terhubung ke sistem IoT, kondisi biogas dapat dipantau secara *real-time*. Misalnya, penggunaan sensor Tekanan untuk memantau tingkat tekanan didalam pipa, sensor gas untuk mengetahui volume biogas yang dihasilkan. Data yang diperoleh dapat

diakses melalui aplikasi atau dashboard sehingga memudahkan pengguna dalam mengontrol dan mengambil keputusan.

Dengan adanya *monitoring* berbasis IoT, diharapkan sistem biogas menjadi lebih efisien, aman, dan berkelanjutan. Hal ini juga mendukung upaya pemerintah dalam mendorong penggunaan energi terbarukan, sekaligus memberikan solusi teknologi tepat guna bagi masyarakat, khususnya di daerah pedesaan yang memiliki potensi besar dalam pemanfaatan limbah organik maupun ternak. Oleh karena itu, penelitian ini akan berfokus pada pembuatan sistem *monitoring* biogas berbasis IoT untuk mengetahui parameter penting dalam produksi biogas, sehingga kualitas dan kuantitas gas dapat dikontrol dengan lebih baik.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dari penjelasan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan seperti berikut:

1. Bagaimana merancang sistem *Internet of Things* yang dapat memantau hasil fermentasi biogas.
2. Bagaimana mengimplementasi alat fermentasi biogas yang mampu mengolah sampah organik menjadi energi gas yang dapat dimanfaatkan.
3. Bagaimana mengimplementasi alat pemurnian biogas.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan untuk penelitian adalah sebagai berikut:

1. Merancang sistem *Internet of Things* yang dapat memantau hasil fermentasi biogas.
2. Mengimplementasikan alat fermentasi biogas yang mampu mengolah sampah organik menjadi energi gas yang dapat dimanfaatkan.
3. Mengimplementasi alat pemurnian biogas.

#### 1.4 Manfaat Penelitian

Berdasarkan latar belakang, rumusan masalah dan tujuan penelitian yang telah penulis uraikan terdapat beberapa manfaat penelitian sebagai berikut:

1. Manfaat bagi penulis pada penelitian ini bertujuan dan berkesempatan untuk mendalami pengetahuan tentang topik Biogas berbasis *Internet Of Things* (IoT).
2. Hasil dari penelitian ini mungkin menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan topik Biogas berbasis dengan *Internet Of Things*.
3. Penelitian ini diharapkan dapat memotivasi pembaca untuk dapat mengolah sampah organik menjadi energi yang bisa dimanfaatkan.

#### 1.5 Batasan Masalah

Agar pembahasan dari penelitian ini sesuai dengan dengan judul dan latar belakang yang penulis uraikan diatas maka penulis akan membatasi masalah yang akan dibahas pada penulisan ini sebagai berikut.

1. Skala sistem biogas yang akan dibahas didalam penelitian ini yaitu dengan biogas sederhana yang dimana bisa mengesampingkan energi fosil sehingga menjadi energi mandiri yang dapat terus diperbarui.
2. Metode pengembangan sistem *Internet Of Things* (IoT) yang akan dilakukan bersifat aplikatif yaitu *Research and Development* (R&D) yang diintegrasikan dengan Aplikasi Blynk sebagai *User Interface* (UI) agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan.
3. Pengujian sistem akan dilakukan dengan dengan sistem yang akan berjalan dengan yang diharapkan yaitu dapat mengontrol gas, dan Tekanan dalam pemipaan, sehingga gas dapat terkontrol dengan baik.

## BAB II LANDASAN TEORI

### 2.1 Penelitian Terdahulu

Terkait dengan proyek yang penulis lakukan maka dibutuhkan referensi atau penelitian terkait yang berguna untuk terhindar dari duplikasi dengan penelitian terkait atau *plagiarisme*. Adapaun tujuan dari penelitian terdahulu ini adalah sebagai referensi untuk patokan serta bahan perbandingan, selain itu juga ini berguna untuk melihat perbedaan dengan penelitian terdahulu, maka dengan itu di landasan teori ini penulis menyertakan hasil penelitian yang sudah pernah dilakukan seperti yang terlihat pada gambar dibawah.

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

| No | Peneliti<br>(Tahun) | Metode penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Hasil penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | (Roja et al., 2024) | Sistem menggunakan sensor MQ-4 untuk mendeteksi produksi biogas, MQ-135 untuk memantau gas pengotor ( $\text{CO}_2$ , $\text{H}_2\text{S}$ ), dan dua sensor tekanan MPX5700AP untuk membaca tekanan biogas. Aliran gas dikendalikan oleh solenoid valve, hasil monitoring ditampilkan pada LCD, dan sistem dikontrol oleh Arduino Uno ATmega328. | Sistem kendali produksi biogas dapat beroperasi dengan baik dengan rata-rata error pembacaan tekanan oleh sensor MPX5700AP sebesar 2,2%. Tekanan maksimum tabung fermentasi tercapai pada hari ke-22 sebesar 25,19 PSI. Gas $\text{H}_2\text{S}$ mulai terdeteksi pada hari ke-4 dengan kadar rendah dan meningkat seiring waktu, sedangkan gas metana ( $\text{CH}_4$ ) pada tabung penampungan pertama kali terdeteksi pada hari ke-22 dengan konsentrasi 6,23 PPM. |

| No | Peneliti<br>(Tahun)    | Metode penelitian                                                                                                                                                                                             | Hasil penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|----|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2. | (Putra et al., 2024)   | Sensor MQ-4 mendeteksi gas metana, DHT22 mengukur suhu dan kelembaban biodigester, RTC DS1302 mencatat waktu, SD Card menyimpan data sensor, dan LED indikator menunjukkan status WiFi serta operasi SD Card. | Pengaruh suhu untuk produksi gas metana, berdasarkan pengujian suhu yang berkisar jam 11.00 menunjukkan pembentukan gas metana 20.014ppm pada suhu 32,67°C, hal ini terus meningkat hingga pukul 17.00 dengan konsentrasi gas metana 80.641 dengan suhu 37,88°C dan menjadi titik tertingginya pada waktu 21:00 pada suhu 37,44°C dengan nilai ppm89.210. sistem monitoring berbasis ESP32 yang dikembangkan dapat mencatat dan memantau parameter seperti suhu kelembaban dan tekanan secara real-time. |
| 3. | (Saputra et al., 2024) | ESP32 dan ESP32-S3 digunakan untuk membandingkan kinerja sistem. Sensor tekanan berfungsi mengukur tekanan gas dalam biodigester, sedangkan Arduino IoT Cloud digunakan untuk                                 | Hasil penelitian menunjukkan bahwa ESP32 dan ESP32-S3 memiliki kinerja koneksi nirkabel yang relatif sama. Namun, ESP32 lebih unggul dalam kestabilan pembacaan, sedangkan ESP32-S3 lebih direkomendasikan dari sisi                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

| No | Peneliti<br>(Tahun)           | Metode penelitian                                                                                                                                                                  | Hasil penelitian                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                               | pemantauan dan pemrosesan data secara real-time. Komponen pendukung meliputi resistor, kapasitor, dan breadboard.                                                                  | keamanan dan dukungan fitur terbaru.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 4. | (Sya'bana & Narpulaela, 2025) | Data penelitian diperoleh melalui kajian literatur terkait produksi biogas dari limbah organik dan penerapan IoT untuk meningkatkan efisiensi serta kemandirian energi peternakan. | Penerapan IoT pada sistem biogas berbasis kotoran sapi dan kerbau terbukti meningkatkan efisiensi produksi hingga 20% melalui pemantauan dan pengendalian real-time parameter penting. Sistem menjadi lebih stabil, hasil biogas meningkat, pasokan energi lebih andal, biaya operasional berkurang, serta mendukung pemanfaatan energi terbarukan dan kemandirian energi peternakan. |
| 5. | (Dewi et al., 2024)           | Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimental yang dilakukan di Laboratorium Nuvoton Fakultas Teknologi Pangan dan Agroindustri Universitas Mataram serta Yayasan         | Hasil penelitian menunjukkan sensor DHT22, MPX5700DP, dan DS18B20 bekerja dengan baik dalam memantau suhu, kelembapan, tekanan, dan suhu bahan organik biogas. Data dapat dipantau secara real-time melalui aplikasi Cayenne.                                                                                                                                                         |

| No | Peneliti<br>(Tahun) | Metode penelitian                                                                                                                   | Hasil penelitian                                                                                                                                           |
|----|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    |                     | Rumah Energi, dengan parameter pengukuran meliputi suhu dan kelembapan udara, tekanan biogas, suhu bahan organik, dan kinerja alat. | Penelitian selanjutnya disarankan memperbaiki penempatan sensor tekanan, menambahkan sensor SHT11 di dalam digester, serta memperhatikan catu daya sistem. |

## 2.2 Biogas

Biogas merupakan salah satu dari banyaknya energi alternatif yang siap dikembangkan dan bersifat terbarukan (*renewable*) dan sangat mudah untuk diperbarukan, secara definitif biogas adalah gas alam yang mudah terbakar yang dihasilkan dari proses dekomposisi dan fermentasi bahan-bahan organik oleh aktivitas mikroba dalam kondisi anaerob atau minim oksigen. Proses ini memanfaatkan limbah organik yang kaya akan unsur karbon, hidrogen dan nitrogen sebagai bahan baku utamanya. Bahan baku utamanya berupa kotoran hewan ternak yaitu sapi, pembuatan biogas ini project yang sangat menguntungkan secara ekologis dikarenakan kita dapat mengolah limbah menjadi sumber daya energi yang ramah lingkungan sekaligus menjaga siklus ekologi agar tetap seimbang, bahan baku yang digunakan untuk mengolah sangat beragam yaitu meliputi limbah sayuran dan kotoran ternak. Kotoran sapi bahan baku yang sangat banyak digunakan dalam pembuatan biogas dikarenakan mengandung bakteri ruminansia yang cukup efektif, bakteri ini berperan sebagai starter alami yang bisa mempercepat proses fermentasi sehingga proses produksi biogas menjadi optimal kotoran sapi juga memiliki kandungan selulosa yang tinggi serta nutrisi untuk pembetukan biogas yang penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium yang fungsinya sebagai bahan pengisi esensial dalam proses pembetukan biogas. Biogas memiliki nilai kalori yang tinggi berkisar antara 4800 hingga 6700 kkal/m<sup>3</sup> dengan kandungan metana dan nilai kalorinya yang tinggi biogas sangat berpotensi untuk

di gunakan sebagai pengganti energi konvensional. Biogas dapat dibakar selayaknya elpiji dan dimanfaatkan sebagai energi listrik menjadikannya sebagai sumber energi terbarukan. Kandungan utama biogas berupa. Gas metana ( $\text{CH}_4$ ) 55 – 75%, Karbon Dioksida ( $\text{CO}_2$ ) 25 – 45% dan beberapa gas lainnya yang jumlah sangat kecil seperti Nitrogen (N), Karbon Monoksida (CO), Oksigen ( $\text{O}_2$ ), Hydrogen Sulfida  $\text{H}_2\text{S}$ (Shitophyta et al., 2022).

### 2.3 Internet of Things

Internet Of Things merupakan sebuah kerangka konseptual yang bisa menghubungkan berbagai perangkat fisik kedalam jaringan internet dan serta memfasilitasi komunikasi timbal balik yaitu pertukaran data antar perangkat tersebut, misal perangkat fisik IoT memiliki spektrum yang luas mencakup peralatan *Hardware* seperti komponen mesin dan sensor. Pemanfaatan IoT bisa memberikan kemampuan bagi pengguna untuk bisa melakukan kontrol dan *monitoring* perangkat dari jarak jauh secara terus menerus yang akhirnya berkontribusi pada peningkatan efisiensi pengontrolan dan penurunan biaya, oleh karena itu fungsi kontrol dari Internet Of Things juga sangat penting dalam proses akuisisi dan analisis data yang kemudian bisa diolah menjadi wawasan yang berharga untuk mengambil keputusan selanjutnya, selain itu IoT disaat ini telah di adopsi secara luas di berbagai kalangan mulai dari kesehatan, pertanian, transportasi hingga *smart home* yang secara fundamental itu dapat mengubah cara kerja dan kehidupan sehari-hari dalam mengontrol apapun(Sya'bana & Nurpulaela, 2025).

### 2.4 Wet Scrubber

*Wet Scrubber* adalah sebagai unit atau alat yang digunakan untuk *adsorpsi* gas methana dengan cara mengontakkanya dengan air, *wet scrubber* merupakan sebuah kolom yang berisikan air yang nantinya akan didistribusikan gas, kemudian gas yang sudah melewati air akan naik ke atas sehingga kelembapan yang dibawa gas akan tersaring dengan air, begitupun dengan kadar gas pengotor seperti  $\text{H}_2\text{S}$  dan  $\text{CO}_2$ (A. A et al., 2022). Metode wet scrubber banyak jenisnya salah satunya seperti yang penulis uraikan diatas, kemudian saya akan menambahkan dua tahap berikut

nya berupa *silica gel* untuk proses pengeringan dan membantu menghilangkan gas pengotor biogas serta meningkatkan kualitas biogas, ditahap ketiga saya akan menambahkan kawat stainless cuci piring yang dapat meningkatkan kualitas biogas serta kawat stainless dapat menyerap gas pengotor dan memastikan biogas dapat mencegah gas pengotor terbawa bersama gas metana kedalam tabung penyimpanan.

## 2.5 Prinsip Kerja Sensor MQ-4 Secara Matematis.

Sensor MQ-4 yaitu sensor gas dengan jenis metal oksida semikonduktor yang memanfaatkan sifat konduktivitas material penyusunan untuk dapat mendeteksi keberadaan gas hidrokarbon khususnya gas metana didalam struktur sensor MQ-4 terdapat lapisan aktif berupa timah tipis oksida  $\text{SnO}_2$  yang memiliki sifat dasar konduktivitas pada kondisi udara bersih, secara matematis pada nilai besaran fisis terjadi perubahan resistansi/tegangan menjadi nilai konsentrasi gas dalam *Parts Per Million* (PPM). Nilai keluaran sensor terhadap perubahan konsentrasi gas metana di analisis melalui pendekatan regresi linear. Melalui pemodelan matematika invers dari kurva karakteristik sensor tersebut, di peroleh persamaan kalibrasi linear yang mengikat hubungan antara tegangan analog sensor terhadap konsentrasi gas sebagai berikut (Indrasari et al., 2024).

$$y = 0,2304x + 1,6949$$

Yang dimana komponen matematis dari persamaan tersebut didefinisikan sebagai :

$y$  = Nilai konsentrasi gas metana ( $\text{CH}_4$ ) yang terbaca oleh sistem dalam satuan PPM

$x$  = Nilai tegangan keluaran analog dari sensor MQ-4 dalam satuan volt

0, 2304 = Nilai kemiringan garis (slope) grafik kalibrasi sensor

1, 6949 = Nilai intersep (konstanta pergeseran grafik pada sumbu Y)

## 2.6 Prinsip Kalibrasi Sensor

Kalibrasi sensor sangat diperlukan untuk menjadikan data yang lebih akurat dengan itu kalibrasi sensor digunakan dalam kondisi lingkungan yang dianggap bersih. Proses kalibrasi sensor melibatkan perhitungan rasio antara resistansi sensor  $R_s$  dengan nilai referensi  $R_o$  yang didapat dari kondisi standar. Kurva kalibrasi gas  $CO_2$ ,  $CO$  dan  $CH_4$  diambil dari persamaan matematika yang menghubungkan rasio resistansi sensor  $R_s$  dengan konsentrasi dalam ppm (Taufiq et al., 2024).

$$Gas_{ppm} = a = \left( \frac{R_s}{R_o} \right)^b + c$$

Dimana:

- Gas-ppm adalah konsentrasi gas ( $CO_2$ ,  $CO$  dan  $CH_4$ ) dalam ppm.
- $R_s$  yaitu resistansi sensor pada saat pengukuran diukur menggunakan sensor MQ135 dan MQ4.
- $R_o$  adalah resistansi sensor dalam kondisi udara bersih.
- $a$ ,  $b$  dan  $c$  adalah konstanta yang mendefinisikan bentuk kurva kalibrasi sensor.

## 2.7 Konsep Fermentasi Anaerob

Konsep fermentasi anaerob merupakan suatu proses yang digunakan untuk perombakan senyawa organik oleh aktivitas konsorsium mikroorganisme dalam suatu tempat yang tertutup tanpa adanya oksigen, proses dekomposisi bahan baku organik hingga berhasil di konversi menjadi gas metana  $CH_4$  secara kimiawi berlangsung hingga 4 tahapan biokimia yang berurutan (Sari et al., 2026). Yaitu sebagai berikut:

### 1. Hidrolisis (*Hydrolisis*)

Ditahap hidrolisis yang mana baha organik makro molekul yang berdifat kompleks dipecah menjadi senyawa oligomer atau monomer sederhana yang tidak larut air seperti glukosa, asam amino dan asam lemak. Proses ini

dikatalisis secara ekstraseluler oleh enzim-enzim hidrolitik yang di sekresikan oleh kelompok bakteri hidrolitik.

## 2. Asidogenesis(*Acidogenesis*)

Monomer-monomer sederhana dari tahap hidrolisis selanjutnya diserap dan didegradasi oleh bakteri asidogenik. Pada tahap ini senyawa tersebut di konversi menjadi asam lemak volatil atau folatile fatty acids(VFA), seperti asam propionat, asam butirat, asam asetat, uap alkohol serta pelepasan gas hidrogen( $H_2$ ) dan karbon dioksida( $CO_2$ ), aktivitas pada tahap ini cenderung menurunkan nilai pH didalam reaktor biodigester karena tinggi akumulasi zat asam.

## 3. Asetogenesis(*Acetogenesis*)

Senyawa asam lemak volatil berantai panjang serta alkohol yang diproduksi pada tahap asidogenesis kemudian dioksidasi oleh bakteri asetogenik, hasil akhir dari tahapan asetogenesis yaitu pembentukan asam asetat( $CH_3COOH$ ), gas hidrogen( $H_2$ ) dan karbondioksida( $CO_2$ ) yang berperan sebagai substrat utama atau “makanan” langsung bagi mikroorganisme pembentuk metana.

## 4. Metanogenesis(*Methanogenesis*)

Tahap akhir ini adalah pembentukan gas metana( $CH_4$ ) yang dilakukan oleh kelompok mikroorganisme purba obligat anaerob yang bernama methanogenic Archaea, kelompok ini mengkonsumsi asam asetat dan hidrogen yang dihasilkan dari tahap sebelumnya untuk diubah menjadi gas metan melalui dua jalur reaksi utama, yaitu jalur pemecahan asam asetat (Acetoclastic pathway) dan jalur reduksi karbon dioksida oleh hidrogen (Hydrogentrophic Pathway). Keberhasilan pembentukan metna pada fase akhir ini dipantau secara realtime menggunakan sensor MQ-4 sedangkan gas pengotor gas pengotor yaitu  $CO_2$  dan  $H_2S$  dipantau melalui sensor MQ-135.

## 2.8 Konsep IoT Architecture

Konsep Internet of Things ialah yang dimana sistem perangkat fisik mengumpulkan data dan mengirimkannya kedalam perangkat lunak, arsitektur IoT dibagi didalam beberapa bagian yang jelas dan setiap bagian mendapatkan tugasnya masing-masing ini juga disebut dengan lapisan arsitektur IoT pendekatan berlapis ini membuat sistem yang kompleks dan mudah dibangun, dikelola, diskalakan dan diamankan, dengan tidak ada arsitektur berlapis ini sistem IoT maka sangat sulit untuk dikendalikan mahal untuk dikembangkan dan sangat sulit untuk diamankan. Dalam arsitektur sistem IoT modern apapun setiap lapisan memiliki peran yang jelas inilah mengapa struktur berlapis dalam IoT digunakan di berbagai industri perawatan kesehatan, teknologi keuangan, perjalanan dan pasar online. Logika yang sama berlaku dalam sistem IoT baik dalam skala kecil maupun dalam skala besar (Vyshyvaniuk, 2025). Konsep arsitektur IoT 3 lapis sebagai berikut.

1. Lapisan persepsi dalam IoT

Lapisan persepsi merupakan bagian utama dan paling fisik dari sistem, disinilah data dibuat yaitu tugas utama lapisan arsitektur IoT dalam mengumpulkan informasi dari dunia nyata, ini meliputi sensor dll.

2. Lapisan jaringan IoT

Dalam infrastruktur IoT modern maka lapisan ini harus mendukung jutaan perangkat transmisi data secara *real-time* serta konektivitas cloud yang bagus dan lapisan jaringan IoT bertanggung jawab untuk memindahkan data dari perangkat ke platform cloud dan sistem bisnis jaringan bertindak sebagai jembatan antara perangkat fisik dan digital. Ini meliputi WiFi dll.

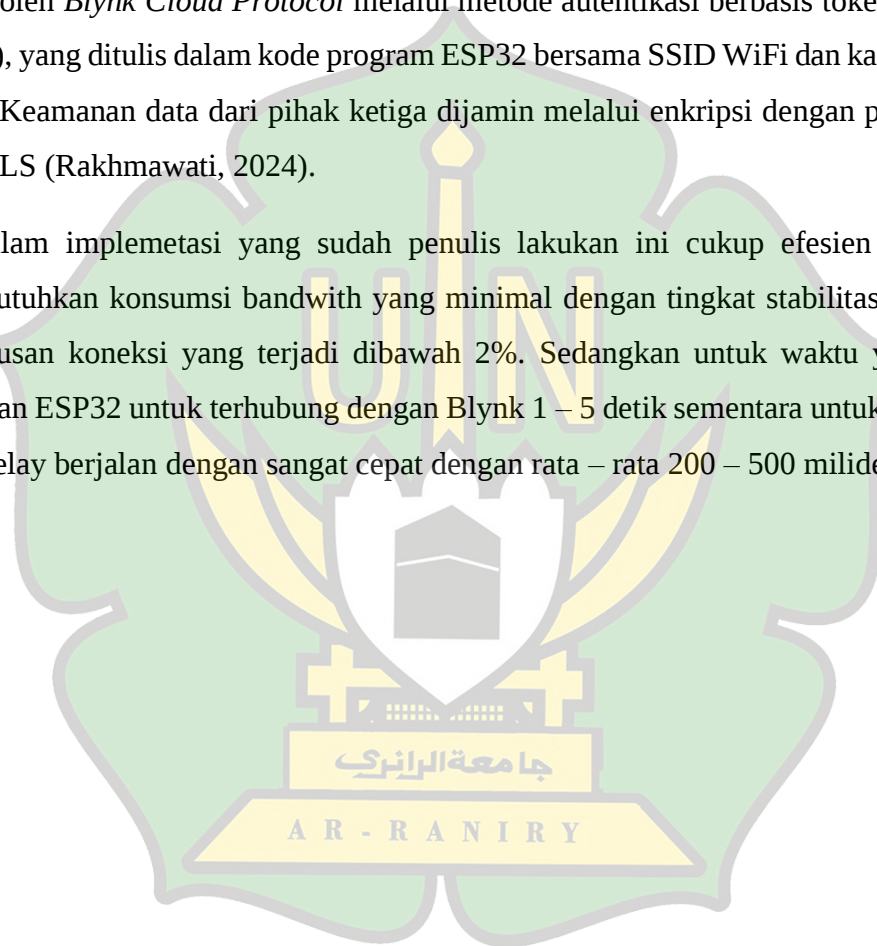
3. Lapisan Aplikasi

Ini merupakan tempat dimana untuk menggunakan data dan user dapat memantau data yang terbaca melalui sensor fisik ditampilkan kedalam dashboard ini merupakan inti dari arsitektur IoT yang dimana tempat data divisualisasikan, dikelola dan dihubungkan ke alat keperluan.

## 2.9 Metode Komunikasi ESP32 Blynk

Metode komunikasi antara mikrokontroler ESP32 dengan *platform Blynk* yaitu dengan menerapkan sistem komunikasi dua arah (*two-way communication*) setiap saat yang dijembatani oleh *Blynk* server. Untuk membangun koneksi nirkabel dengan memanfaatkan modul internal WiFi ESP32 agar dapat terhubung ke internet menggunakan kombinasi protokol standar TCP/IP, HTTP dan MQTT. Jalur data ini diatur oleh *Blynk Cloud Protocol* melalui metode autentikasi berbasis token (*Auth Token*), yang ditulis dalam kode program ESP32 bersama SSID WiFi dan kata sandi WiFi. Keamanan data dari pihak ketiga dijamin melalui enkripsi dengan protokol SSL/TLS (Rakhmawati, 2024).

Dalam implemetasi yang sudah penulis lakukan ini cukup efisien karena membutuhkan konsumsi bandwith yang minimal dengan tingkat stabilitas tinggi, pemutusan koneksi yang terjadi dibawah 2%. Sedangkan untuk waktu yang di perlukan ESP32 untuk terhubung dengan Blynk 1 – 5 detik sementara untuk latensi atau delay berjalan dengan sangat cepat dengan rata – rata 200 – 500 milidetik.



## 2.10 Mikrokontroller ESP32

ESP32 Devkit V1 digunakan sebagai inti kendali dari setiap sensor yang akan digunakan didalam penelitian ini dikarenakan keunggulannya berupa efisiensi yang tinggi dan kemampuan untuk komunikasi nirkabel yang canggih, kemampuan ini sangat berpengaruh didalam sistem yang akan berjalan nanti secara *real-time* diperlukan untuk menganalisis kondisi operasional sistem yang berjalan dan mengambil tindakan yang akan terjadi sesuai yang akan berjalan, pemilihan ESP32 ini didukung dari hasil evaluasi kinerja koneksi tanpa kabel yang menunjukkan mikrokontroler ini menawarkan stabilitas dan konektivitas yang lebih baik dibandingkan dengan mikrokontroler lainnya, pengujian koneksi ke *platform cloud* IoT menunjukkan bahwa koneksi durasi rata-rata yang sangat stabil, dalam koneksi WI-FI yang secara umum menunjukkan waktu berkisar 10 detik dan untuk koneksi kedalam *platform cloud* ESP32 memiliki kestabilan yang cukup baik dengan waktu rata-rata berkisar 53 – 54 detik, dengan karena itu penulis dapat menyimpulkan bahwa untuk menggunakan mikrokontroler ESP32 sangat baik didalam penelitian ini (Saputra et al., 2024).



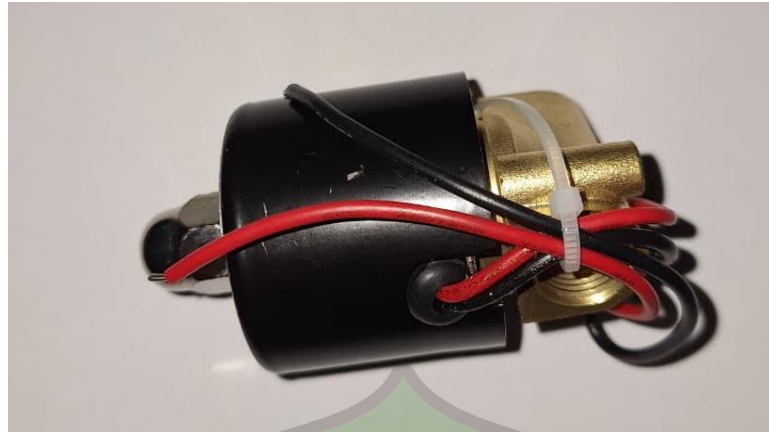
Gambar 2. 1 Mikrokontroller ESP32

Tabel 2. 2 Spesifikasi ESP32

|                         |                       |
|-------------------------|-----------------------|
| Operating voltage       | 3.3V                  |
| Input voltage           | 7 - 12V (Vin)         |
| Digital IO Pin (DIO)    | 25                    |
| Analog Input Pin (ADC)  | 6                     |
| Analog output Pin (DAC) | 2                     |
| UART                    | 3                     |
| SPI                     | 2                     |
| I2C                     | 3                     |
| Flash Memory            | 4 MB                  |
| SRAM                    | 520 KB                |
| Clock Speed             | 240 Mhz               |
| Wi Fi                   | IEEE 802.11 b/g/n/e/i |
| Mode supported          | AP,STA, AP+STA        |
| CP2102                  | USB Controller        |

### 2.11 Selenoid Valve

Selenoid valve merupakan katup yang jenisnya dioperasikan dan di kendalikan menggunakan energi listrik, baik dia arus DC maupun arus AC melalui mekanisme selenoida yang terdapat didalam katup, katup ini diakui sebagai katup dengan elemen kontrol yang paling umum dan vital digunakan dalam sistem yang melibatkan fluida cairan maupun gas. Dalam konteks sistem pengontrolan seperti pada sistem elektronika selenoid valve memiliki peran penting sebagai pengatur saluran gas bertekanan yang memungkinkan mengkontrol gerakan pada komponen mekanis, dengan itu katup ini berfungsi sebagai perantara serta dapat melakukan perintah dari sistem kontrol ESP32 menjadi aksi fisik yaitu membuka atau menutup aliran gas(Roja et al., 2024).



Gambar 2. 2 Solenoid valve

Tabel 2. 3 Spesifikasi Solenoid Valve

|          |              |
|----------|--------------|
| Ukuran   | 1/4 inch     |
| Gulungan | 100% tembaga |
| Input    | 12V DC       |
| Body     | Kuningan     |

### 2.12 MQ-4

Sensor MQ-4 dirancang untuk mendeteksi konsentrasi gas alam yang secara dominan tersusun dari gas metana ( $\text{CH}_4$ ) yang berbentuk hidrokarbon yang sederhana, *output* dari sensor ini berupa resistansi analog yang diubah menjadi sinyal tegangan, *output* tersebut dapat dibaca dan diolah oleh pin ADC (Analog to Digital Converter) yang terdapat pada mikrokontroler ESP32, proses ini berupa data konsentrasi gas metana diubah kedalam digital sebagai untuk memudahkan monitoring(Roja et al., 2024).



Gambar 2. 3 Sensor MQ-4

Tabel 2. 4 Tabel spesifikasi MQ-4

|                          |                                |
|--------------------------|--------------------------------|
| <i>Size</i>              | 32mm x 22mm x 27 mm            |
| <i>Main chip</i>         | LM393,ZYMQ-4                   |
| <i>Operating voltage</i> | DC 5V                          |
| <i>Working voltage</i>   | DC 3 – 5V                      |
| <i>Detecting range</i>   | 300-10000ppm                   |
| <i>Input voltage</i>     | DC 5V power (current): 150mA   |
| <i>Digital ouput</i>     | TTL Digital 0 dan 1 (0.1 - 5V) |
| <i>Analog output</i>     | 0.1-0.3V                       |

### 2.13 MQ-135

Sensor MQ-135 merupakan sensor udara yang mendeteksi berbagai gas pengotor yang terdapat dalam proses produksi gas metana, gas yang dapat dideteksi oleh sensor MQ-135 berupa gas amonia( $\text{NH}_3$ ), natrium-di(oksida) ( $\text{NO}_x$ ), alcohol/ethanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ), benzena( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ), hydrogen sulfida( $\text{H}_2\text{S}$ ) dan juga gas lainnya yang ada di atmosfer dapat di deteksi oleh sensor berikut dan melaporkan hasil deteksi kualitas udara dengan perubahan nilai resistensi analog di pin keluarannya dan diolah oleh mikrokontroler(Roja et al., 2024).



Gambar 2. 4 Sensor MQ-135

Tabel 2. 5 Spesifikasi Sensor MQ-135

|                  |                                               |
|------------------|-----------------------------------------------|
| Size             | 32mm x 20mm                                   |
| Main Chip        | LM393                                         |
| Tegangan kerja   | 5V (AC atau DC)                               |
| ADC resolusi     | 10 bit                                        |
| Pin input/output | Compatible dengan level tegangan TTL dan CMOS |

### 2.14 Relay

Relay adalah komponen elektronika dengan kata lain saklar digital yang otomatis dikendalikan secara elektrik prinsip kerjanya sama dengan saklar manual yaitu dengan memutuskan hubungan listrik atau menghubungkan listrik, relay bekerja dengan prinsip elektro magnetik ketika tegangan diterapkan pada kumparan maka medan magnet akan terbentuk dan menyebabkan perubahan posisi dari keadaan awal, kontak akan berubah dari posisi NC (*Normally Closed*) menjadi posisi NO (*Normally Open*) ketika relay dialirkan tegangan, dengan ini relay bisa berfungsi

untuk mengendalikan rangkaian berdaya tinggi seperti *solenoid valve*(Roja et al., 2024).



Gambar 2. 5 Relay

Tabel 2. 6 Spesifikasi Relay

|                                         |                         |
|-----------------------------------------|-------------------------|
| Opto-isolated inputs                    |                         |
| Maximun load                            | AC 250V/10A, DC 30V/10A |
| Jumlah channel                          | 2 R Y                   |
| Working voltage                         | 5V, Active LOW          |
| Indication LEDs for Relay output status |                         |

### 2.15 Sensor Tekanan

MPX5700AP merupakan sensor tekanan dengan berbahan silikon piezoresistive, yang dapat memberikan keluaran tegangan cukup akurat dan dapat sama dengan tekanan yang ada didalam pemipaan nantinya. Senor ini merupakan bekerja dengan silicon sensor yang ada didalamnya dan memiliki 6 kaki, hanya 3 kaki yang nantinya akan digunakan, untuk di kaki pin 1 digunakan sebagai tegangan output sedangkan kaki 2 digunakan untuk ground dan kaki 3 digunakan untuk sumber tegangan 5 volt(Roja et al., 2024). bentuk gambar sensor ini bisa dilihat pada gambar di bawah ini.



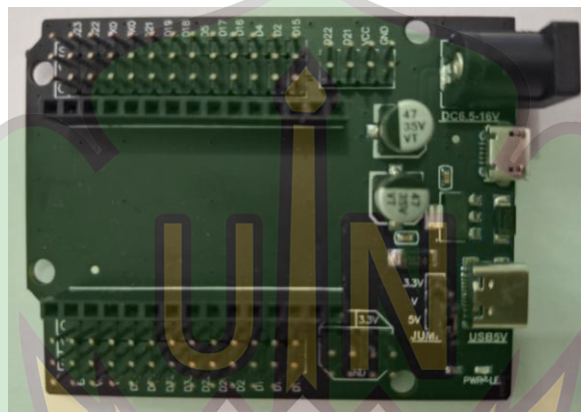
Gambar 2. 6 Sensor tekanan MPX5700AP

Tabel 2. 7 Spesifikasi sensor tekanan MPX5700AP

|                           |                          |
|---------------------------|--------------------------|
| <i>Pressure type</i>      | <i>Absolute pressure</i> |
| <i>Operating pressure</i> | 101.53 PSI (700kPa)      |
| <i>Output type</i>        | <i>Analog Voltage</i>    |
| <i>Output</i>             | 0.2V - 4.7V              |
| <i>Accuracy</i>           | 2.5%                     |
| <i>Voltage supply</i>     | 4.75V – 5.25V            |
| <i>Maximun pressure</i>   | 406.11PSI (2800kPa)      |

### 2.16 Papan Expansi (Expansion board)

Papan ekspansi merupakan sebuah papan yang tujuannya untuk mempermudah dalam menghubungkan kabel ke semua perangkat dengan tersedia banyak pin GND, VCC dan GPIO, papan ekspansi ESP32 juga menyediakan pin-pin ekspansi dengan jumlah pin yang berbeda-beda sesuai dengan spesifikasi *board* yang di tentukan, penggunaan papan ini juga cukup memudahkan waktu proses *prototyping* dan *wiring hardware* (Eka et al., 2023).



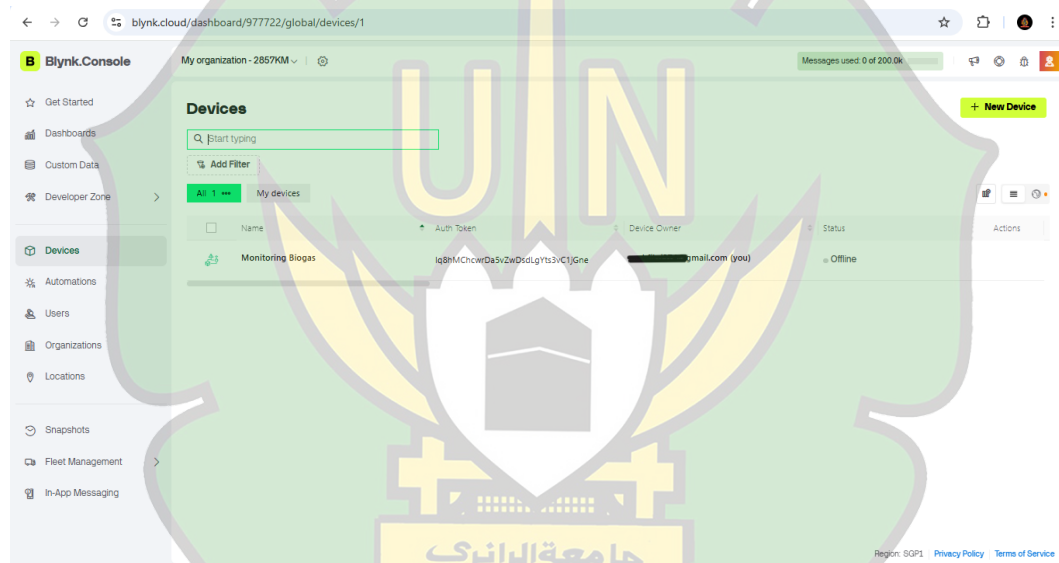
Gambar 2. 7 Papan ekspansi

Tabel 2. 8 Spesifikasi papan ekspansi

|                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| <i>Base for</i>        | ESP32 DOIT V1              |
| <i>Expantion</i>       | I/O                        |
| <i>Expantion power</i> | Vcc/GND                    |
| <i>Input power</i>     | Type C, Micro USB, Jack DC |
| <i>Input jack DC</i>   | 7 – 16 V                   |

## 2.17 Aplikasi Blynk

*Blynk* merupakan sebuah platform layanan yang menyediakan aplikasi yang tersedia di Android maupun IOS yang fungsinya sebagai *User Interface* untuk monitoring untuk berbagai mikrokontroler seperti ESP32 dan perangkat sejenisnya, kelebihan dari platform *Blynk* yaitu dimana dia tidak terikat pada komponen berupa *chip* yang spesifik, dengan itu syarat agar aplikasi *Blynk* dapat berjalan sesuai dengan yang kita program maka dibutuhkan koneksi perangkat keras seperti mikrokontroler seperti ESP32 Devkit V1 atau dengan mikrokontroller yang lain, adapun untuk *console Blynk* seperti yang terlihat pada gambar 2.8 (Syukhron et al., 2021).



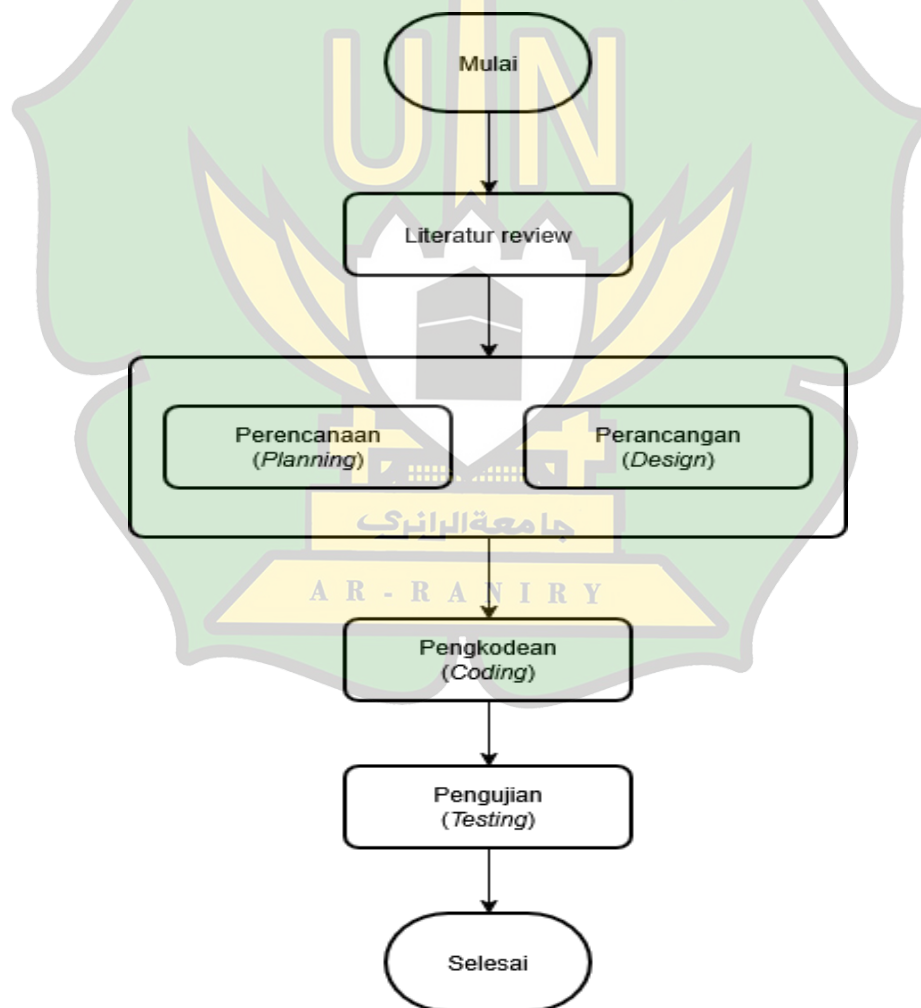
Gambar 2. 8 Blynk console  
AR - RANIRY

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tahapan Penelitian

Dalam “Perancangan Sistem *Monitoring* Fermentasi Biogas Berbasis *Internet of Things*”, metode yang dipilih bersifat aplikatif yaitu *Research and Development* (R&D) sehingga sistem IoT dapat diimplementasikan dengan alat agar dapat bekerja sesuai dengan yang direncanakan yang mengacu pada rumusan masalah. Oleh karena itu langkah yang akan digunakan untuk mengimplementasikan berupa alat sensor – sensor dan mikrokontroller yang akan dirancang sebagaimana mungkin sesuai dengan spesifikasi alat yang digunakan.



Gambar 3. 1 Tahapan penelitian

### 3.2 Literatur Review

*Literatur review* merupakan proses sistematis untuk mengidentifikasi, menganalisis dan mengidentifikasi berbagai sumber referensi yang terkait dengan topik penelitian. Ini bertujuan untuk memahami perkembangan teori dan metode serta temuan-temuan sebelumnya sehingga peneliti dapat mengintegrasikan informasi dari jurnal, buku, repositori ilmiah sehingga menghasilkan pemahaman komprehensif yang mendukung perumusan masalah, dalam penelitian.

### 3.3 Perencanaan

Tahap perencanaan ini didasari fokus pada pengolahan sampah organik dari kotoran sapi sehingga dapat mencegah bau yang menyebar dan mengurangi emisi gas rumah kaca yang disebabkan oleh gas metana ( $\text{CH}_4$ ), berbagai informasi yang telusuri dengan metode *Literatur Review* untuk mengetahui apa saja yang perlu dilakukan untuk mengolah sampah organik dari kotoran sapi dan alat apa saja yang perlu digunakan dalam proses monitoring biogas. Proses ini membantu peneliti memahami kebutuhan praktis yang akan digunakan, sehingga sistem IoT yang dirancang dapat berfungsi dan mendukung pengelolaan biogas secara efektif. Dengan itu alat dan bahan yang dibutuhkan seperti yang terdapat pada tabel 3.1 dan 3.2 dibawah ini.

Tabel 3. 1 Alat dan Bahan (*Hardware*)

| Kebutuhan Hardware |                        |     |                               |
|--------------------|------------------------|-----|-------------------------------|
| NO                 |                        |     |                               |
| 1.                 | ESP32 Devkit V1        | 8.  | MPX5700AP                     |
| 2.                 | <i>Expansion board</i> | 9.  | MPX5700AP                     |
| 3.                 | MQ-4                   | 10. | <i>Relay 1 channel</i>        |
| 4.                 | MQ-135                 | 11. | Kabel jumper female to female |
| 5.                 | <i>Solenoid Valve</i>  | 12. | Kabel jumper male to male     |
| 6.                 | Laptop HP 14S          | 13. | Kabel jumper female to male   |
| 7.                 | Stepdown 5V            | 14. | Battery 12V                   |

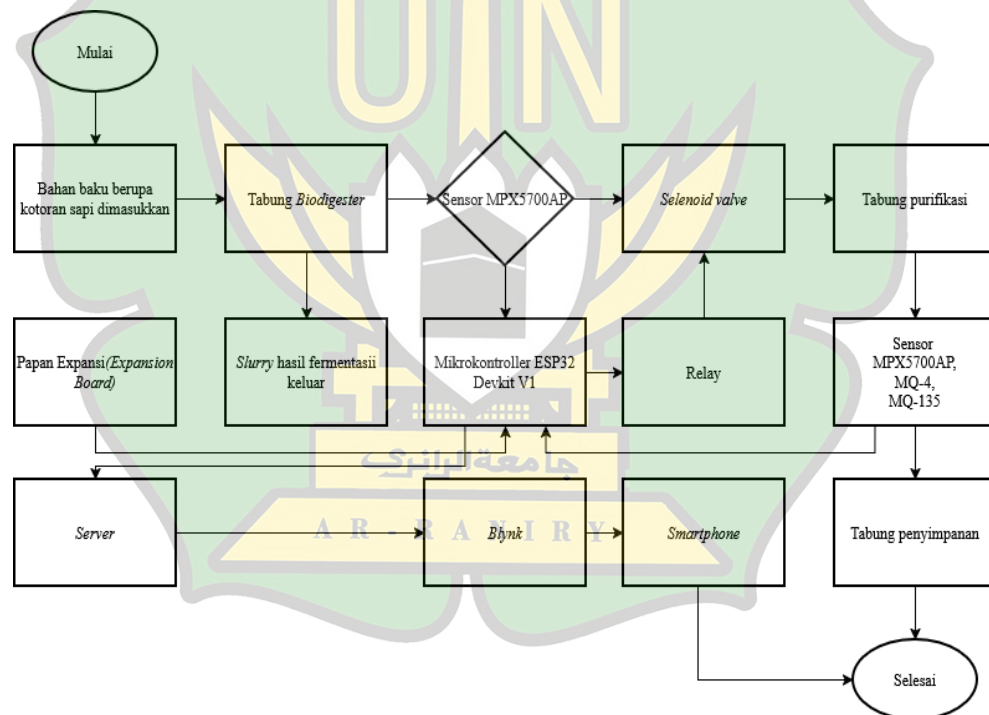
Tabel 3. 2 Alat dan Bahan (*Software*)

| NO | Kebutuhan Software |
|----|--------------------|
| 1. | Blynk              |
| 2. | Arduino IDE        |

### 3.4 Perancangan

Pada tahap ini meliputi perancangan yang telah meliputi dari hasil literatur review dan perencanaan yang akan di terapkan dalam proses perancangan ini meliputi dari perancangan mekanis, perancangan *Hardware* dan perancangan *Software* yang akan diintegrasikan dengan *Internet of Things*.

#### 3.4.1 Diagram Alir



Gambar 3. 2 Diagram Alir

Penjelasan Diagram Alir pada gambar 3.2 sebagai berikut :

1. Bahan baku berupa kotoran sapi dicampur dengan air dengan perbandingan 1:1 diaduk dengan rata lalu dimasukkan kedalam tabung fermentasi (*biodigester*).
2. Tabung *biodigester* menfermentasi kotoran sapi yang menghasilkan 2 *Outlet* berupa *Slurry* dan gas metana.
3. *Slurry* merupakan hasil bahan baku yang telah difermentasi, *slurry* dapat keluar dengan 2 cara yaitu dengan dorongan gas yang terjadi didalam tabung fermentasi dan dengan menambahkan bahan baku baru.
4. Sensor tekanan 1, berfungsi untuk memonitoring tekanan gas yang ada didalam pipa yang tersambung langsung dengan tabung *biodigester* sehingga tekanan gas yang terjadi dapat termonitoring dengan baik dengan menggunakan sensor tekanan MPX5700AP.
5. Selenoid valve, berfungsi sebagai keran yang dapat membuka dan menutup ketika sensor tekanan membaca dan mengirim sinyal ke ESP32 bahwa tekanan sudah mencapai *max level* didalam tabung *biodigester* yang nantinya dapat memerintahkan *selenoid valve* untuk membuka dan mengalirkan gas ke proses purifikasi gas.
6. Permukiman/purifikasi gas metana sangat penting untuk dilakukan supaya gas metana terhindar dari gas pengotor lainnya yang dapat berpengaruh ke nyala api.
7. Relay, berfungsi untuk penghubung antara mikrokontroller dan *selenoid valve* yang dimana dapat memutuskan dan mengalirkan daya listrik menuju ke *selenoid valve*, dan dapat bekerja dengan baik sesuai dengan sistem yang telah dibuat.
8. Sensor MQ-4 merupakan sensor gas metana yang berfungsi untuk memonitoring aliran gas dari hasil purifikasi sehingga sehingga dapat dihitung berapa PPM gas metana yang dihasilkan.
9. Sensor MQ-135 merupakan sensor gas yang berfungsi untuk membaca gas pengotor yang melewati dari proses purifikasi sehingga gas pengotor selalu

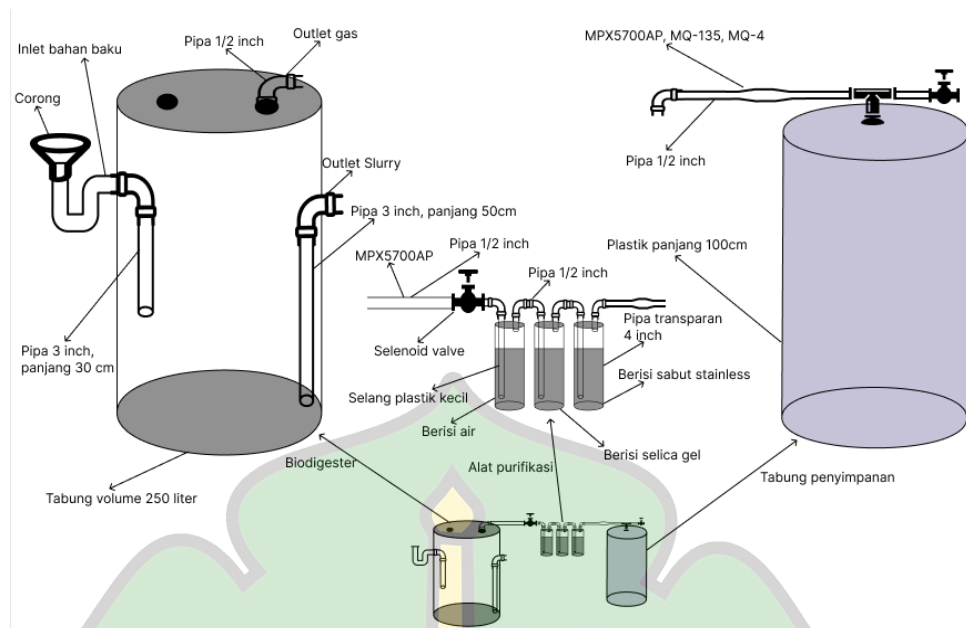
terkontrol, dengan itu jika gas pengotor terlalu tinggi maka akan dikirimkan pesan untuk mengganti bahan baku dari purifikasi biogas.

10. Sensor tekanan 2 berupa MPX5700AP berfungsi untuk memonitoring tekanan dalam pipa yang terhubung langsung kedalam tabung penyimpanan, jika tekanan tinggi maka tutup *solenoid valve* sehingga tekanan akan tersimpan didalam tabung biodigester, ini sangat diperlukan untuk mencegah gas yang berada didalam tabung penyimpanan dapat berlebih.
11. Tabung penyimpanan gas metana, berfungsi untuk menyimpan gas yang telah terfermentasi dan melewati proses pemurnian/purifikasi.
12. Blynk, berfungsi untuk alat monitoring yang berupa perangkat lunak yang tersedia secara gratis ini menjadi alat penghubung antara perangkat keras IoT untuk dapat memonitoring sensor-sensor dengan aplikasi berupa Blynk.
13. Server akan menerima data analog dari hardware dibagi pervariable untuk ditampilkan dashboard Blynk.
14. Mikrokontroller berupa ESP32 Devkit V1 berfungsi sebagai otak perangkat keras dan memerintahkan semua alat sesuai dengan logika pemrograman yang diharapkan.

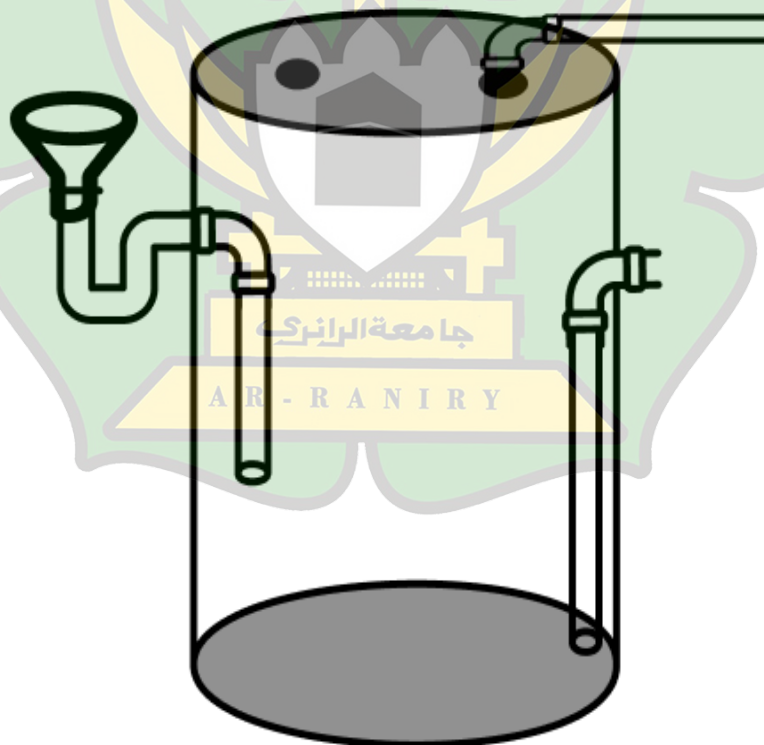
#### 3.4.2 Perancangan Mekanis

Sistem mekanis yang dirancang dengan baik maka akan mempengaruhi terhadap produksi biogas, oleh karena itu peneliti memilih untuk menggunakan bahan yang hampir seluruhnya menggunakan bahan plastik, bahan yang terbuat dari plastik dipilih karena dapat menhadapi berbagai gas pengotor yang ada di biogas seperti CO<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>S dan beberapa gas lainnya yang jumlahnya sangat kecil yang tidak ramah jika terkena dengan logam maupun besi.

Pada tahap perancangan mekanis biogas memiliki 3 tahap berupa tabung *bio-digester*, *wetscrubber* dan tabung penampungan biogas seperti yang terlihat pada gambar 3.3.

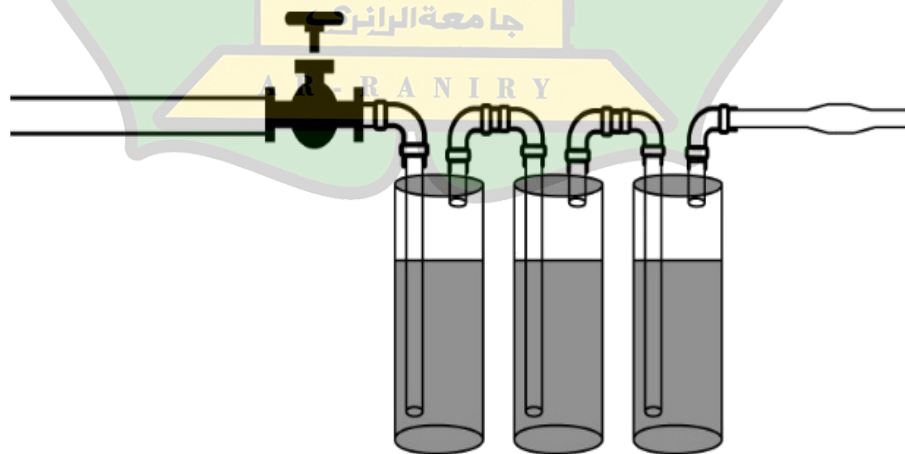


Gambar 3. 3 Desain Mekanis Biogas



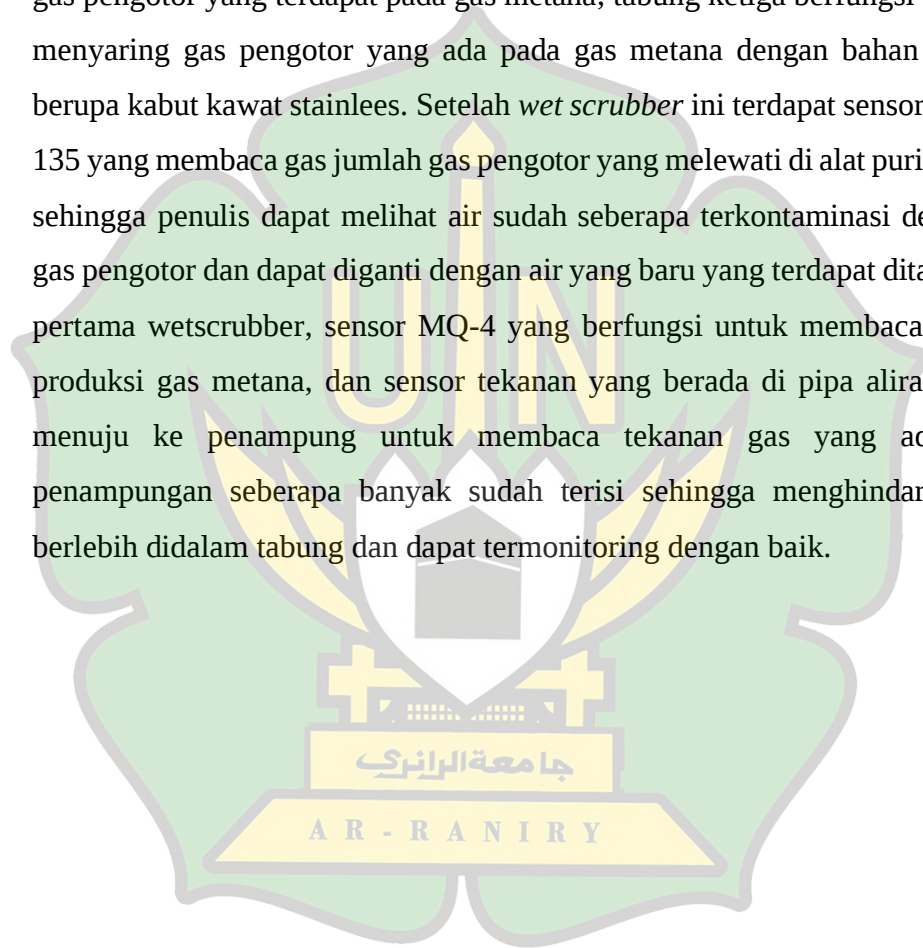
Gambar 3. 4 Desain tabung biodigester

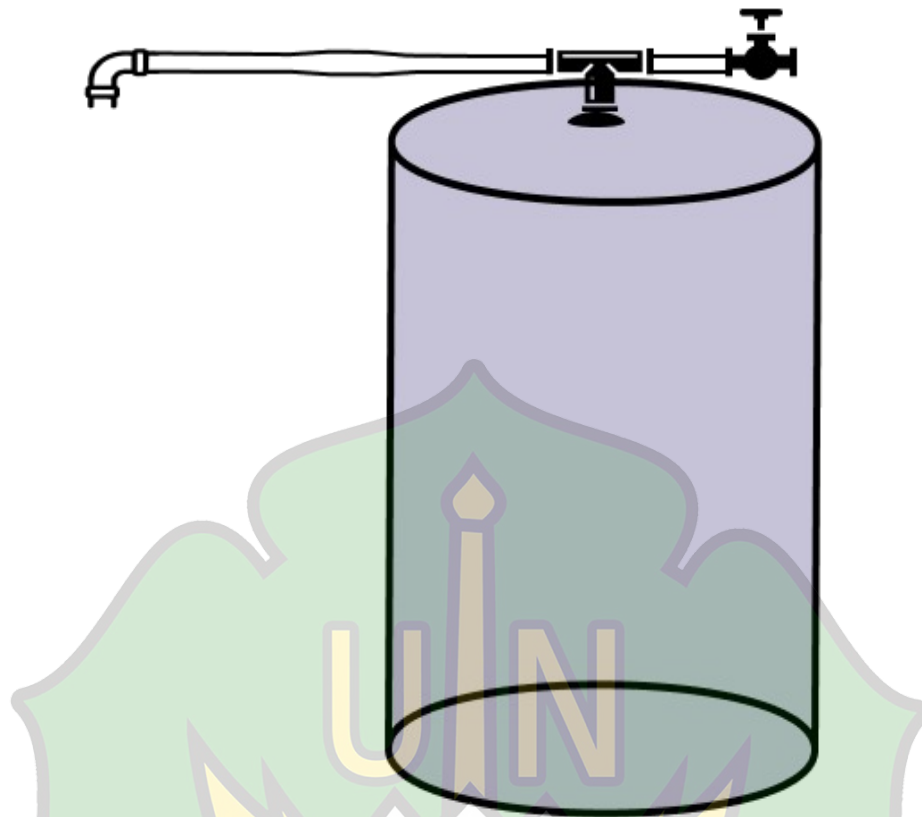
Tabung *biodigester* yang terlihat pada gambar 3.4 berupa tabung yang bertipe kontinyu, yang berfungsi untuk menampung bahan baku berupa kotoran sapi yang difermentasi dengan proses anaerob, pipa yang terlihat di sebelah kiri berfungsi sebagai *inlet* yang nantinya dimasukkan bahan baku berupa kotoran sapi, dan pipa sebelah kanan yang terlihat agak sedikit rendah dibanding dengan pipa sebelah kiri *outlet* ini berfungsi untuk mengeluarkan *slurry* hasil proses fermentasi didalam tabung dengan dorongan gas yang terjadi didalam tabung sedangkan pipa diatas merupakan untuk aliran gas yang akan menuju kedalam *wet scrubber* untuk memulai purifikasi/pemurnian gas dari gas yang berbahaya, dipipa aliran gas tabung *biodigester* terdapat sensor tekanan yang mengukur tekanan didalam pipa dan terdapat *solenoid valve*, sensor tekanan berfungsi untuk membaca tekanan dalam pipa dan nantinya akan dikirim ke *solenoid valve* untuk membuka aliran kearah *wet scrubber* atau alat purifikasi gas dengan membuat logika seperti ini maka alat purifikasi akan bekerja lebih baik ini semua nanti terhubung kedalam mikrokontroler berupa ESP 32 Devkit V1. Untuk menghindari kegagalan sistem dan desain mekanis diatas tabung *biodigester* terdapat satu *safety valve* untuk menghindari ledakan tabung jika ada kegagalan desain mekanis/sistem.



Gambar 3. 5 *Wet Scrubber*

Gambar 3.5 merupakan alat purikasi gas yaitu *wet scrubber* yang nantinya gas akan melewati 3 tahap didalam tabung *wet scrubber* yang terdapat ditabung pertama yaitu air yang dimana air dapat melarutkan gas yang berbahaya seperti  $H_2S$ ,  $CO_2$  dan beberapa gas lainnya yang jumlahnya sangat kecil ditabung yang kedua ada silica gel yang nantinya berfungsi untuk mengeringkan gas dan silica gel juga dapat menyaring kandungan gas pengotor yang terdapat pada gas metana, tabung ketiga berfungsi untuk menyaring gas pengotor yang ada pada gas metana dengan bahan baku berupa kawat stainless. Setelah *wet scrubber* ini terdapat sensor MQ-135 yang membaca gas jumlah gas pengotor yang melewati di alat purifikasi sehingga penulis dapat melihat air sudah seberapa terkontaminasi dengan gas pengotor dan dapat diganti dengan air yang baru yang terdapat ditabung pertama *wet scrubber*, sensor MQ-4 yang berfungsi untuk membaca hasil produksi gas metana, dan sensor tekanan yang berada di pipa aliran gas menuju ke penampung untuk membaca tekanan gas yang ada di penampungan seberapa banyak sudah terisi sehingga menghindari gas berlebih didalam tabung dan dapat termonitoring dengan baik.



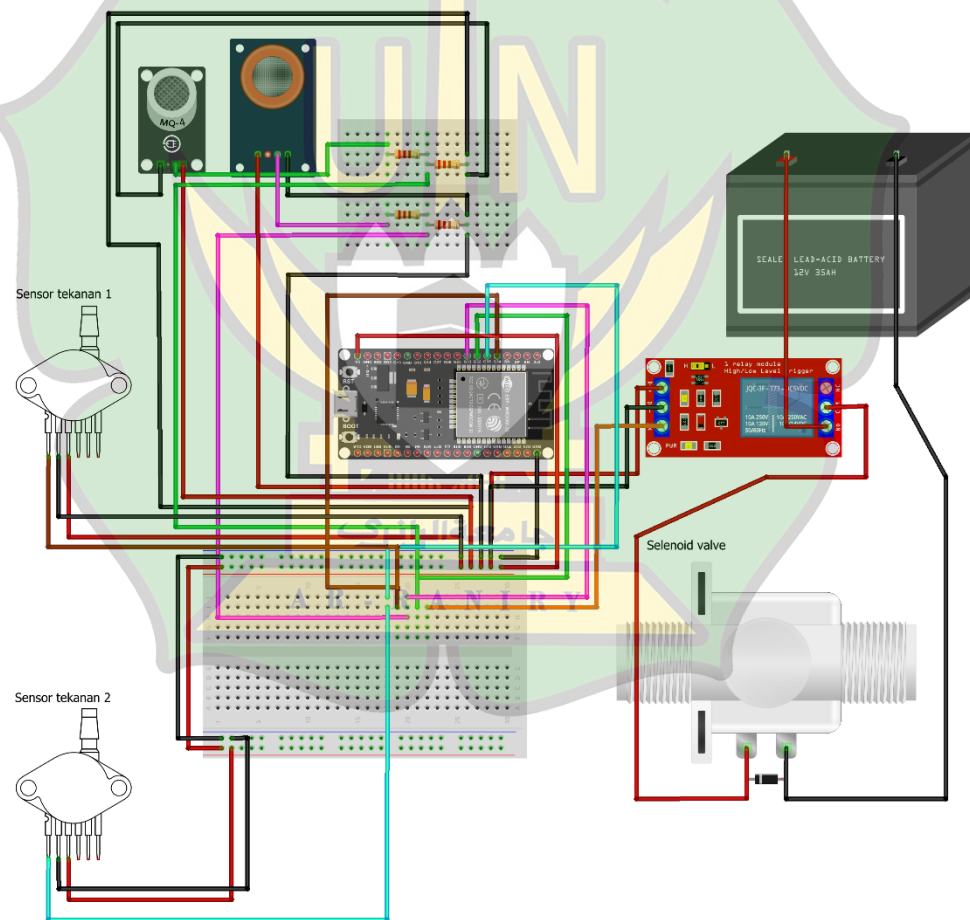


Gambar 3. 6 Tabung Penyimpanan

Gambar 3.6 merupakan tabung penyimpanan gas metana yang nantinya akan masuk setelah proses purifikasi atau pemurnian biogas oleh *wet scrubber* lalu gas akan menuju melalui pipa inlet yang terletak di atas sebelah kiri dan gas akan tersimpan didalam tabung penyimpanan tersebut, dipipa inlet gas nantinya ada sensor MPX5700AP yang terhubung dengan mikrokontroller ESP32 Devkit V1 yang nantinya akan membaca tekanan dalam pipa yang terhubung dengan tabung penyimpanan, ini dapat mencegah gas yang terdapat dalam tabung tidak berlebih sehingga dengan proses sensor MPX5700AP akan mengirim sinyal ke mikrokontroller dan memerintahkan *solenoid valve* yang ada dipipa tabung biodigester untuk tidak mengalirkan gas lagi atau menutup *solenoid valve*.

### 3.4.3 Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

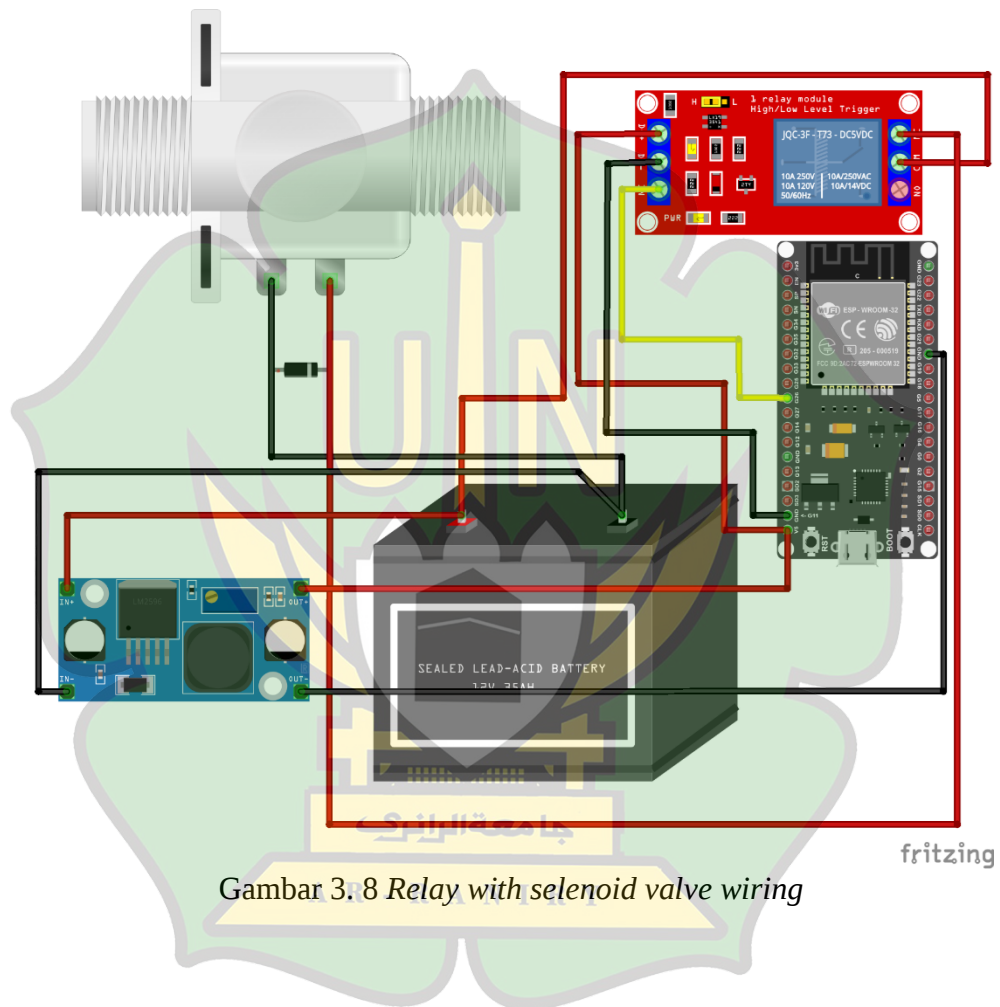
Pada tahap berikut ini penulis akan melakukan penghubungan antara semua sensor dengan kabel jumper untuk mensimulasi sebelum diimplementasi/*Schematic wiring* antara komponen-komponen *hardware*, alat yang digunakan didalam penelitian ini berupa MQ-4, ESP32 Devkit V1, MQ-135, Selenoid Valve, MPX5700AP, Relay, yang dimana semua komponen ini akan dihubungkan dengan satu dan lainnya dengan kabel jumper serta disetiap sensor serta MQ disini dibuat pembagi tegangan supaya mencegah masuk arus berlebih masuk ke pin GPIO, seperti yang terlihat pada gambar 3.7.



fritzing

Gambar 3. 7 *Schematic wiring*

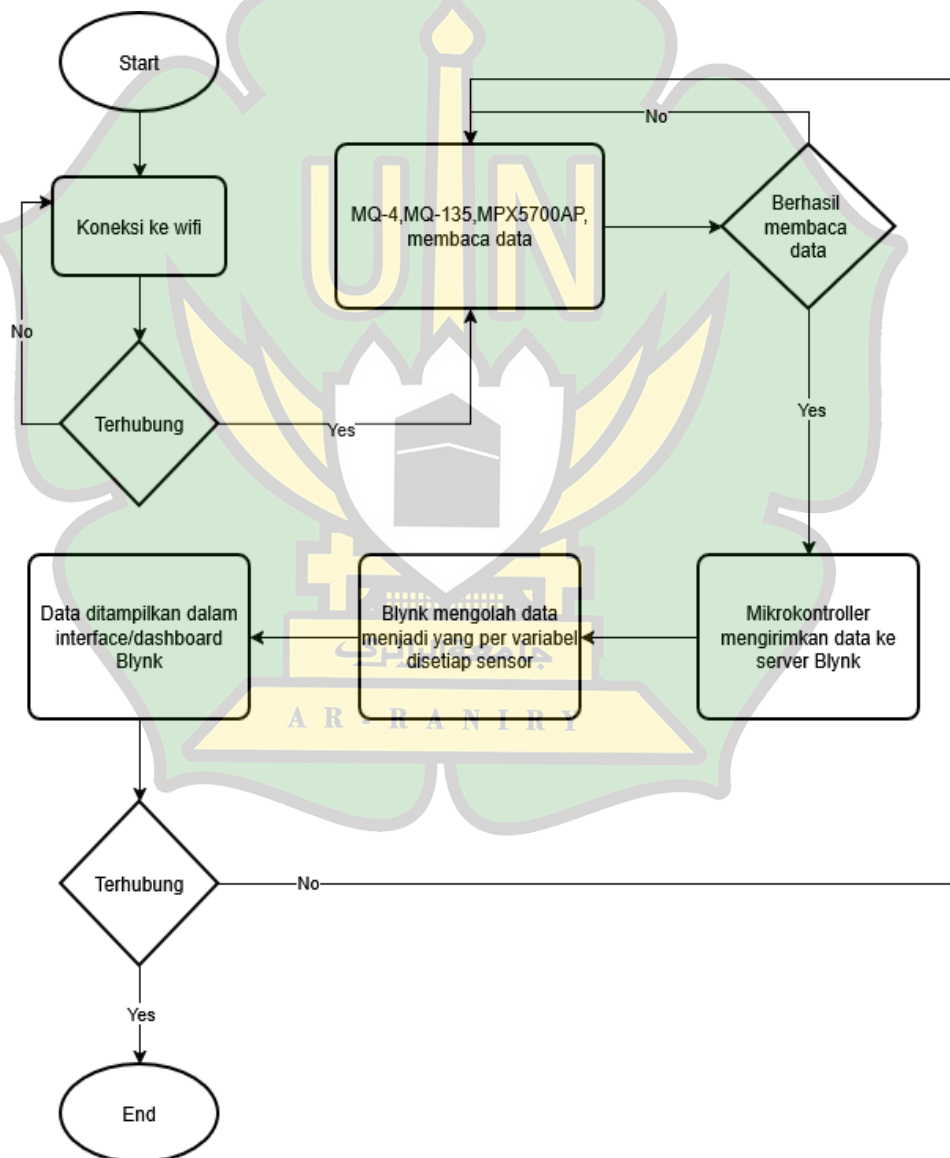
*Solenoid valve* digunakan untuk menjadi keran untuk membuka dan menutup aliran gas sesuai dengan data-data yang telah dibaca dari sensor tekanan MPX5700AP supaya gas yang dialirkan dapat termonitoring dengan baik dan benar, skema wiringnya seperti yang terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8 Relay with solenoid valve wiring

### 3.4.4 Perancangan *Software* atau Perangkat Lunak

Proses perancangan perangkat lunak atau *software*, untuk pengkodean penulis menggunakan *software* arduino IDE untuk membuat program yang akan diupload dimikrokontroller ESP32 dan dikoneksikan dengan aplikasi Blynk sehingga *system* dapat berjalan sesuai kode yang telah dirancang. Setelah seluruh rangkaian yang telah diprogram maka hasilnya akan ditampilkan di aplikasi Blynk sesuai data yang dibaca oleh sensor, diagram alirnya bisa dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3. 9 Diagram alir perangkat lunak

### 3.5 Pengkodean(Coding)

Ditahap ini penulis akan melakukan pengkodean dengan logika yang telah penulis tetapkan dan sesuai dengan perancangan yang susah dibuat, untuk sekaligus mengauthentikasi dengan aplikasi blynk.

#### 3.5.1 Spesifikasi sistem

Sebelum masuk ke pembahasan berikutnya, penulis mau menentukan spesifikasi sistem yang akan dibangun terlebih dahulu, hal ini sangat penting untuk penulis jelaskan yang bertujuan sebagai *base* untuk mempermudah dalam membangun sistem sehingga sistem dapat berjalan sesuai dengan yang ditargetkan. Dengan ini spesifikasi sistem yang akan dibangun dan diimplementasikan sebagai berikut:

1. Sistem mampu membaca tekanan gas metana yang dihasilkan dari biodigester menggunakan sensor MPX5700AP.
2. Sistem mampu mengarahkan *solenoid valve* jika tekanan dalam pipa sudah maximun, untuk membuka aliran gas sehingga gas dari pemipaan biodigester dapat teralirkan ke proses purifikasi gas, jika tekanan sudah mencapai 10 kPa dan tertutup jika tekanan dibawah 10 kPa.
3. Sistem mampu membaca konsentrasi gas metana yang sudah melewati purifikasi sehingga gas metana dapat termonitoring dengan baik menggunakan sensor MQ-4
4. Sistem mampu membaca kemurnian gas metana yang sudah melewati purifikasi sehingga dapat terlihat tingkat kejenuhan bahan baku purifikasi oleh gas pengotor, sehingga bahan baku dapat diperbarui secara berkala menggunakan sensor MQ-135.
5. Sistem mampu membaca tekanan gas dipemipaan yang menuju penyimpanan sehingga gas dapat terkontrol dengan baik, jikalau tekanan gas sudah mencapai tekanan maksimum maka solenoid valve tidak akan membuka aliran gas lagi menuju purifikasi dan tabung penyimpanan.

### 3.6 Teknik Pengumpulan Data

Setelah tahap perancangan maka dilakukan, tahapan berikutnya adalah pengumpulan data, data yang dikumpulkan merupakan data yang terbaca di setiap sensor yang telah dirancang, adapun indikator pengumpulan data yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Tekanan pada tabung biodigester, pengumpulan data tekanan hasil dari tabung biodigester merupakan, tekanan gas metana yang terbentuk dengan proses fermentasi anaerob didalam tabung biodigester yang akan diukur dengan satuan pengukuran kilopascal(kPa). Pengumpulan data diambil dari sensor tekanan MPX5700AP.
2. Kadar gas pengotor, pengumpulan data dari konsentrasi gas pengotor yang telah melewati proses pemurnian dari *wetscrubber*, data pengukuran diambil dari sensor MQ-135.
3. Kadar gas metana, pengumpulan data dari konsentrasi gas metana yang telah melewati hasil pemurnian dari *wetscrubber*, data pengukuran diambil dari sensor MQ-4.
4. Tekanan pada tabung penyimpanan, pengumpulan data dari tabung penyimpanan dengan satuan kilo pascal(kPa) dengan sensor tekanan MPX5700AP.

### 3.7 Pengujian Alat

Pengujian pada sistem dilakukan untuk mengetahui sistem yang telah direalisasikan ini apakah dapat sesuai dengan yang direncanakan seperti yang telah penulis tulis dispesifikasi sistem, serta dengan pengujian ini penulis bisa mengetahui seberapa besar kesalahan hasil pembacaan perangkat keras yang telah dirancang, pengujian sistem ini dilakukan dengan metode *Black box testing* untuk bisa menentukan keberhasilan perancangan alat yang telah ditentukan seperti yang terlihat pada tabel 3.3.

Tabel 3. 3 Pengujian Alat

| No. | Rangkaian yang di uji                       | Skenario Pengujian    | Hasil Yang Diharapkan | Status Hasil           |
|-----|---------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| 1.  | Rangkaian Sensor Tekanan Tabung Biodigester | Tekanan $\geq$ 10 kPa | Solenoid terbuka      | Sesuai yang diharapkan |
|     |                                             | Tekanan $\leq$ 5 kPa  | Solenoid tertutup     | Sesuai yang diharapkan |
| 2.  | Rangkaian Sensor Tekanan Tabung Penyimpanan | Tekanan $\geq$ 30 kPa | Solenoid tertutup     | Sesuai yang diharapkan |
|     |                                             | Tekanan $\leq$ 30 kPa | Solenoid terbuka      | Sesuai yang diharapkan |

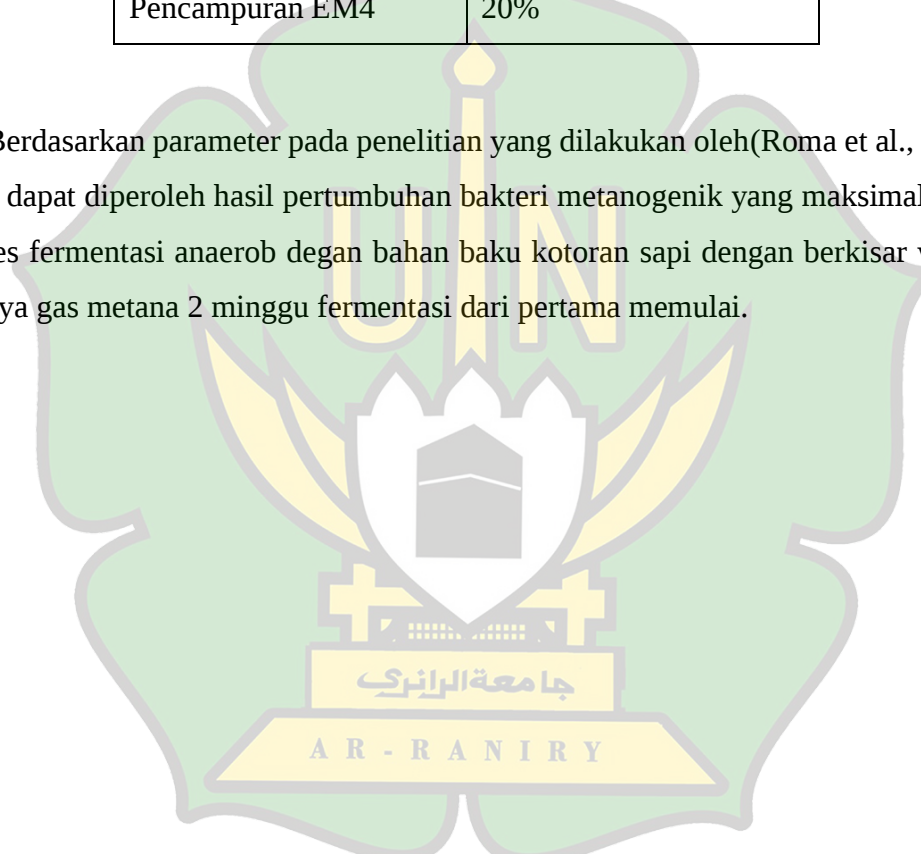
### 3.8 Parameter Pengujian Bahan Baku Berupa Kotoran Sapi

Parameter yang perlu diperhatikan untuk pertumbuhan bakteri metanogenik dengan pencampuran kotoran sapi dengan air berkisar 1:1, dengan memperhatikan suhu digester dan pencampuran bakteri starter seperti yang terlihat pada tabel 3.4.

Tabel 3. 4 Parameter Pengujian Bahan Baku

| Parameter       | Nilai       |
|-----------------|-------------|
| Suhu digester   | 20°C – 60°C |
| Pencampuran EM4 | 20%         |

Berdasarkan parameter pada penelitian yang dilakukan oleh (Roma et al., 2021) akan dapat diperoleh hasil pertumbuhan bakteri metanogenik yang maksimal pada proses fermentasi anaerob dengan bahan baku kotoran sapi dengan berkisar waktu adanya gas metana 2 minggu fermentasi dari pertama memulai.



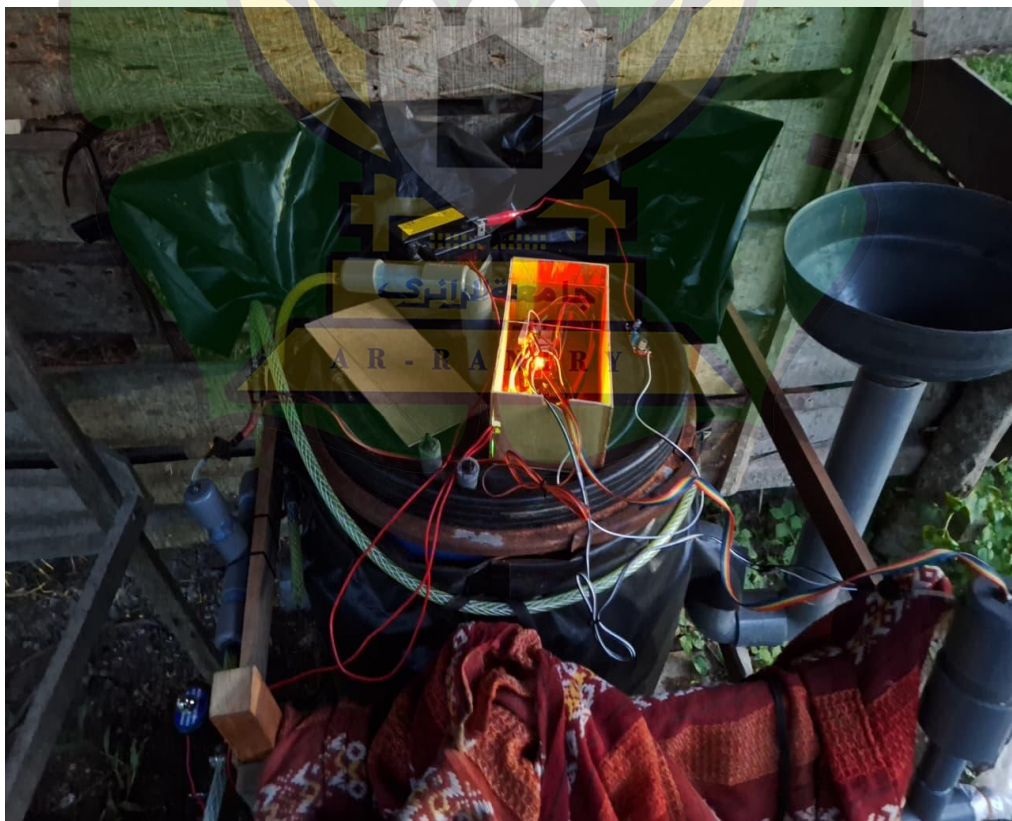
## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil penelitian

Setelah menyelesaikan analisis dan perancangan hardware dan perancangan mekanis pada bab sebelumnya, rancangan alat IoT untuk monitoring pada biogas telah selesai. Dengan itu maka diperlukan pengujian untuk dapat memahami cara kerja dari sistem yang telah dirancang serta cara kerja sistem, tujuan dari pengujian ini yaitu untuk dapat mengidentifikasi kelemahan dan keterbatasan fungsi dari rangkaian yang telah dirancang, dengan maksud kedepannya perangkat dapat bekerja secara maksimal.

#### 4.1.1 Hasil Rancang Bangun Perangkat Keras(Hardware)

Hasil akhir dari rancangan perangkat keras IoT untuk memonitoring biogas dari proses fermentasi anaerob ditabung *biodigester* serta hasil alat pemurnian biogas dengan sistem *wetscrubber* dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Hasil Rancang *Hardware*

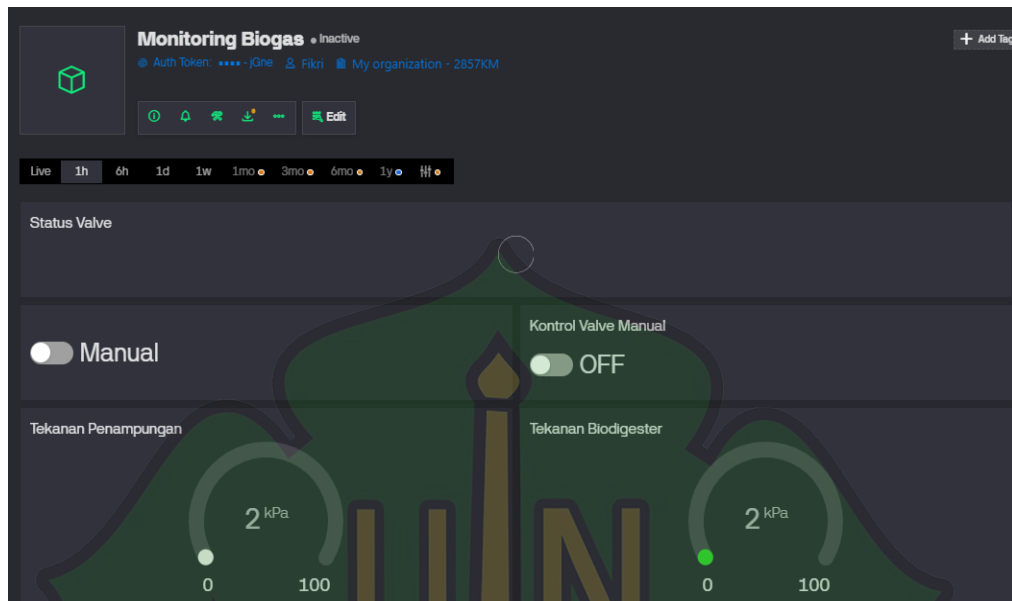
Rangkaian *Internet of Things* untuk pemantauan biogas terdapat beberapa bagian inti yaitu sebagai berikut :

1. Bagian pertama, merupakan bagian pemrosesan data yang terbaca dari semua sensor yang telah dirancang untuk membaca semua data yang telah ditentukan berupa sensor MPX5700AP, MQ-4, MQ-135, MPX5700AP, yang nantinya semua sensor tersebut akan membaca data dan mengirimnya ke database Blynk dan dapat ditampilkan serta dipantau didashboard Blynk.
2. Bagian kedua yaitu bagian eksekusi, sensor MPX5700AP akan membaca tekanan pada tabung biodigester untuk dapat mengeksekusi selenoid valve, if  $\geq 10\text{kPa}$  aliran gas akan dibuka oleh selenoid valve menuju ketahap pemurnian dan if  $\leq 5\text{kPa}$  selenoid akan tertutup lagi. Sebelum aliran gas dibuka maka sistem akan mengecek dulu tekanan pada tabung penampung yang datanya diambil oleh sensor MPX5700AP if  $\leq 30\text{kPa}$  selenoid boleh dibuka  $\geq 30\text{kPa}$  selenoid akan tetap tertutup sampai tekanan pada tabung penampung menurun dibawah 30kPa.
3. Bagian yang ketiga, berupa alat untuk menyuplai listrik untuk dapat menghidupkan seluruh rangkaian yang telah dibuat pada rangkaian monitoring biogas terdiri dari *expansion shield*, stepdown 5V dan 1 baterai 12V 35AH, dari 3 alat tersebut berfungsi yang pertama *expansion shield* untuk menghidupkan seluruh rangkaian dengan menurunkan voltase baterai ke 5V melalui stepdown,serta baterai juga digunakan untuk menyuplai listrik ke *selenoid valve*.

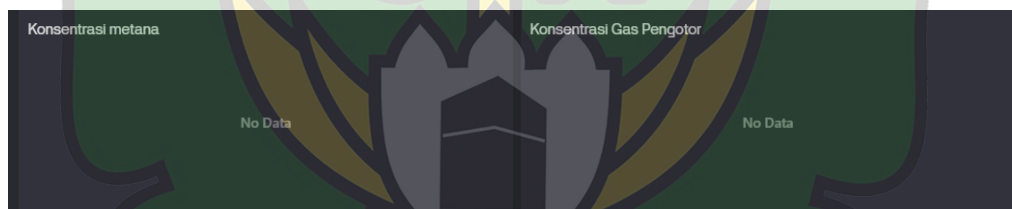
#### 4.1.2 Hasil Rancang Bangun Perangkat Lunak(Software)

Pada perancangan alat monitoring biogas terdapat dua perancangan *software* berupa perancangan *software* untuk pemrograman yang mana ini bertujuan untuk dapat menjalankan dan mengendalikan seluruh rangkaian *hardware* dan kemudian dapat mengirimkan data yang terbaca oleh sensor dikirimkan kedalam database *Blynk* sehingga dapat ditampilkan di dashboard *Blynk* sehingga data tersebut bisa dimonitoring dengan baik.

Hasil rancangan software pada dashboard Blynk dan tampilan yang akan ditampilkan pada dashboard *website Blynk* seperti pada Gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4. 2 Dashboard Blynk



Gambar 4. 3 Dashboard Blynk

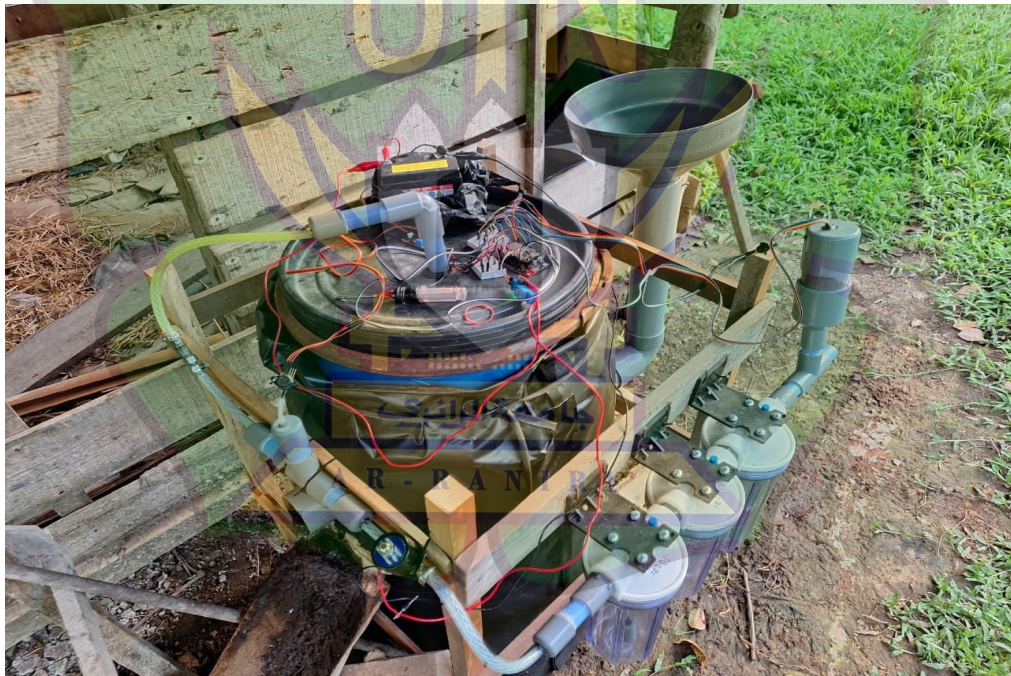
Pada dashboard Blynk seperti yang terlihat pada gambar diatas terdapat 4 parameter pengukuran yang ditampilkan dalam bentuk grafik yang masing-masing parameter memiliki range tertentu, sensor tekanan biodigester 0 – 100 kPa, sensor tekanan tabung penampungan 0 – 100 kPa, untuk pengukuran ppm gas metana yang 0 – 10.000 ppm, pengukuran gas pengotor dengan range dari 0 – 10.000 ppm.

Data yang ditampilkan merupakan data yang diperoleh merupakan data yang dikirim dari mikrokontroller ESP32, yang dimana data tersebut diperoleh dari setiap sensor yang telah dirancang, data akan dikirimkan melalui API yang telah autentikasi dengan melakukan codingan dan diupload ke ESP32 sehingga

*hardware* dan *server Blynk* dapat berkomunikasi dengan baik dan benar, sehingga data dapat ditampilkan pada *dashboard Blynk*.

#### 4.1.3 Hasil Rancang Bangun *Biodigester* dan *Wetscrubber*

Pada perancangan *biodogester* merupakan langkah mekanis yang dilakukan untuk menciptakan alat fermentasi kotoran sapi untuk dapat menghasilkan gas metana yang dapat digunakan untuk mengesampingkan gas fosil seperti gas *Liquefeid Petroleum Gas (LPG)* yang sering digunakan masyarakat sekarang untuk kebutuhan memasak dan berbagai keperluan lainnya, langkah selanjutnya merupakan perancangan *wetscrubber* tujuannya yaitu untuk memurnikan gas metana dari gas pengotor seperti  $\text{CO}_2$  dan gas lainnya yang jumlahnya sangat kecil. Hasil perancangan mekanis yang diterapkan dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4 Hasil Rancang *Biodigester* dan *Wetscrubber*

## 4.2 Pengujian *Hardware* dan Mekanis Menggunakan Metode *Black Box Testing*

*Black box testing* merupakan metode pengujian yang penulis gunakan yang berfokus pengujian pada sisi fungsional, yang diutamakan pada input output pada rangkaian yang telah dirancang untuk menentukan apakah rangkaian tersebut sesuai dengan yang diharapkan.

### 4.2.1 Pengujian Sensor Tekanan MPX5700AP Dibioidigester

Pengujian sensor tekanan dilakukan untuk melihat respon sensor apakah sudah sesuai yang diinginkan, pada saat sensor aktif maka sensor akan membaca tekanan dikarenakan sensor MPX5700AP dapat membacakan tekanan *atmosfer* maka tekanan *atmosfer* sudah penulis *smoothing* penulis setting dalam bentuk *pressure\_offset* untuk tekanan *offset* diset dengan karakteristik pembacaan sensor untuk digester 69.0kPa dan penampungan 81.0kPa. Dengan penulis set data *atmosfer* ke *offset* maka sensor tekanan dapat membaca penuh tekanan tabung dan tidak terganggu dengan data tekanan *atmosfer*. Untuk dalam kondisi normal maka tekanan selenoid tidak ada perubahan tekanan belum cukup untuk mengeksekusi perintah.

Langkah pengujian sensor tekanan penulis menempatkan langsung sensor tekanan dipemipaan tabung *biodigester* dengan memantau tekanan per dua hari adapun data yang diperoleh dapat dilihat pada tabel 4.1.

### 4.2.2 Pengujian Sensor Gas Metana MQ-4

Pengujian yang dilakukan pada sensor gas metan MQ-4 merupakan untuk untuk membacakan kadar gas metana yang telah diproduksi dan kadar gas metana yang telah melewati hasil purifikasi, sehingga dengan adanya sensor gas metana pemantauan terhadap produksi gas dapat terpantau dengan dengan baik melalui *dashboard Blynk*, jadi fungsi sensor gas metana tidak ada yang dieksekusi dia hanya berfokus pada pemantauan hasil gas yang telah di produksi, dengan ini penulis dapat memantau nilai gas metana yang dapat terbaca oleh sensor MQ-4.

Skenario pengujian langsung yang penulis lakukan dengan memantau hasil produksi gas metana yang terjadi dan telah melewati pemurnian gas dengan menempatkan sensor MQ-4 langsung di pemipaan, dengan itu hasil gas dapat terpantau dengan baik, berikut dibawah ini hasil gas metana yang telah diproduksi data ini diambil per dua hari seperti yang terlihat pada tabel 4.1.

#### 4.2.3 Pengujian Sensor Gas Pengotor MQ-135

Pengujian pada sensor MQ-135 yaitu berfokus pada pembacaan kadar gas metana dikarenakan dalam proses anaerobik itu bukan hanya gas metana yang terjadi namun juga ada gas pengotor lainnya yang jumlahnya besar seperti CO<sub>2</sub> dan gas pengotor lainnya yang jumlahnya sangat kecil, sehingga dengan itu penulis dapat mengetahui seberapa jenuh bahan baku untuk pemurnian dengan metode *wetscrubber* gas metana sehingga dapat diganti dengan yang baru. Tujuan sensor ini tidak ada eksekusi apapun yang dilakukan di hanya berfokus pada pemantauan kadar gas pengotor.

Langkah pengujian yang dilakukan dengan menempatkan langsung sensor gas pengotor pada pemipaan dengan itu kadar gas pengotor dapat terlacak dengan baik, data yang diambil adalah data per dua hari seperti yang terdapat pada tabel 4.1.

#### 4.2.4 Pengujian Sensor Tekanan MPX5700AP dipenampungan

Pengujian pada sensor MPX5700AP yaitu berfokus pada tekanan tabung penyimpanan gas metana sehingga dengan adanya sensor tekanan dapat dengan mudah untuk memantau penyimpanan gas sehingga menghindari gas *overload*. Sensor ini dapat mengeksekusi *solenoid valve* jikalau tekanan mencapai ambang batas tidak diizinkan untuk mengisi gas lagi kedalam tabung sehingga *pressure* turun dibawah ambang batas untuk sistem bisa membuka solenoid lagi sehingga gas dapat diisi lagi, tujuan sensor ini berfokus pada pemantauan tekanan dan eksekusi *solenoid valve*.

Langkah pengujian sensor tekanan penulis menempatkan langsung sensor tekanan pada pemipaan tabung penampungan dengan memantau tekanan per

dua hari sampai tabung penampungan terisi, adapun data yang terbaca pada pemipaan yang terhubung ke tabung penampungan seperti yang terdapat pada tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Konsentrasi data dari 4 parameter sensor, setelah melewati purifikasi dengan *wet scrubber*

| NO  | Jam     | Tekanan<br>Pipa<br>digester | Konsentrasi<br>Gas Metana | Konsentrasi<br>Gas Pengotor | Tekanan<br>Penampungan<br>gas |
|-----|---------|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 1.  | 5 : 24  | 5 kPa                       | 1,26 PPM                  | 276,46 PPM                  | 3 kPa                         |
| 2.  | 5 : 30  | 5 kPa                       | 0,61 PPM                  | 184,26 PPM                  | 3 kPa                         |
| 3.  | 5 : 40  | 5 kPa                       | 5,2 PPM                   | 110,51 PPM                  | 3 kPa                         |
| 4.  | 5 : 50  | 5 kPa                       | 7,4 PPM                   | 126,54 PPM                  | 3 kPa                         |
| 5.  | 6 : 00  | 5 kPa                       | 5,16 PPM                  | 163,99 PPM                  | 4 kPa                         |
| 6.  | 6 : 10  | 5 kPa                       | 5,65 PPM                  | 120,81 PPM                  | 4 kPa                         |
| 7.  | 6 : 20  | 5 kPa                       | 5,27 PPM                  | 144,47 PPM                  | 4 kPa                         |
| 8.  | 6 : 30  | 5 kPa                       | 4,18 PPM                  | 136,65 PPM                  | 4 kPa                         |
| 9.  | 6 : 40  | 8 kPa                       | 4,2 PPM                   | 130,44 PPM                  | 4 kPa                         |
| 10. | 6 : 50  | 5 kPa                       | 0,37 PPM                  | 126,13 PPM                  | 4 kPa                         |
| 11. | 10 : 45 | 10 kPa                      | 6,08 PPM                  | 685,66 PPM                  | 3 kPa                         |
| 12. | 10 : 50 | 8 kPa                       | 5,65 PPM                  | 596,98 PPM                  | 4 kPa                         |
| 13. | 11 : 00 | 10 kPa                      | 7,31 PPM                  | 313,46 PPM                  | 3 kPa                         |
| 14. | 11 : 10 | 9 kPa                       | 1,82 PPM                  | 230,34 PPM                  | 3 kPa                         |
| 15. | 11 : 20 | 10 kPa                      | 1,5 PPM                   | 232,29 PPM                  | 3 kPa                         |
| 16. | 11 : 30 | 10 kPa                      | 1,06 PPM                  | 202,81 PPM                  | 3 kPa                         |
| 17. | 11 : 40 | 10 kPa                      | 1,72 PPM                  | 203,51 PPM                  | 3 kPa                         |

|     |         |        |          |            |       |
|-----|---------|--------|----------|------------|-------|
| 18. | 11 : 50 | 9 kPa  | 2,03 PPM | 223,41 PPM | 3 kPa |
| 19. | 12 : 00 | 13 kPa | 1,42 PPM | 212,43 PPM | 3 kPa |
| 20. | 12 : 10 | 10 kPa | 1,20 PPM | 214,54 PPM | 3 kPa |
| 21. | 12 : 20 | 8 kPa  | 1 PPM    | 205,42 PPM | 3 kPa |
| 22. | 12 : 30 | 13 kPa | 1,21 PPM | 168,52 PPM | 3 kPa |
| 23. | 12 : 40 | 13 kPa | 1,39 PPM | 171,5 PPM  | 3 kPa |
| 24. | 12 : 50 | 13 kPa | 1,51 PPM | 149,54 PPM | 3 kPa |
| 25. | 13 : 00 | 13 kPa | 1,52 PPM | 174,89 PPM | 3 kPa |
| 26. | 13 : 10 | 6 kPa  | 1,51PPM  | 176,49 PPM | 3 kPa |
| 27. | 13 : 20 | 8 kPa  | 3,47 PPM | 175,41 PPM | 3 kPa |
| 28. | 13 : 30 | 10 kPa | 2,45 PPM | 178,63 PPM | 3 kPa |
| 29. | 13 : 40 | 10 kPa | 3,57 PPM | 177,29 PPM | 3 kPa |
| 30. | 13 : 50 | 10 kPa | 2,23 PPM | 191,19 PPM | 3 kPa |

Data yang terdapat pada tabel 4.1 merupakan data yang berhasil diambil dari 4 parameter sensor berupa MPX5700AP, MQ-4, MQ135, MPX5700AP dengan menempatkan langsung sensor pada tempatnya sesuai skema rancangan yang sudah penulis uraikan dibab 3 pada perancangan mekanis, dengan ini data yang diambil merupakan hasil dari setiap rata-rata pembacaan sensor setiap 10 menit sekali, maka dengan data tersebut penulis dapat memantau produksi gas metana setiap harinya, dengan konsentrasi gas metana, konsentrasi gas pengotor dan tekanan digester serta tekanan penampungan.

#### 4.2.5 Pembacaan nilai konsentrasi gas metana dengan tidak melewati tahap purifikasi.

Tahap ini penulis melakukan uji coba data gas metana dan gas pengotor yang tidak melewati purifikasi, tahap diperlukan untuk menemukan hasil pembacaan gas metana dan gas pengotor yang tidak melewati purifikasi, sehingga dengan itu dapat dibandingkan dengan data gas yang sudah melewati tahap purifikasi ini juga bertujuan untuk dapat menentukan apakah wet scrubber yang sudah dirancang dan diimplementasikan dapat bekerja dengan semestinya, data pembacaan konsentrasi gas metana dan gas pengotor seperti yang terlihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 2 Data konsentrasi gas tanpa purifikasi

| NO  | Konsentrasi gas metana( $\text{CH}_4$ ) | Konsentrasi gas pengotor( $\text{CO}_2$ ),( $\text{H}_2\text{S}$ ). |
|-----|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1.  | 3,56 PPM                                | 843,76 PPM                                                          |
| 2.  | 4,39 PPM                                | 832,45 PPM                                                          |
| 4.  | 6,78 PPM                                | 1234,45 PPM                                                         |
| 5.  | 5,74 PPM                                | 905,32 PPM                                                          |
| 6.  | 4,27 PPM                                | 1147,13 PPM                                                         |
| 7.  | 6,31 PPM                                | 891,72 PPM                                                          |
| 8.  | 7,95 PPM                                | 841,81 PPM                                                          |
| 9.  | 8,53 PPM                                | 792,84 PPM                                                          |
| 10. | 4,83 PPM                                | 943,21 PPM                                                          |
| 11. | 5,91 PPM                                | 1042,52 PPM                                                         |
| 12. | 6,54 PPM                                | 1234,61 PPM                                                         |
| 13. | 8,23 PPM                                | 1125,31 PPM                                                         |
| 14. | 7,12 PPM                                | 1013,91 PPM                                                         |
| 15. | 9,51 PPM                                | 1324,82 PPM                                                         |
| 16. | 6,45 PPM                                | 989,23 PPM                                                          |
| 17. | 8,51 PPM                                | 985,41 PPM                                                          |

|     |          |             |
|-----|----------|-------------|
| 18. | 7,21 PPM | 872,59 PPM  |
| 19. | 5,67 PPM | 890,10 PPM  |
| 20. | 4,91 PPM | 802,89 PPM  |
| 21. | 3,21 PPM | 892,12 PPM  |
| 22. | 5,01 PPM | 902,31 PPM  |
| 23. | 4,81 PPM | 959,61 PPM  |
| 24. | 5,71 PPM | 941,93 PPM  |
| 25. | 7,32 PPM | 981,73 PPM  |
| 26. | 6,91 PPM | 1002,49 PPM |
| 27. | 8,50 PPM | 989,78 PPM  |
| 28. | 6,52 PPM | 1042,89 PPM |
| 29. | 5,12 PPM | 982,75 PPM  |
| 30. | 5,9 PPM  | 974,61 PPM  |

Berdasarkan data yang terbaca terlihat pada tabel 4.2 maka dengan itu hasil gas yang belum dan sesudah melewati purifikasi dengan wetscrubber sangat mudah untuk dibandingkan sehingga pengaruh wetscrubber dapat terlihat dengan jelas, oleh karena itu pengurangan data gas pengotor yang sesudah melewati hasil purifikasi dapat berkurang sesuai dengan yang terlihat pada tabel, hasil perancangan *wetscrubber* yang berfungsi untuk pemurnian biogas berhasil berfungsi dengan perbandingan data yang terlampir pada tabel 4.1 dan 4.2.

#### 4.2.6 Pengujian Rancangan Berupa *Biodigester* dan *Wetscrubber*

Pengujian *biodigester* dan *wetscrubber* merupakan pengujian yang berfokus pada alat fermentasi dan pemurnian biogas agar bisa mendapatkan gas metana yang lebih maksimal, untuk *biodigester* yang penulis rancang berupa *biodigester* bertipe kontinyu alias dapat langsung bekerja otomatis dengan adanya dua pipa *inlet* dan *outlet* dan lebih aman untuk digunakan. Sedangkan untuk *wetscrubber* berfokus pada pemurnian biogas dengan melewati gas dari dalam air, *silica gel* dan *steel wool* sehingga dengan adanya *wetscrubber*

gas metana lebih murni didapatkan dikarenakan ketiga bahan tersebut dapat mengurangi kadar gas pengotor yang ada dalam gas metana dan mengurangi gas metana membawa kelembapan kedalam tabung penampung gas, gambar tampak *biodigester* dan *wetscrubber* bisa dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 3 Pengujian *Biodigester* dan *Wetscrubber*

| Komponen yang di uji | Skenario                 | Hasil yan diharapkan                                                  | Status hasil           |
|----------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|
| <i>Biodigester</i>   | Kotoran sapi ditambahkan | Kotoran sapi yang sudah terfermentasi dalam <i>biodigester</i> keluar | Sesuai yang diharapkan |
| <i>Wetscrubber</i>   | Aliran gas terbuka       | Gas mampu melewati air, <i>silica gel</i> dan <i>steel wool</i>       | Sesuai yang diharapkan |

Pengujian yang terdapat pada tabel 4.3 yaitu pengujian dari hasil nyata dari tempat fermentasi *biodigester* tipe kontinyu yang sangat aman untuk digunakan jikalau ada kegagalan sistem sehingga gas tidak dapat terbuka maka aliran dari outlet akan keluar akibat tekanan dalam tabung, dengan itu dapat menciptakan ruang tambahan didalam *digester*. *Digester* tipe kontinyu juga dapat mempermudah waktu pengisian ulang kotoran sapi baru dengan menambahkan yang baru maka kotoran sapi yang sudah lama atau sudah habis terfermentasi akan keluar dengan sendirinya lewat pipa *outlet digester*.

Seperti yang terlihat pada tabel 4.3 yaitu aliran dari *digester* keplastik penampungan serta diberikan beban maka gas dapat melewati *scrubber* dengan semestinya sensor MQ-4, MQ-135 dapat membaca konsentrasi gas yang dihasilkan.

### 4.3 Konektifitas WiFi Pada Perangkat *Monitoring Biogas*

Agar perangkat *Internet of Things* (IoT) dapat mengirimkan data ke Blynk maka diperlukan internet yang terhubung ke mikrokontroler ESP32. Upaya ini diperlukan agar data yang terbaca sama seluruh sensor dapat dikirimkan oleh mikrokontroler dan dapat dikirimkan ke server Blynk sehingga data dapat ditampilkan di dashboard. Dengan ini, data monitoring biogas dapat dengan mudah dikontrol oleh pengguna. Untuk dapat menghubungkan mikrokontroler ke internet, penulis melakukan pengkodean seperti yang terdapat pada gambar 4.5.

```
#define WIFI_SSID "."  
#define WIFI_PASSWORD "12345678"
```

Gambar 4. 5 Koneksi Mikrokontroler ke Jaringan WiFi

### 4.4 Pengiriman Data Ke Perangkat Lunak (Software)

Pengiriman data dilakukan dengan data yang terbaca oleh setiap sensor pada perangkat sistem pemantauan biogas. Kemudian data ini dihubungkan dari mikrokontroler ke API Blynk dengan menggunakan kode dari *Templates* dan *Blynk Token* yang secara otomatis akan dihubungkan antara perangkat ESP32 dan database Blynk, sehingga dapat ditampilkan pada dashboard Blynk seperti yang terdapat pada gambar 4.6.

```
#define BLYNK_PRINT Serial  
  
// Blynk  
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6uj4R2mYV"  
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Monitoring Biogas"  
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "Iq8hMChcwrDa5vZwDsdLgYts3vC1jGne"  
  
#include <math.h>  
#include <WiFi.h>  
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
```

Gambar 4. 6 Autentikasi Blynk Dengan Mikrokontroler

Pada proses dilakukan terlebih dahulu untuk mempersiapkan koneksi Blynk dengan WiFi, yang bertujuan untuk dapat terhubung antara perangkat hardware dan software saling terhubung dan dapat mengirimkan data dan menerima data, dapat dilihat pada gambar 4.7.

```
Serial.begin(115200);  
pinMode(RELAY_VALVE, OUTPUT);  
digitalWrite(RELAY_VALVE, LOW);  
  
analogSetAttenuation(ADC_11db);  
  
Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
```

Gambar 4. 7 Koneksi *Blynk* dengan WiFi

Pada proses *looping* dilakukan proses pengambilan data dari setiap variabel yang sudah disiapkan lalu kemudian data akan dikirimkan dengan proses perulangan dengan memanggil fungsi *sendToBlynk* di fungsi perulangan dengan jeda waktu yang telah ditentukan yaitu untuk sensor tekanan 1 detik dan sensor MQ 2 detik, dengan ini proses akan terus berlangsung selama alat pemantauan biogas terhubung dengan listrik dan jaringan internet, kodingannya seperti yang terlihat pada gambar 4.8.

```
void sendToBlynk()  
{  
    Blynk.virtualWrite(V2, pressureBio);  
    Blynk.virtualWrite(V3, pressureTank);  
    Blynk.virtualWrite(V4, mq4_value);  
    Blynk.virtualWrite(V5, mq135_value);  
    Blynk.virtualWrite(V6, valveState);  
}
```

Gambar 4. 8 Variabel pengiriman data

```

projectTA.ino
264 }
265 else {
266     if (pressureBio >= 10) {
267         valveState = true;
268     }
269     else if (pressureBio <= 5) {
270         valveState = false;
271     }
272 }

```

Output Serial Monitor X

Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev Module' on 'COM3')

```

=====
Valve State      : ON
=====
Latency          : 269 ms
Packet Loss      : 0.00 %
RSSI             : -57 dBm
=====
===== DATA SENSOR =====
Pressure Bio     : 45.17 kPa
Pressure Tank    : 28.03 kPa
MQ4 ppm         : 1.58
MQ135 ppm        : 5369.63
Valve State      : ON
=====
Latency          : 269 ms
Packet Loss      : 0.00 %
RSSI             : -56 dBm
=====

```

Gambar 4. 9 Delay pengiriman data, packet loss dan RSSI

```

===== DATA SENSOR =====
Pressure Bio     : 42.66 kPa
Pressure Tank    : 28.41 kPa
MQ4 ppm         : 1.26
MQ135 ppm        : 6460.21
Valve State      : ON
=====
Latency          : 269 ms
Packet Loss      : 0.00 %
RSSI             : -58 dBm
=====

```

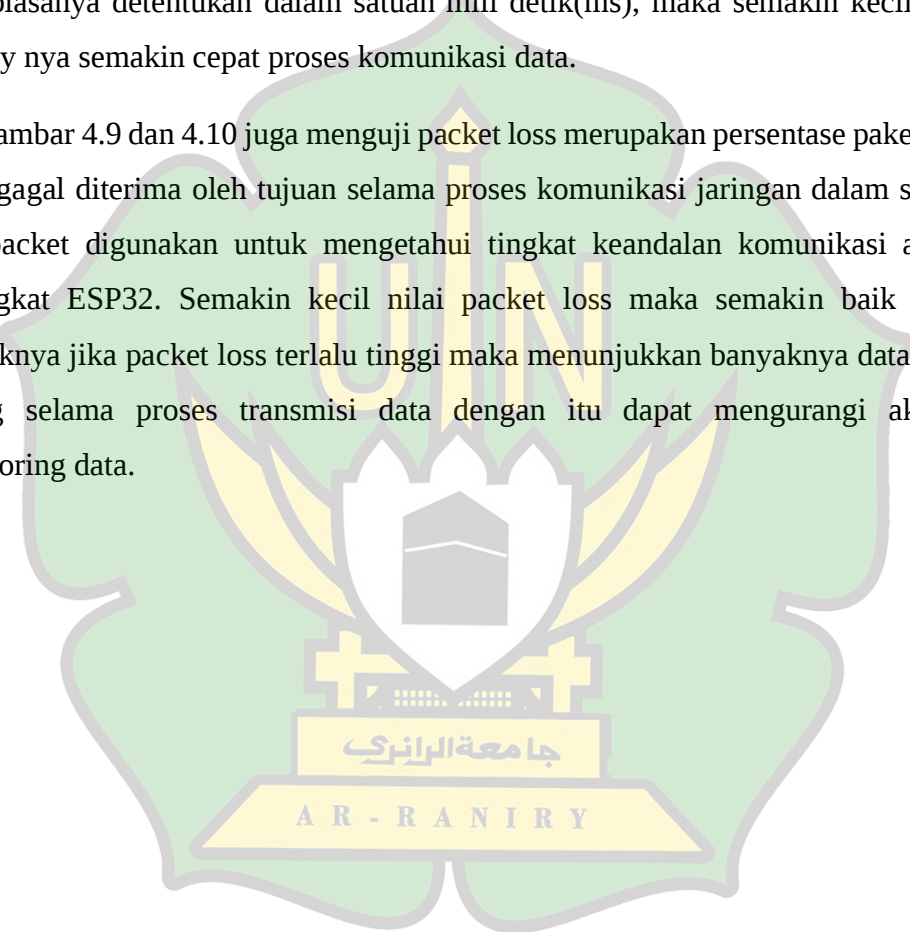
Gambar 4. 10 Delay pengiriman data, packet loss dan RSSI

Gambar 4.9 dan 4.10 untuk menguji *Received Signal Strength Indicator*(RSSI) merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kekuatan sinyal WiFi yang diterima oleh ESP32 dari access point. Nilai RSSI dinyatakan dalam satuan dBm (*decibel-milliwatt*). Sebagaimana hasil pengujian seperti yang terdapat pada gambar yaitu komunikasi ESP32 dengan server menunjukkan angka yang baik.

Parameter RSSI digunakan untuk mengevaluasi kualitas komunikasi antara ESP32 dan server Blynk pada sistem monitoring biodigester berbasis *Internet of Things* (IoT).

Gambar 4.9 dan 4.10 untuk menguji delay pengiriman data merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu data untuk dikirim dari perangkat sumber menuju tujuan melalui jaringan komunikasi dalam *Internet of Things*(IoT), nilai delay pengiriman data biasanya ditentukan dalam satuan mili detik(ms), maka semakin kecil nilai latency nya semakin cepat proses komunikasi data.

Gambar 4.9 dan 4.10 juga menguji packet loss merupakan persentase paket data yang gagal diterima oleh tujuan selama proses komunikasi jaringan dalam sistem IoT packet digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan komunikasi antara perangkat ESP32. Semakin kecil nilai packet loss maka semakin baik maka sebaliknya jika packet loss terlalu tinggi maka menunjukkan banyaknya data yang hilang selama proses transmisi data dengan itu dapat mengurangi akurasi monitoring data.



#### 4.5 Data Hasil Pemantauan

Data yang diperoleh merupakan data hasil pemantauan biogas yang dilakukan oleh perangkat IoT sistem pemantauan biogas yang ditampilkan pada *dashboard Blynk* dalam bentuk grafik, berikut dibawah ini merupakan grafik *realtime* yang ditampilkan pada *dashboard Blynk* seperti yang terlihat pada gambar 4.11 dan 4.12.



Gambar 4. 11 Data yang ditampilkan pada dashboard Blynk



Gambar 4. 12 Data yang ditampilkan pada dashboard Blynk

Gambar 4.11 dan 4.12 yaitu dashboard blynk yang sudah dibuat penulis dengan datastream setiap parameter sensor untuk dapat memantau kondisi digester dengan real-time dengan itu kondisi tekanan *digester*, konsentrasi CH<sub>4</sub>, gas pengotor dan tekanan penampung dapat terlihat pada dashboard seperti pada gambar diatas.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil dan pembahasan yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa:

Telah berhasil dilakukannya rancangan pada alat pemantauan hasil proses fermentasi biogas dan gas yang dihasilkan dari fermentasi anaerob menggunakan mikrokontroller ESP32 Devkit V1 sehingga dengan berhasilnya ini dapat dengan mudah melakukan pemantauan biogas. Telah berhasil dilakukannya perancangan dan diimplementasikan perangkat *Internet of Things*(IoT) yang bertujuan untuk dapat memantau hasil fermentasi dan produksi biogas.

Telah berhasil dirancang dan diimplementasikan alat fermentasi limbah organik(*Biodigester*) dengan bahan baku kotoran sapi yang bertujuan untuk dapat digunakan sebagai energi gas yang dapat dimanfaatkan.

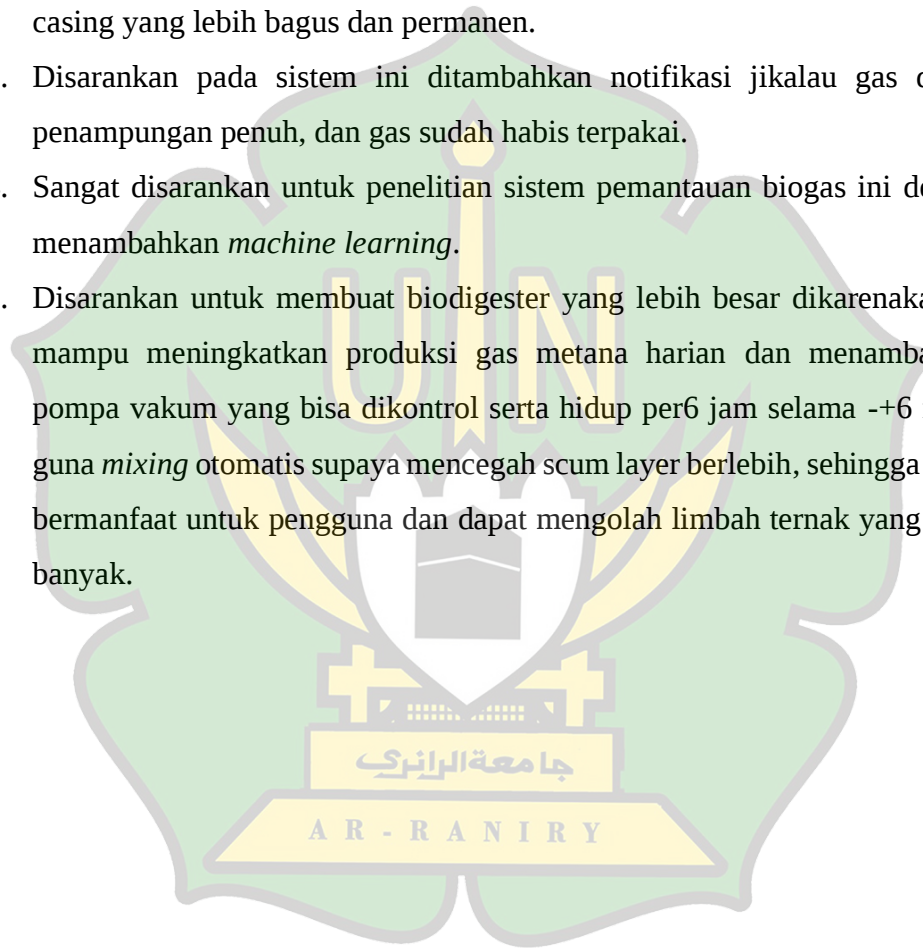
Telah berhasil dirancang dan diimplementasikan *wetscrubber* yaitu alat untuk pemurnian biogas, gas yang dialirkan sudah melewati 3 tahap pemurnian yang pertama yaitu dengan bahan baku air, *silical gel* dan *steel wool*, sehingga gas metana yang alirkan melalui *wetscrubber* dapat mengurangi membawa gas pengotor dan kelembapan kedalam tabung penampung.

Seluruh rangkaian sistem perangkat pemantauan biogas telah berjalan dengan baik dan juga rancangan *Hardware*, *Software* dan rancangan mekanis telah berjalan dengan baik dan sesuai yang di harapkan sebelumnya.

## 5.2 Saran

Untuk mengembangkan perangkat Internet of Things(IoT) sistem pemantauan biogas untuk penelitian selanjutnya, saran yang dapat dimasukkan antara lain :

1. Disarankan untuk melanjutkan penelitian ini dapat dikomunikasikan dengan sistem aplikasi mobile ataupun website sendiri *local* maupun *online*.
2. Disarankan untuk rangkaian *hardware* lenih baiknya di costum PCB dan casing yang lebih bagus dan permanen.
3. Disarankan pada sistem ini ditambahkan notifikasi jikalau gas dalam penampungan penuh, dan gas sudah habis terpakai.
4. Sangat disarankan untuk penelitian sistem pemantauan biogas ini dengan menambahkan *machine learning*.
5. Disarankan untuk membuat biodigester yang lebih besar dikarenakan ini mampu meningkatkan produksi gas metana harian dan menambahkan pompa vakum yang bisa dikontrol serta hidup per6 jam selama  $\pm 6$  menit guna *mixing* otomatis supaya mencegah scum layer berlebih, sehingga dapat bermanfaat untuk pengguna dan dapat mengolah limbah ternak yang lebih banyak.



## DAFTAR PUSTAKA

- A. A, N. H., Prajogo, S., & Kurniasetiawati, A. S. (2022). Perancangan Wet Scrubber Kapasitas 0,72 m<sup>3</sup>/jam pada Proses Pemurnian Biogas dari Kotoran Sapi. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 13(01), 850–858. <https://doi.org/10.35313/irwns.v13i01.4178>
- Dewi, E. P., Sumarsono, J., & Gusti Made Kompyang, I. (2024). Pengembangan Akuisisi Data Pada Sistem Pemantauan Biogas Berbasis IoT. *Jurnal Agrotek UMMAT*, 11(1), 1–15.
- Eka, W., Anggara, F., Yuana, H., & Puspitasari, W. D. (2023). RANCANG BANGUN ALAT MONITOR KETINGGIAN AIR BERBASIS INTERNET OF THINGS ( IoT ) MENGGUNAKAN ESP32 DAN FRAMEWORK BLYNK. 7(5), 3837–3845.
- Falcao, S. (2021). *Portable Biogas Purification System using NAOH Water Scrubber , Iron Wool and Silica Gel*. 9(3), 2020–2022.
- Indrasari, W., Suhendar, H., & Marpaung, M. A. (2024). KARAKTERISASI DAN PENGUJIAN SENSOR MQ-4 DAN MG-811 UNTUK PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING KONSENTRASI GAS METANA DAN. XII, 81–86.
- Nugraha, R. A., Arita, Y. H., Marendra, M. R. A., Nanda, A. A., & Apriaskar, E. (2024). Desain Sistem Pemantauan Tekanan Digester Biogas Berbasis Internet of Things Studi Kasus: Digester Biogas 10 m<sup>3</sup> di Desa Rejosari, Kabupaten Demak. *Jurnal Teknologi*, 6000(2), 1–11.
- Nugraha, R. A., Nanda, A. A., Apriaskar, E., Bramantyo, H. A., Larasati, P. D., & Utomo, B. S. (2025). Implementasi Internet of Things (IoT) untuk pemantauan tekanan digester biogas dalam mendukung reduksi emisi gas rumah kaca di Kabupaten Kendal. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Seri III*, 2(1), 1009–1018. <https://conference.ut.ac.id/index.php/saintek/article/download/5136/1976/12033>
- Putra, S. A., Adz-Dzikri, I. S., Permadi, G., & Qirom. (2024). SISTEM MONITORING DAN DATA LOGGER PRODUKSI GAS METANA PADA BIODIGESTER BERBASIS MIKROKONTROLER ESP32. 15(2), 144–151.
- Rakhmawati, P. U. (2024). *Analisis Komunikasi Platform Internet of Things Aplikasi Blynk*. 9(2502), 40–46.
- Roja, A., Jamaluddin, & Azhar. (2024). Rancang bangun sistem kendali proses produksi biogas. 8(1), 1–7.
- Roma, G., Samosir, A., Martgrita, M. M., Bioproses, T., Bioteknologi, F., Teknologi, I., & Sisingamangaraja, J. (2021). *Analisis Pendahuluan Pemanfaatan Konsorsium Bakteri Termofilik dari Kotoran Sapi Untuk*

*Produksi Biogas. 1(1), 2–6.*

- Saputra, O., Khalil, F. I., & Widhiantari, I. A. (2024). *Rancang Bangun Sistem Kontrol dan Monitoring Tekanan Gas Pada Biodigester Berbasis IoT : Analisis Waktu dan Stabilitas Koneksi ESP32 dan ESP32-S3 ( Lilygo T Display S3 ) Design and Development of a Control and Monitoring System for Gas. 10(4), 608–616.*
- Sari, A. P., Bella, S., Miarti, M., M, K. S., & Susilawati, H. (2026). *Pemanfaatan Limbah Sayur untuk Produksi Biogas Ramah Lingkungan sebagai Media Pembelajaran IPA Berbasis Lingkungan. 11, 1263–1269.*
- Shitophyta, L. M., Darmawan, M. H., & Rusfidiantoni, Y. (2022). *Produksi Biogas dari Kotoran Sapi dengan Biodigester Kontinyu dan Batch: Review. Journal of Chemical Process Engineering, 7(2), 85–90.*  
<https://doi.org/10.33536/jcpe.v7i2.903>
- Sya'bana, D. H., & Nurpulaela, L. (2025). *Volume 4 Issue 1 Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering. 7(1), 65–71.*
- Syukhron, I., Rahmadewi, R., & Ibrahim. (2021). *Penggunaan Aplikasi Blynk Untuk Monitoring dan Kontrol Jarak Jauh pada Sistem Kompos Pintar Berbasis IoT. 15(1), 1–11.*
- Taufiq, A. J., Hayat, L., Muchtasjar, B., Romandolo, D. G., Amarudin, R. B., Purwokerto, U. M., Purwokerto, U. M., Purwokerto, U. M., & Makalah, I. (2024). *SISTEM MONITORING POLUSI UDARA BERBASIS SENSOR MQ-135 UNTUK DETEKSI GAS CO 2 DAN CO : STUDI KASUS DI. 25(2), 131–138.*
- Vyshyvaniuk, K. (2025). *Three IoT Architecture Layers in IoT Systems & Their Security Threats. 25 Nov '2025. [https://kitrum-com.translate.goog/blog/three-layer-architecture-in-the-internet-of-things/?\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=id&\\_x\\_tr\\_hl=id&\\_x\\_tr\\_pto=tc](https://kitrum-com.translate.goog/blog/three-layer-architecture-in-the-internet-of-things/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc)*

## LAMPIRAN

### LAMPIRAN 1 : SOURCE CODE

```
1. #define BLYNK_PRINT Serial
2.
3. #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6uj4R2mYV"
4. #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Monitoring Biogas"
5. #define BLYNK_AUTH_TOKEN "Iq8hMChcwrDa5vZwDsdLgYts3vC1jGne"
6.
7. #include <math.h>
8. #include <WiFi.h>
9. #include <BlynkSimpleEsp32.h>
10.
11. // Wifi
12. #define WIFI_SSID "1.4Ghz"
13. #define WIFI_PASSWORD "1234567123"
14.
15. // PIN
16. #define MQ4_PIN 32
17. #define MQ135_PIN 33
18. #define PRESS_BIO_PIN 34
19. #define PRESS_TANK_PIN 35
20. #define RELAY_VALVE 26
21.
22. // Variable system
23. float pressureBio = 0;
24. float pressureTank = 0;
25.
26. // offset tekanan atmosfer
27. //const float PRESSURE_OFFSET = 61.0; // kPa
28. float OFFSET_BIO = 69.0;
29. float OFFSET_TANK = 81.0;
30.
31. float mq4_value = 0;
32. float mq135_value = 0;
33.
34. float R0_MQ4 = 11.5;
35. float R0_MQ135 = 31.2;
36.
37. #define RL_VALUE 10.0 // resistor load 10kΩ
38.
39. bool autoMode = true;
```

```

40.bool valveState = false;
41.
42.//Quality of service
43.unsigned long latencyMs = 0;
44.unsigned long totalPackets = 0;
45.unsigned long lostPackets = 0;
46.
47.float packetLoss = 0;
48.
49.// Timing
50.unsigned long lastPressureRead = 0;
51.unsigned long lastMQRead = 0;
52.unsigned long lastBlynkSend = 0;
53.
54.const int pressureInterval = 1000;
55.const int mqInterval = 2000;
56.const int blynkInterval = 2000;
57.
58.// Smoothing data
59.#define SAMPLE_SIZE 10
60.
61.float mq4_samples[SAMPLE_SIZE];
62.int mq4_index = 0;
63.float mq135_samples[SAMPLE_SIZE];
64.int mq135_index = 0;
65.
66.// control blynk
67.BLYNK_WRITE(V0) {
68.  autoMode = param.asInt();
69.}
70.
71.BLYNK_WRITE(V1) {
72.  if (!autoMode)
73.  {
74.    valveState = param.asInt();
75.    digitalWrite(RELAY_VALVE, valveState ? HIGH : LOW);
76.  }
77.}
78.
79.void setup() {
80.  Serial.begin(115200);
81.  pinMode(RELAY_VALVE, OUTPUT);
82.  digitalWrite(RELAY_VALVE, LOW);
83.
84.  analogSetAttenuation(ADC_11db);

```

```

85.
86. //Blynk.begin(BLYNK_AUTH_TOKEN, WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
87. WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
88. Blynk.config(BLYNK_AUTH_TOKEN);
89.
90. Blynk.syncVirtual(V0);
91. Blynk.syncVirtual(V1);
92.
93. Serial.println("MQ Sensor Preheating...");
94. delay(60000);
95.
96. // Pembacaan awal untuk filter rata-rata tidak mulai dari angka
    0 ppm
97. int init_mq4 = analogRead(MQ4_PIN);
98. int init_mq135 = analogRead(MQ135_PIN);
99. float first_mq4_ppm = calculateMQ4ppm(init_mq4);
100. float first_mq135_ppm = calculateMQ135ppm(init_mq135);
101.
102. for(int i=0;i<SAMPLE_SIZE;i++)
103. {
104.     mq4_samples[i] = first_mq4_ppm;
105.     mq135_samples[i] = first_mq135_ppm;
106. }
107.
108. //calibrateMQ();
109. }
110.
111. void loop() {
112.     if (WiFi.status() == WL_CONNECTED){
113.         Blynk.run();
114.     }
115.
116.     unsigned long now = millis();
117.
118.     if (now - lastPressureRead >= pressureInterval)
119.     {
120.         readPressureSensors();
121.         lastPressureRead = now;
122.     }
123.
124.     if (now - lastMQRead >= mqInterval)
125.     {
126.         readMQSensors();
127.         lastMQRead = now;
128.     }

```

```

129.
130.     if (autoMode)
131.     {
132.         controlValve();
133.     }
134.
135.     if (now - lastBlynkSend >= blynkInterval)
136.     {
137.         sendToBlynk();
138.         printAllData();
139.         lastBlynkSend = now;
140.     }
141. }
142.
143. // Kalibrasi sensor MQ
144. void calibrateMQ() {
145.
146.     Serial.println("Calibrating MQ sensors...");
147.
148.     float rs_mq4_sum = 0;
149.     float rs_mq135_sum = 0;
150.
151.     for (int i = 0; i < 50; i++) {
152.
153.         int adc_mq4 = analogRead(MQ4_PIN);
154.         int adc_mq135 = analogRead(MQ135_PIN);
155.
156.         rs_mq4_sum += calculateRS(adc_mq4);
157.         rs_mq135_sum += calculateRS(adc_mq135);
158.
159.         delay(200);
160.     }
161.
162.     float rs_mq4_avg = rs_mq4_sum / 50;
163.     float rs_mq135_avg = rs_mq135_sum / 50;
164.
165.     R0_MQ4 = rs_mq4_avg / 4.4;
166.     R0_MQ135 = rs_mq135_avg / 3.6;
167.
168.     Serial.println("Calibration Done");
169.
170. }
171.
172. float calculateRS(int adc) {
173.     float Vr1 = (adc / 4095.0) * 3.3;

```

```

174.     Vr1 = Vr1 * 2.0; //voltage divider
175.     if (Vr1 <= 0.01) Vr1 = 0.01;
176.     float Rs = ((5.0 - Vr1) / Vr1) * RL_VALUE;
177.     return Rs;
178. }
179.
180. float calculateMQ4ppm(int adc) {
181.     float Rs = calculateRS(adc);
182.     float ratio = Rs / R0_MQ4;
183.     float ppm = 1000 * pow(ratio, -2.95);
184.     return ppm;
185. }
186.
187. float calculateMQ135ppm(int adc) {
188.     float Rs = calculateRS(adc);
189.     float ratio = Rs / R0_MQ135;
190.     float ppm = 116.6020682 * pow(ratio, -2.769034857);
191.     return ppm;
192. }
193.
194. // Sensor tekanan
195. float readPressure(int pin) {
196.     int adc = analogRead(pin);
197.     float voltage = (adc / 4095.0) * 3.3;
198.     float pressure_raw = (voltage - 0.2) / 0.006429;
199.
200.     // if (pressure < 0) pressure = 0;
201.
202.     return pressure_raw;
203. }
204.
205. void readPressureSensors() {
206.     float rawBio = readPressure(PRESS_BIO_PIN);
207.     float rawTank = readPressure(PRESS_TANK_PIN);
208.
209.     // Untuk pisah hitungan nilai offset
210.     pressureBio = rawBio - OFFSET_BIO;
211.     pressureTank = rawTank - OFFSET_TANK;
212.
213.     // Minus proteksi
214.     if (pressureBio < 0) pressureBio = 0;
215.     if (pressureTank < 0) pressureTank = 0;
216. }
217.
218. float movingAverageMQ4(float newValue) {

```

```

219.     mq4_samples[mq4_index] = newValue;
220.
221.     mq4_index++;
222.     if (mq4_index >= SAMPLE_SIZE) {
223.         mq4_index = 0; // Reset 0
224.     }
225.
226.     float sum = 0;
227.     for (int i = 0; i < SAMPLE_SIZE; i++) {
228.         sum += mq4_samples[i];
229.     }
230.     return sum / SAMPLE_SIZE;
231. }
232.
233. float movingAverageMQ135(float newValue) {
234.     mq135_samples[mq135_index] = newValue;
235.
236.     mq135_index++;
237.     if (mq135_index >= SAMPLE_SIZE) {
238.         mq135_index = 0; // Reset 0
239.     }
240.
241.     float sum = 0;
242.     for (int i = 0; i < SAMPLE_SIZE; i++) {
243.         sum += mq135_samples[i];
244.     }
245.     return sum / SAMPLE_SIZE;
246. }
247.
248. void readMQSensors() {
249.     int mq4_adc = analogRead(MQ4_PIN);
250.     int mq135_adc = analogRead(MQ135_PIN);
251.
252.     float mq4_ppm = calculateMQ4ppm(mq4_adc);
253.     float mq135_ppm = calculateMQ135ppm(mq135_adc);
254.
255.     mq4_value = movingAverageMQ4(mq4_ppm);
256.     mq135_value = movingAverageMQ135(mq135_ppm);
257.
258. }
259.
260. void controlValve() {
261.
262.     if (pressureTank >= 30) {
263.         valveState = false;

```

```

264.     }
265.     else {
266.         if (pressureBio >= 10) {
267.             valveState = true;
268.         }
269.         else if (pressureBio <= 5) {
270.             valveState = false;
271.         }
272.     }
273.
274.     digitalWrite(RELAY_VALVE, valveState ? HIGH : LOW);
275.
276. }
277.
278. void sendToBlynk() {
279.     unsigned long startTime = millis();
280.
281.     totalPackets++;
282.
283.     if (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
284.         lostPackets++;
285.
286.         latencyMs = 0;
287.
288.         if (totalPackets > 0) {
289.             packetLoss =
290.                 ((float)lostPackets / totalPackets) * 100.0;
291.         }
292.
293.         return;
294.     }
295.
296.     Blynk.virtualWrite(V2, pressureBio);
297.     Blynk.virtualWrite(V3, pressureTank);
298.
299.     Blynk.virtualWrite(V4, mq4_value);
300.     Blynk.virtualWrite(V5, mq135_value);
301.
302.     Blynk.virtualWrite(V6, valveState);
303.
304.     latencyMs = millis() - startTime;
305.
306.     if (totalPackets > 0) {
307.         packetLoss = ((float) lostPackets/totalPackets) * 100.0;
308.     }

```

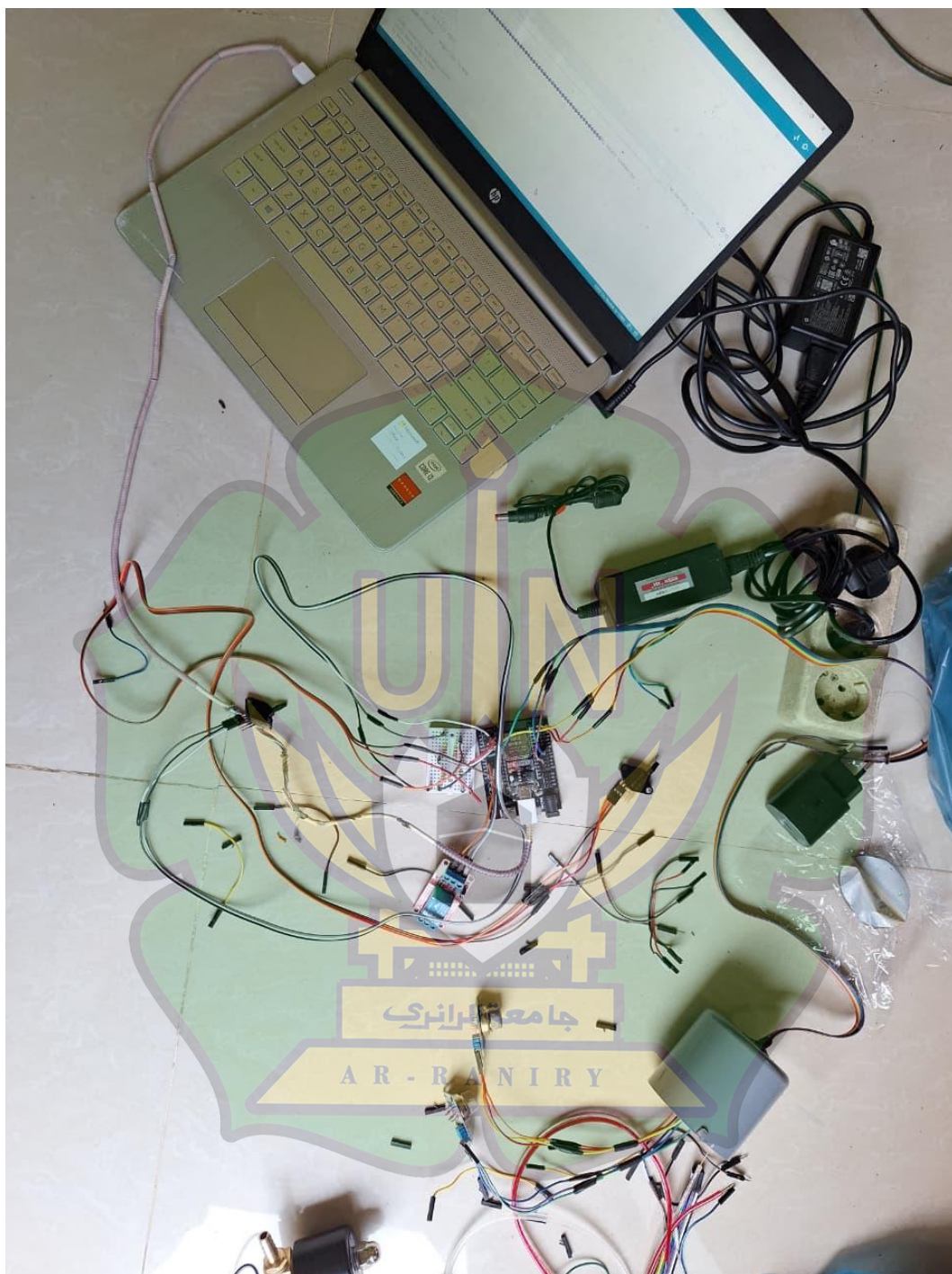
```

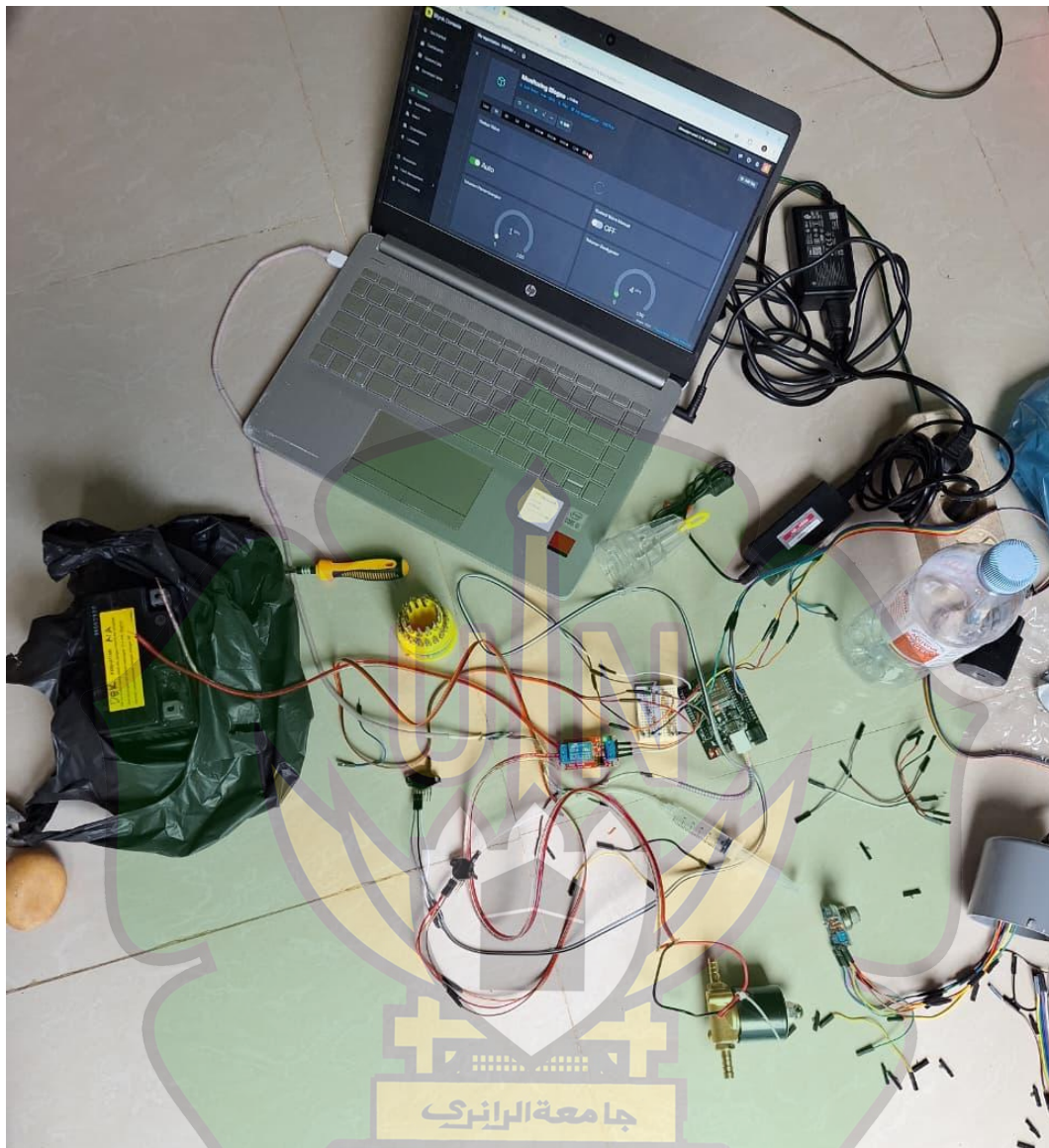
309. }
310.
311. void printAllData() {
312.     Serial.println("===== DATA SENSOR =====");
313.
314.     Serial.print("Pressure Bio   : ");
315.     Serial.print(pressureBio);
316.     Serial.println(" kPa");
317.
318.     Serial.print("Pressure Tank  : ");
319.     Serial.print(pressureTank);
320.     Serial.println(" kPa");
321.
322.     Serial.print("MQ4 ppm      : ");
323.     Serial.println(mq4_value);
324.
325.     Serial.print("MQ135 ppm     : ");
326.     Serial.println(mq135_value);
327.
328.     Serial.print("Valve State   : ");
329.     Serial.println(valveState ? "ON" : "OFF");
330.
331.     Serial.println("=====");
332.
333.     Serial.print("Latency       : ");
334.     Serial.print(latencyMs);
335.     Serial.println(" ms");
336.
337.     Serial.print("Packet Loss   : ");
338.     Serial.print(packetLoss);
339.     Serial.println(" %");
340.
341.     Serial.print("RSSI         : ");
342.     Serial.print(WiFi.RSSI());
343.     Serial.println(" dBm");
344.
345.     Serial.println("=====\\n");
346. }

```

## LAMPIRAN 2 : PERANCANGAN PERANGKAT KERAS

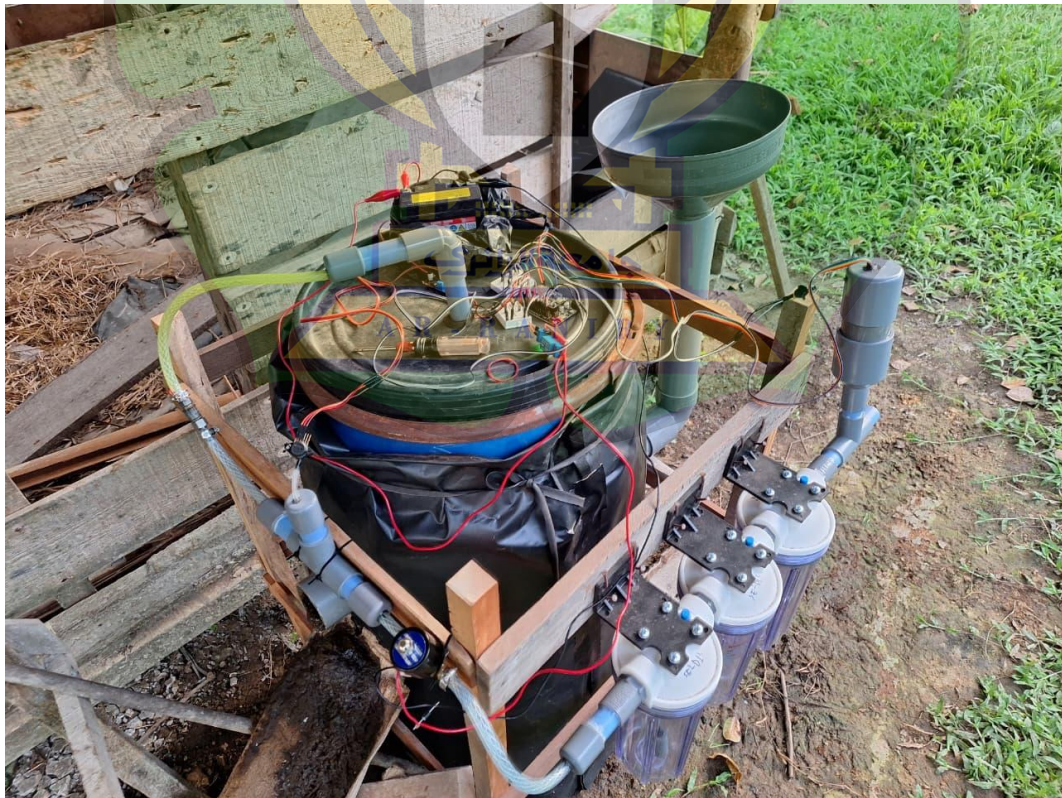






### LAMPIRAN 3 : IMPLEMENTASI PERANGKAT KERAS DILAPANGAN





**LAMPIRAN 4 : PERANCANGAN MEKANIS *BIODIGESTER* DAN *WETSCRUBBER***





**LAMPIRAN 5 : GAMBAR NYALA GAS METANA YANG DIHASILKAN**



