

**RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN BIODIGESTER PORTABEL
DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 DAN INTERNET
OF THINGS (IOT)**



LAPORAN TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Menyelesaikan
Studi Jenjang Program Diploma III

Oleh:

Nama : Gilang Permadi

NIM : 22010005

**PROGRAM STUDI DIII TEKNIK ELEKTRONIKA
POLITEKNIK HARAPAN BERSAMA TEGAL
2025**

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Gilang Permadi

NIM : 22010005

Adalah mahasiswa Program Studi DIII Teknik Elektronika Politeknik Harapan Bersama, dengan ini saya menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir yang berjudul:

**“RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN BIODIGESTER PORTABEL
DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 DAN INTERNET OF
THINGS (IOT)”**

Merupakan hasil pemikiran sendiri secara orisinal dan saya susun secara mandiri dengan tidak melanggar kode etik hak karya cipta. Pada Laporan Tugas Akhir ini juga bukan merupakan karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademik tertentu di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dicau dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari ternyata Laporan Tugas Akhir ini terbukti melanggar kode etik karya cipta atau merupakan karya yang dikategorikan mengandung unsur plagiarisme, maka saya bersedia untuk melakukan penelitian baru dan menyusun laporannya sebagai Laporan Tugas Akhir sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dan sesungguhnya.

Tegal, 29 Agustus 2025



Gilang Permadi

NIM 22010005

HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Politeknik Harapan Bersama, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Gilang Permadi
NIM : 22010005
Program Studi : DIII Teknik Elektronika
Jenis Karya : Tugas Akhir

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Harapan Bersama Tegal Hak Bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**“RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN BIODIGESTER PORTABEL
DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 DAN INTERNET OF
THINGS (IOT)”**

beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Politeknik Harapan Bersama Tegal berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Tegal

Pada Tanggal : 29 Agustus 2025

Yang menyatakan,



(Gilang Permadi)

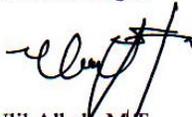
HALAMAN REKOMENDASI

Laporan Tugas Akhir (TA) yang berjudul “RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN BIODIGESTER PORTABEL DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 DAN INTERNET OF THINGS (IOT)” yang disusun oleh Gilang Permadi, NIM 22010005 telah mendapat persetujuan pembimbing dan siap dipertahankan di depan Tim Penguji Laporan Tugas Akhir (TA) Program Studi DIII Teknik Elektronika Politeknik Harapan Bersama Tegal

Tegal, 06 April 2025

Mengetahui,

Pembimbing I,



Ulil Albab, M.T

NIPY. 09.015.277

Pembimbing II,



Martselani Adias Sabara, M.Kom

NIPY. 03.014.270

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN BIODIGESTER PORTABEL
DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 DAN INTERNET OF
THINGS (IOT)

Nama : Gilang Permadi

NIM : 22010005

Program Studi : Teknik Elektronika

Jenjang : Diploma Tiga

Dinyatakan LULUS setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Laporan Tugas Akhir
Program Studi DIII Teknik Elektronika Politeknik Harapan Bersama Tegal

Tegal, 29 Agustus 2025

Tim Penguji:

No.	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Much Sobri Sungkar, M.Kom	
2. Penguji I	: Qirom S.Pd., M.T	
3. Penguji II	: Rony Darpono, M.T	

Mengetahui,

Ketua Program Studi DIII Teknik Elektronika
Politeknik Harapan Bersama


Rony Darpono, M.T

NIPY. 09.015.282

KATA PENGANTAR

Dengan mengucap syukur kepada Allah SWT, Tuhan Yang Maha Pengasih dan Penyayang, atas limpahan rahmat-Nya, penulis berhasil menyelesaikan Tugas Akhir yang dituangkan dalam Laporan Tugas Akhir berjudul “RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN BIODIGESTER PORTABEL DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 DAN INTERNET OF THINGS (IOT).”

Tugas Akhir ini merupakan kewajiban yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan pendidikan di Program Studi DIII Teknik Elektronika, Politeknik Harapan Bersama Tegal. Penulis juga ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. apt. Heru Nurcahyo, S.Farm., M.Sc selaku Direktur Politeknik Harapan Bersama Tegal.
2. Bapak Rony Darpono, M.T selaku Ketua Program Studi DIII Teknik Elektronika.
3. Bapak Ulil Albab, M.T selaku dosen pembimbing I yang telah tulus dan ikhlas meluangkan waktunya untuk membimbing dalam pembuatan laporan Tugas Akhir.
4. Bapak Martselani Adias Sabara, M.Kom selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberi arahan dan saran dalam penyelesaian laporan Tugas Akhir.
5. Bapak/Ibu Dosen Program Studi DIII Teknik Elektronika yang telah memberikan ilmu pengetahuan saat perkuliahan.
6. Orang tua tercinta yang selalu memberikan kasih sayang, doa, motivasi, dan dukungan tanpa henti kepada penulis.

Penulis sangat berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat.

Tegal, 06 April 2025

Gilang Permadi

ABSTRAK

Biogas merupakan salah satu energi terbarukan yang dihasilkan dari proses fermentasi limbah organik, seperti kulit nanas. Namun, penggunaan biodigester memiliki potensi risiko seperti tekanan gas berlebih dan kebocoran gas metana yang dapat membahayakan. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sistem keamanan otomatis pada biodigester portabel berbasis mikrokontroler ESP32 dan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini menggunakan sensor tekanan Wisner WPT-83G dan sensor gas MQ-4 untuk mendeteksi kondisi tekanan dan konsentrasi gas metana secara real-time. Data ditampilkan melalui LCD I2C dan aplikasi Blynk, serta notifikasi peringatan dikirim ke WhatsApp menggunakan API CallMeBot. Jika tekanan melebihi ambang batas, katup solenoid terbuka secara otomatis untuk menurunkan tekanan. Ketika terdeteksi kebocoran gas, buzzer diaktifkan sebagai alarm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa seluruh komponen sistem bekerja dengan baik, meskipun penggunaan ban dalam sebagai kantong biogas dinilai kurang sesuai untuk penyimpanan gas jangka panjang. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan keamanan dan efisiensi penggunaan biogas, serta mendukung pemanfaatan energi terbarukan secara aman dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Biogas, ESP32, IoT, WhatsApp

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iii
HALAMAN REKOMENDASI	iv
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II LANDASAN TEORI	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Dasar Teori	10
2.2.1 Internet of Things (IoT)	10
2.2.2 WhatsApp	12
2.2.3 Aplikasi Blynk	13
2.2.4 Digester	14
2.2.5 Sistem Monitoring	15
2.2.6 Mikrokontroler ESP32.....	16
2.2.7 Sensor Tekanan Wisner	18

2.2.8 Sensor MQ-4.....	20
2.2.9 LCD I2C 16x2	21
2.2.10 Adaptor 12V	23
2.2.11 Modul Step-Down DC to DC 5A XL 4015	24
2.2.12 Relay Module 3.3V dengan Optocoupler	24
2.2.13 Buzzer	26
2.2.14 Solenoid Valve.....	27
2.2.15 Fitting Pneumatic dan Selang Polyurethane (PU)	29
2.2.16 Kantong Biogas.....	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	32
3.1 Model Penelitian.....	32
3.2 Prosedur Penelitian.....	33
3.3 Teknik Pengumpulan Data	42
3.3.1 Studi Literatur	43
3.3.2 Observasi	44
3.3.3 Pengukuran	45
3.4 Instrumen Penelitian.....	46
3.4.1 Alat.....	46
3.4.2 Bahan	47
3.5 Tahap Perancangan Alat.....	48
BAB IV PEMBAHASAN.....	59
4.1 Perakitan dan Cara Kerja.....	59
4.2 Pengujian Sistem	62
4.2.1 Pengujian Sistem Pada Setiap Komponen	63
4.2.2 Pengujian Sistem Pada Program / Kodingan	65
4.3 Hasil Penelitian.....	75
4.3.1 Hasil Uji Coba Sensor Tekanan Wisner	75
4.3.2 Hasil Uji Coba 2 Sensor MQ-4.....	77
4.3.3 Hasil Uji Coba Tampilan Pembacaan LCD I2C	80
4.3.4 Hasil Uji Coba Tampilan Pembacaan Aplikasi Blynk.....	82

4.3.5 Menampilkan Hasil Notifikasi WhatsApp.....	84
4.3.6 Menampilkan Hasil pembacaan LCD i2C dan Blynk	87
4.4 Hasil Analisis Penelitian	91
4.4.1 Analisis Sistem Notifikasi WhatsApp	91
4.4.2 Analisis System Pembacaan LCD I2C dan Aplikasi Blynk	93
BAB V PENUTUP.....	95
5.1 Kesimpulan.....	95
5.2 Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	98
LAMPIRAN	100

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Internet of Things (IoT).....	11
Gambar 2. 2 WhatsApp.....	12
Gambar 2. 3 Aplikasi Blynk.....	13
Gambar 2. 4 Tabung Digester	14
Gambar 2. 5 Sistem Monitoring.....	15
Gambar 2. 6 Pinout dari ESP32	16
Gambar 2. 7 Sensor Tekanan Wisner.....	19
Gambar 2. 8 Sensor MQ-4	20
Gambar 2. 9 LCD I2C 16x2.....	22
Gambar 2. 10 Adaptor 12V	23
Gambar 2. 11 Modul Step-Down DC to DC 5A XL 4015	24
Gambar 2. 12 Relay Module 3,3V dangan Optocoupler.....	25
Gambar 2. 13 Buzzer.....	26
Gambar 2. 14 Solenoid Valve DC 12V.....	28
Gambar 2. 15 Fitting Pneumatic dan Selang Polyurethane (PU).....	29
Gambar 2. 16 Kantong Biogas	30
Gambar 3. 1 Flowchart Prosedur penelitian.....	33
Gambar 3. 2 Flowchart memprogram mikro dan IoT A	38
Gambar 3. 3 Flowchart memprogram mikro dan IoT lanjutan A	39
Gambar 3. 4 Tampak Atas Desain Visual	49
Gambar 3. 5 Tampak Samping Kiri Desain Visual	49
Gambar 3. 6 Tampak Samping Kanan Desain Visual.....	50
Gambar 3. 7 Tampak Depan Desain Visual.....	50
Gambar 3. 8 Tampak Belakang Desain Visual	51
Gambar 3. 9 Poin-Poin Tiap bagian Desain Visual	51
Gambar 3. 10 Wiring Diagram.....	54
Gambar 4. 1 Alat Biodigester Portabel	60
Gambar 4. 2 Box Rangkaian Komponen	60
Gambar 4. 3 Contoh hasil uji coba notifikasi tekanan.....	77
Gambar 4. 4 Contoh hasil uji coba notifikasi kebocoran	80
Gambar 4. 5 Tampilan Pembacaan Tekanan dan Gas pada LCD I2C	82
Gambar 4. 6 Tampilan Pembacaan Tekanan dan Gas pada Aplikasi Blynk.....	83
Gambar 4. 7 Notifikasi WhatsApp pada API Callmebot	87
Gambar 4. 8 Tampilan Pada Aplikasi Blynk dan LCD I2C.....	91

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Spesifikasi ESP32	17
Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor Tekanan	19
Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor MQ-4	21
Tabel 2. 4 Spesifikasi LCD I2C	22
Tabel 2. 5 Spesifikasi Relay Module 3,3V dengan Optocoupler	25
Tabel 2. 6 Spesifikasi Buzzer.....	27
Tabel 2. 7 Spesifikasi Solenoid Valve	28
Tabel 2. 8 Spesifikasi Fitting Pneumatic dan Selang Polyurethane (PU).....	30
Tabel 2. 9 Spesifikasi Kantong Biogas	31
Tabel 3. 1 Tabel Koneksi Wiring Diagram.....	56
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sistem Pada Setiap Komponen.....	63
Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sistem Pada Program.....	65
Tabel 4. 3 Hasil uji coba notifikasi sensor tekanan wisner pada tabung digester	75
Tabel 4. 4 Hasil uji coba 2 sensor MQ-4 menggunakan simulasi korek gas dan gas LPG	77
Tabel 4. 5 Hasil uji coba tampilan pembacaan LCD i2c pada box panel	80
Tabel 4. 6 Hasil uji coba tampilan pembacaan pada platform monitoring aplikasi blynk.....	82
Tabel 4. 7 Hasil Percobaan System Notifikasi WhastApp Melalui API Callmebot ..	84
Tabel 4. 8 Hasil Percobaan System Pembacaan LCD I2C Dan Blynk	88
Tabel 4. 9 Hasil Analisis Sistem Notifikasi WhatsApp melalui API CallMeBot	91
Tabel 4. 10 Hasil Analisis System Pembacaan LCD I2C dan Aplikasi Blynk.....	93

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Kode Program.....	100
Lampiran 2 Dokumentasi Pengisian Biodigester dengan Kulit Nanas	107
Lampiran 3 Dokumentasi Tampilan pembacaan LCD i2C, Platfom monitoring Blynk dan Notivikasi WhastApp.....	108
Lampiran 4 Data Shett Dari Alat-Alat Yang Digunakan	109
Lampiran 5 Form Bimbingan Tugas akhir 1.....	111
Lampiran 6 Form Bimbingan Tugas akhir 2.....	112
Lampiran 7 Penilaian Bimbingan Tugas Akhir Individu	114
Lampiran 8 Tesk Plagiasi.....	115

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Energi terbarukan menjadi solusi strategis dalam menghadapi krisis energi global dan isu lingkungan. Salah satu bentuk energi terbarukan yang banyak dimanfaatkan adalah biogas, yang dihasilkan melalui proses fermentasi anaerobik bahan organik seperti limbah pertanian yaitu kulit nanas. Biogas, yang terdiri dari metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2), dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif. Namun, dalam operasionalnya, sistem biodigester memiliki potensi risiko, terutama terkait dengan akumulasi tekanan gas yang berlebihan dan kebocoran gas metana. Tekanan yang tidak terkontrol dapat menyebabkan kerusakan pada sistem, sementara kebocoran gas metana yang mudah terbakar dan beracun dapat membahayakan keselamatan lingkungan dan manusia.

Seiring dengan perkembangan teknologi, penerapan Internet of Things (IoT) dalam sistem monitoring dan kontrol biodigester menjadi solusi yang efektif untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional. IoT memungkinkan pemantauan kondisi sistem secara real-time dan pengendalian jarak jauh melalui jaringan internet. Dalam konteks ini, mikrokontroler ESP32 menjadi pilihan yang tepat karena memiliki prosesor dual-core, konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi, serta efisiensi daya yang tinggi. Kemampuan ESP32 untuk menangani

berbagai sensor dan mengirim data secara langsung ke platform komunikasi seperti Telegram menjadikannya ideal untuk aplikasi ini.

Sistem yang dirancang dalam tugas akhir ini bertujuan untuk memantau tekanan dan konsentrasi gas metana dalam biodigester menggunakan sensor tekanan dan sensor gas MQ-4. Data yang diperoleh dapat ditampilkan secara real-time melalui aplikasi Blynk, yang mempermudah pengguna dalam memantau kondisi biodigester melalui antarmuka visual di perangkat seluler. Jika tekanan gas melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sistem akan secara otomatis membuka katup solenoid untuk menurunkan tekanan, serta mengirimkan notifikasi ke WhatsApp. Apabila terdeteksi adanya kebocoran gas metana, sistem akan mengaktifkan buzzer sebagai alarm lokal dan kembali mengirimkan pesan peringatan melalui WhatsApp kepada pengguna.

Penerapan sistem ini tidak hanya memberikan kemudahan dalam pemantauan, tetapi juga memungkinkan pengambilan keputusan secara cepat berdasarkan kondisi aktual di lapangan. Dengan integrasi antara ESP32, sensor gas, sensor tekanan, aplikasi Blynk dan WhatsApp, sistem ini menjadi solusi komprehensif dalam mengelola risiko teknis yang ada dalam penggunaan biodigester.

Dengan mengembangkan sistem monitoring dan kontrol otomatis ini, diharapkan pengguna biodigester, baik pada skala rumah tangga maupun industri kecil menengah, dapat mengelola produksi biogas secara aman, efisien, dan

berkelanjutan. Sistem ini tidak hanya meningkatkan aspek keselamatan, tetapi juga menjadi bagian dari kontribusi teknologi dalam mendukung transisi menuju energi terbarukan yang ramah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang dan membangun sistem monitoring tekanan dan konsentrasi gas metana pada biodigester berbasis ESP32?
2. Bagaimana menampilkan data tekanan dan konsentrasi gas metana secara real-time menggunakan WhatsApp dan aplikasi Blynk?
3. Bagaimana sistem dapat secara otomatis mengatur tekanan dengan membuka katup solenoid saat terjadi tekanan berlebih?

1.3 Batasan Masalah

Agar pembahasan tidak terlalu luas, maka masalah yang dibatasi adalah sebagai berikut:

1. Sistem hanya dirancang untuk memantau tekanan dan konsentrasi gas metana (CH_4) pada satu unit biodigester skala kecil.
2. Sistem hanya menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler utama.
3. Sensor yang digunakan terbatas pada sensor tekanan (misalnya MPX5700 atau sejenis) dan sensor gas MQ-4.

4. Platform monitoring dan sistem notifikasi menggunakan aplikasi Blynk dan WhatsApp.
5. Pengaturan tekanan dilakukan secara otomatis melalui katup solenoid, bukan dengan sistem mekanik lainnya.
6. Sistem hanya mendeteksi kebocoran gas berdasarkan pembacaan konsentrasi gas dari sensor, tanpa menggunakan kamera atau metode visual lainnya.
7. Penelitian hanya difokuskan pada sistem keamanan dan mendeteksi kebocoran gas metana, tanpa membahas proses fermentasi atau pemurnian biogas.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Merancang dan membangun sistem monitoring tekanan dan konsentrasi gas metana pada biodigester berbasis ESP32.
2. Menampilkan data tekanan dan konsentrasi gas secara real-time menggunakan aplikasi Blynk dan WhatsApp.
3. Mengembangkan sistem otomatis yang dapat membuka katup solenoid jika tekanan melebihi batas aman.
4. Mengimplementasikan sistem peringatan dini melalui WhatsApp jika terdeteksi tekanan berlebih atau kebocoran gas metana.
5. Menguji performa sistem dalam mendeteksi kondisi kritis dan memberikan respons otomatis secara real-time.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Bagi pengguna biodigester: Memberikan solusi pemantauan dan kontrol otomatis untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan dalam pemanfaatan biogas.
2. Bagi pengembangan teknologi IoT: Menjadi contoh penerapan mikrokontroler ESP32 dan platform komunikasi IoT dalam sistem keamanan energi terbarukan.
3. Bagi dunia akademik: Menambah literatur dan referensi tentang sistem pemantauan otomatis berbasis IoT, khususnya pada sektor energi terbarukan.
4. Bagi masyarakat: Mendukung pemanfaatan biogas secara lebih aman dan efisien sebagai bagian dari transisi menuju energi berkelanjutan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam pembuatan laporan ini adalah sebagai berikut.

1. BAB I Pendahuluan

Bab ini berisi tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat yang diharapkan, dan sistematika penulisan yang digunakan.

2. BAB II Landasan Teori

Bab ini terdiri dari dua bagian utama: Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori. Tinjauan Pustaka membahas penelitian sebelumnya yang relevan untuk

memberikan gambaran perkembangan dan kekurangan penelitian terkait. Sementara itu, Dasar Teori menjelaskan konsep dan teori yang mendasari penelitian sebagai landasan untuk memahami masalah serta menganalisis data.

3. BAB III Metodologi Penelitian

Bab III menjelaskan metodologi penelitian yang terdiri dari lima bagian utama: Model Penelitian, Prosedur Penelitian, Teknik Pengumpulan Data, Instrumen Penelitian, dan Tahap Perancangan Alat.

4. BAB IV Pembahasan

Pada bab ini terdiri dari dua subbab: Hasil Penelitian dan Hasil Analisis Penelitian. Pada subbab Hasil Penelitian, disajikan data atau temuan dalam bentuk tabel atau grafik tanpa interpretasi. Sementara itu, pada subbab Hasil Analisis Penelitian, data tersebut dianalisis dan dijelaskan untuk memberikan pemahaman lebih mendalam tentang temuan penelitian.

5. BAB V Penutup

Bab V terdiri dari dua subbab: Kesimpulan dan Saran. Subbab Kesimpulan menyajikan hasil penelitian secara singkat dan jelas berdasarkan tujuan dan rumusan masalah. Subbab Saran berisi rekomendasi atau langkah-langkah yang dapat dilakukan, baik untuk pengembangan penelitian lebih lanjut maupun untuk aplikasi praktis di lapangan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Pada penelitian oleh Sulistiyanto dan Imam Mawardi yang berjudul "Portable Smart Biogas Digester Using Pressure Sensor and Safety Valve Based on Internet of Things", dinyatakan bahwa sistem digester biogas portabel dikembangkan menggunakan sensor tekanan dan katup pengaman berbasis Internet of Things (IoT), dengan mikrokontroler ESP8266 sebagai pusat pengolahan data. Sistem ini mampu memantau tekanan dan aliran gas secara real-time melalui platform Arduino Cloud, dan secara otomatis mengaktifkan katup solenoid bila tekanan melebihi ambang batas, sehingga meningkatkan efisiensi dan keamanan pengolahan biogas.[1] Penelitian tersebut menggunakan NodeMCU ESP 12-e (ESP 8266) sebagai mikrokontroler, sensor pressu untuk mengatur tekanan fluida dengan akurat yaitu: 124 - 143 (L/min), sensor flow untuk mendeteksi laju aliran gas yaitu menghasilkan 0 – 1.6 (L/min) dan Pengujian ini kemudian dihubungkan dengan Platform ARDUINO CLOUD dengan cara memprogram dan menginput ID dan TOKEN dari Arduino Cloud sehingga kedua platform dapat bekerja dan terhubung.

Pada penelitian oleh Aidil Fikri Islamy, Ponco Siwindarto, dan Akhmad Zainuri yang berjudul "Sistem Monitoring Gas Metana pada Reaktor Biogas Berbasis Internet of Things (IoT)", dinyatakan dalam penelitiannya bahwa untuk

mendeteksi konsentrasi gas metana dalam reaktor biogas digunakan sensor MQ-4 yang terhubung ke mikrokontroler Arduino Mega 2560 dan dikirim ke aplikasi smartphone melalui jaringan internet, memungkinkan pengguna mendapatkan notifikasi otomatis saat kadar gas metana mencapai ambang optimal.[2] Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring gas metana berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang konsentrasi gas metana dalam reaktor biogas secara real-time, mengirimkan data ke menggunakan sensor MQ-4, Arduino Mega 2560, dan modul SIM800L mampu membaca aplikasi Blynk melalui jaringan GPRS, serta mengirimkan notifikasi SMS secara otomatis ketika konsentrasi gas metana mencapai nilai optimal, yaitu ≥ 7000 ppm, dengan tingkat akurasi yang cukup baik dan rata-rata kesalahan pengukuran sebesar 1,94%.

Pada penelitian oleh B.F. Alshammari dan M.T. Chughtai yang berjudul "IoT Gas Leakage Detector and Warning Generator", dinyatakan dalam penelitiannya bahwa untuk mendeteksi kebocoran gas digunakan sensor MQ-5 yang terhubung ke mikrokontroler Arduino UNO, yang saat mendeteksi gas akan mengaktifkan buzzer, menampilkan peringatan pada LCD, dan menyalakan kipas untuk membuang gas, sebagai langkah mitigasi yang terintegrasi dengan sistem IoT.[3] Sensor gas mendeteksi gas dari pemantik dengan konsentrasi yang berbeda-beda yang disebabkan oleh jarak pemantik yang berbeda dari sensor. Sensor yang sangat akurat dapat membaca hingga 10000ppm. Ketika gas dilepaskan, LED hijau mati, LED merah berkedip, dan alarm menyala ketika tegangan keluaran sensor

lebih dari atau sama dengan 2,5V. Di bawah 2,5V, alarm mati dan LED hijau menyala sementara LED merah mati. Tegangan keluaran sensor dipantau menggunakan tombol tekan yang menunjukkan apakah alarm dalam keadaan hidup atau mati.

Pada penelitian oleh T.O. Saka dan rekan-rekannya yang berjudul "An Arduino-Powered IoT System with Machine Learning for Enhanced Gas Leak Detection and Real-Time Alerts", dinyatakan dalam penelitiannya bahwa sistem pendeteksi kebocoran gas dikembangkan menggunakan sensor MQ-2 dan Arduino, serta dibantu algoritma machine learning untuk meningkatkan akurasi dan mengurangi kesalahan deteksi, dengan notifikasi kebocoran dikirim secara real-time melalui SMS dan sistem alarm.[4] Penelitian ini menghasilkan sistem deteksi kebocoran gas berbasis Internet of Things (IoT) yang didukung oleh algoritma machine learning, yang mampu memantau kualitas udara secara real-time melalui jaringan sensor gas, mengidentifikasi kebocoran gas secara cepat dan akurat, serta memberikan notifikasi instan melalui berbagai saluran komunikasi seperti aplikasi seluler dan email, sehingga meningkatkan keselamatan di lingkungan cerdas secara signifikan.

Pada penelitian oleh Ade Novit Syahputra dan Pastima Simanjuntak yang berjudul "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas Berbasis IoT", dinyatakan dalam penelitiannya bahwa sistem deteksi kebocoran gas dikembangkan menggunakan sensor MQ-2 dan modul NodeMCU yang terhubung

dengan internet, dan apabila terdeteksi gas, sistem akan membunyikan buzzer dan mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram secara otomatis kepada pengguna untuk tindakan cepat.[5] Dalam percobaan tersebut alat di dekatkan pada Gas LPG untuk mendeteksi kebocoran Gas, dalam jarak 1 – 11 cm menunjukkan sensor masih mendeteksi, tapi ketika jarak sensor dan tabung Gas LPJ melebihi 11 cm maka akan tidak terdeteksi kebocoran dan diketahui pengaruh jarak terhadap delay pengiriman notifikasi pada smartphone yaitu pada jarak 1 M memerlukan delay pengiriman notifikasi dalam waktu 0,9 detik sedangkan dalam jarak 70 M memerlukan notifikasi dalam waktu 2 detik

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah suatu konsep teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat fisik dengan internet sehingga memungkinkan mereka untuk saling berkomunikasi, mengumpulkan, dan bertukar data tanpa campur tangan manusia secara langsung. Dalam sistem IoT, objek-objek seperti kendaraan, peralatan rumah tangga, hingga mesin industri dilengkapi dengan sensor, perangkat lunak, dan konektivitas jaringan yang memungkinkan otomatisasi serta pengambilan keputusan berbasis data.

2.2.2 WhatsApp

WhatsApp berfungsi sebagai aplikasi komunikasi digital berbasis internet yang memungkinkan pengguna untuk bertukar pesan teks, suara, gambar, video, dokumen, serta melakukan panggilan suara dan video secara real-time. Aplikasi ini dirancang untuk memudahkan komunikasi antarindividu maupun kelompok secara cepat, efisien, dan hemat biaya, dengan memanfaatkan koneksi internet.



Gambar 2. 2 WhatsApp

Sistem peringatan dini melalui WhatsApp berfungsi untuk mengirimkan notifikasi otomatis kepada pengguna ketika sensor tekanan atau sensor gas mendeteksi tekanan berlebih atau kebocoran gas metana dalam sistem Biodigester. Dengan memanfaatkan mikrokontroler dan layanan integrasi WhatsApp, sistem ini mampu memberikan informasi secara real-time, sehingga pengguna dapat segera mengetahui kondisi darurat dan mengambil tindakan cepat untuk mencegah risiko kebakaran, ledakan, atau kerusakan sistem.

2.2.3 Aplikasi Blynk

Aplikasi Blynk berfungsi sebagai platform pemantauan dan pengendalian sistem berbasis IoT (Internet of Things) secara real-time melalui smartphone. Dalam konteks sistem biodigester atau proyek berbasis mikrokontroler seperti ESP32 atau Arduino, Blynk memungkinkan pengguna untuk memantau data sensor dan mengendalikan perangkat dari jarak jauh dengan mudah melalui antarmuka grafis yang intuitif.



Gambar 2. 3 Aplikasi Blynk

Aplikasi Blynk berfungsi sebagai platform pemantauan dan pengendalian sistem berbasis IoT yang memungkinkan pengguna untuk melihat data sensor dan mengendalikan perangkat secara real-time melalui smartphone. Dalam sistem biodigester, Blynk digunakan untuk memantau tekanan dan konsentrasi gas metana yang terbaca oleh sensor, serta memberikan notifikasi peringatan jika terjadi kondisi tidak normal, sehingga memudahkan pengguna dalam memantau dan mengelola sistem dari jarak jauh secara efisien dan praktis.

2.2.4 Digester

Digester adalah sebuah wadah tertutup (tangki) yang digunakan untuk menguraikan bahan-bahan organik (seperti kotoran hewan, limbah dapur, limbah pertanian) melalui proses biologis secara anaerobik (tanpa oksigen).

Proses ini disebut fermentasi anaerob, dan berikut ini cara kerja Digester:

1. Bahan organik dimasukkan ke dalam digester.
2. Bakteri anaerobik mulai menguraikan bahan organik.
3. Proses ini menghasilkan biogas, yang dikumpulkan di bagian atas tangki.
4. Sisa fermentasi (digestate) dapat dibuang atau digunakan sebagai kompos/pupuk cair.



Gambar 2. 4 Tabung Digester

Untuk menghasilkan biogas yang bisa digunakan sebagai bahan bakar, diperlukan alat yang disebut digester. Biogas dalam digester mulai terbentuk pada hari ke-2 hingga ke-3, dan produksi puncaknya terjadi pada hari ke-5

hingga ke-7, tergantung pada bahan tambahan yang digunakan. Rata-rata, biogas mengandung sekitar 55% metana, yang merupakan komponen utama biogas. Dalam penelitian ini, digester yang digunakan terbuat dari Gentong Kaporit.

2.2.5 Sistem Monitoring

Monitoring atau pemantauan adalah serangkaian kegiatan yang melibatkan pengumpulan data, peninjauan, pelaporan, dan tindakan berdasarkan informasi yang diperoleh dari suatu proses yang sedang dilaksanakan. Monitoring biasanya digunakan untuk membandingkan kinerja dengan target yang telah ditentukan, guna memastikan bahwa proses berjalan sesuai rencana. Aktivitas ini juga memberikan informasi tentang kelangsungan suatu proses dan membantu menetapkan langkah-langkah perbaikan yang berkelanjutan. Maka, sistem monitoring merupakan suatu perangkat yang saling terkait dan mempunyai fungsi sebagai alat pemantau[6].



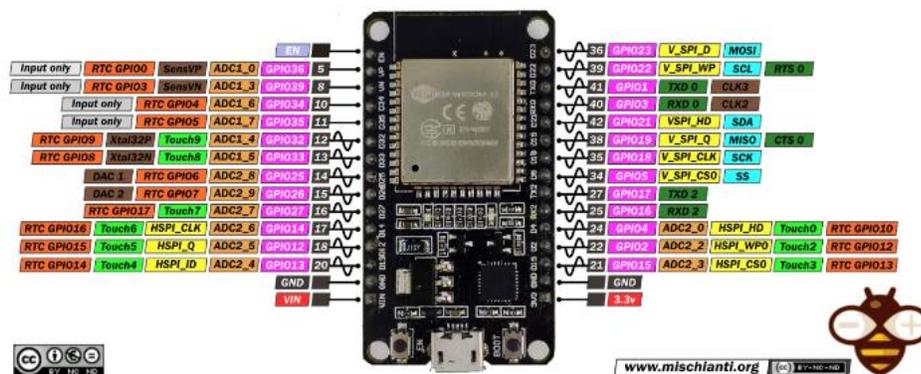
SYSTEM
MONITORING

Gambar 2. 5 Sistem Monitoring

Sistem monitoring berfungsi untuk menampilkan data tekanan dan konsentrasi gas metana secara real-time menggunakan aplikasi Blynk sebagai antarmuka visual, serta mengirimkan notifikasi otomatis melalui WhatsApp jika terdeteksi tekanan berlebih atau kebocoran gas. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi biodigester dari jarak jauh dengan mudah, serta memberikan peringatan dini yang cepat dan responsif guna meningkatkan keselamatan dan efisiensi operasional.

2.2.6 Mikrokontroler ESP32

ESP32 adalah mikrokontroler canggih yang diperkenalkan oleh Espressif Systems sebagai penerus ESP8266. Mikrokontroler ini dapat digunakan pada daya yang rendah dan menggunakan low duty cycle yang dapat meminimalkan energi yang dikeluarkan oleh chip.[7] Mikrokontroler ini merupakan SoC (*System on Chip*) yang terintegrasi, dilengkapi dengan konektivitas WiFi 802.11, Bluetooth versi 4.2, dan berbagai periferal lainnya.



Gambar 2. 6 Pinout dari ESP32

Keunggulan ESP32 dibandingkan mikrokontroler lainnya terletak pada jumlah pin input/output yang lebih banyak, kapasitas memori yang besar, serta performa prosesor yang tinggi. Spesifikasi lengkap ESP32 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. 1 Spesifikasi ESP32

Kategori	Item	Spesifikasi
Certification	<ul style="list-style-type: none"> 6. RF certification 7. WiFi certification 8. Bluetooth certification 9. Green certification 	<ul style="list-style-type: none"> 10. FCC/CE-RED/IC/TELEC/KCC/SRRC/NCC 11. Wi-Fi Alliance 12. BQB 13. RoHS/REACH
Test	Reliability	HTOL/HTSL/uHAST/TCT/ESD
WiFi	<ul style="list-style-type: none"> • Protocols • Frequency range 	<ul style="list-style-type: none"> • 802.11 b/g/n (802.11n, speed up to 150 Mbps) A-MPDU and A-MSDU aggregation, support 0.4 μs guard interval • 2.4 GHz ~ 2.5 GHz
Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> • Protocols • Radio 	<ul style="list-style-type: none"> • Compliant with Bluetooth v4.2 BR/EDR and BLE

	<ul style="list-style-type: none"> • Audio 	<ul style="list-style-type: none"> • NZIF receiver with -97 dBm sensitivity, Class-1, Class-2 and Class-3 transmitters, AFH • CVSD and SBC audio
Hardware	<ul style="list-style-type: none"> • Module interface On-chip • On-chip sensor • Integrated crystal • Integrated SPI flash • Operating voltage 	<ul style="list-style-type: none"> • SD card, UART, SPI, SDIO, I2C, LED PWM, motor PWM, I2S, IR, pulse counter, GPIO, capacitive touch sensor, ADC, DAC • Hall sensor • 40 MHz crystal • 4 MB • 2.7 V – 3.6 V

2.2.7 Sensor Tekanan Wisner

Sensor tekanan adalah alat yang digunakan untuk mengukur tekanan dengan mengubahnya menjadi sinyal listrik. Sinyal ini memiliki nilai yang sesuai dengan tekanan yang terdeteksi oleh sensor. Biasanya, sensor tekanan digunakan untuk mengukur tekanan pada gas dan cairan. Dalam alat ini, sensor tekanan berfungsi untuk memantau tekanan yang dihasilkan selama proses anaerob limbah di dalam wadah gentong kaporit (digester). Sensor yang digunakan yaitu Wisner WPT-83G yang bisa dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2. 7 Sensor Tekanan Wisner

Sensor tekanan Wisner berfungsi untuk memantau tekanan gas metana dalam sistem biodigester, dan apabila tekanan melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sensor ini akan mengirimkan sinyal ke mikrokontroler untuk secara otomatis membuka katup solenoid guna menurunkan tekanan, serta mengirimkan Platform monitoring Aplikasi Blynk dan notifikasi ke WhatsApp agar pengguna dapat segera mengetahui dan menangani kondisi tersebut.

Tabel 2. 2 Spesifikasi Sensor Tekanan

<i>Brand</i>	Wisner
<i>Measuring range</i>	0-10 Bar
<i>Accuracy</i>	$\pm 1\%FS$
<i>Output signal</i>	0.5-4.5V DC
<i>Supply voltage</i>	DC 5V
<i>Operating temperature</i>	-20 ~ 85°C
<i>Response time</i>	$\leq 3ms$
<i>Operating current</i>	$\leq 3mA$
<i>Overload pressure</i>	150%FS

<i>Protection class</i>	IP65
-------------------------	------

2.2.8 Sensor MQ-4

Sensor gas MQ-4 menggunakan material SnO₂ (timah dioksida), yang memiliki konduktivitas rendah di udara bersih. Ketika terdapat gas yang mudah terbakar, konduktivitas sensor meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasi gas. Perubahan konduktivitas ini dapat diubah menjadi sinyal keluaran untuk menunjukkan tingkat konsentrasi gas menggunakan rangkaian sederhana. Sensor gas MQ-4 juga memiliki sensitivitas tinggi terhadap metana memiliki anti gangguan alkohol dan gas lainnya.[8] Sensor ini sangat sensitif terhadap gas metana dan memiliki ketahanan terhadap gangguan dari alkohol dan gas lainnya.



Gambar 2. 8 Sensor MQ-4

Saat sensor gas aktif, sinyal yang dihasilkan dikirim ke mikrokontroler, yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data. Mikrokontroler ini mengubah sinyal menjadi data yang dapat ditampilkan melalui Aplikasi Blynk dan WhatsApp.

Tabel 2. 3 Spesifikasi Sensor MQ-4

Model		MQ-4	
Sensor Type		Semiconductor	
Standard Encapsulation		Bakelite, Metal cap	
Target Gas		Methane	
Detection range		300~10000ppm(CH ₄)	
Standard Circuit Conditions	Loop Voltage	V _C	≤ 24V DC
	Heater Voltage	V _H	5.0V ± 0.1V AC or DC
	Load Resistance	R _L	Adjustable
Sensor character under standard test conditions	Heater Resistance	R _H	26Ω ± 3Ω (room tem.)
	Heater consumption	P _H	≤ 950mW
	Sensitivity	S	Rs(in air)/Rs(in 5000ppmCH ₄)≥5
	Output Voltage	V _S	2.5V~4.0V (in 5000ppm CH ₄)
	Concentration Slope	α	≤0.6(R5000ppm/R1000ppm CH ₄)
Standard test conditions	Tem. Humidity		20°C±2°C ; 55%±5% RH
	Standard test circuit		V _c :5.0V±0.1V ; V _H :5.0V±0.1V
	Preheat time		Over 48 hours

2.2.9 LCD I2C 16x2

LCD (Liquid Crystal Display) I2C 16x2 adalah modul tampilan karakter alfanumerik yang terdiri dari 2 baris dengan masing-masing 16 karakter. LCD memiliki memori internal yang berisi definisi karakter sesuai dengan standar ASCII (CGROM–Character Generator ROM) dan memori sementara (RAM) yang bisa digunakan bila memerlukan karakter khusus (berkapasitas 8 karakter).[9]Modul ini menggunakan antarmuka komunikasi I2C, memungkinkan pengendalian tampilan dengan hanya dua jalur data (SDA dan SCL), sehingga menghemat penggunaan pin pada mikrokontroler.



Gambar 2. 9 LCD I2C 16x2

LCD I2C 16x2 berfungsi untuk menampilkan data hasil pemantauan tekanan gas metana dan status deteksi kebocoran gas metana pada sistem Biodigester secara real-time. Modul ini menerima data dari sensor tekanan dan sensor MQ-4 melalui mikrokontroler, kemudian menampilkan informasi seperti nilai tekanan gas dan peringatan kebocoran secara jelas dan langsung pada layar. Dengan tampilan dua baris dan antarmuka I2C yang efisien, LCD ini memudahkan pengguna dalam memantau kondisi sistem serta memberikan respon cepat terhadap potensi bahaya yang mungkin terjadi akibat tekanan berlebih atau kebocoran gas.

Tabel 2. 4 Spesifikasi LCD I2C

Spesifikasi	Nilai
Tipe Tampilan	Alfanumerik LCD 16x2
Antarmuka Komunikasi	I2C (SDA, SCL)
Tegangan Operasi	5V DC
Arus Operasi	Sekitar 2 mA @ 5V DC
I2C Address	0x20 hingga 0x27 (default: 0x20)
Ukuran Karakter	2.95 mm x 4.35 mm
Resolusi Karakter	Matriks 5x8 dot
Backlight	LED biru dengan karakter putih
Dimensi Modul	80 mm x 36 mm x 13 mm
Suhu Operasi	0°C hingga +55°C
Kompatibilitas	Arduino, Raspberry Pi, dan mikrokontroler lainnya

2.2.10 Adaptor 12V

Adaptor 12V berfungsi sebagai sumber catu daya yang mengubah tegangan AC dari listrik rumah tangga menjadi tegangan DC 12 volt yang stabil, sehingga dapat digunakan untuk menghidupkan komponen-komponen sistem seperti solenoid valve, relay, dan perangkat elektronik lainnya yang membutuhkan tegangan kerja 12V, serta memastikan sistem bekerja dengan aman dan efisien.



Gambar 2. 10 Adaptor 12V

Adaptor 12V bekerja dengan cara mengubah arus listrik bolak-balik (AC) dari sumber PLN (biasanya 100–240V AC) menjadi arus searah (DC) sebesar 12 volt, yang sesuai dengan kebutuhan berbagai perangkat elektronik, seperti solenoid valve, modul relay, atau mikrokontroler.

2.2.11 Modul Step-Down DC to DC 5A XL 4015

Modul Step-Down DC to DC XL4015 adalah modul konverter tegangan berbasis IC XL4015 yang digunakan untuk menurunkan tegangan DC input menjadi tegangan DC output yang lebih rendah, dengan kemampuan mengalirkan arus hingga 5 Ampere. Modul ini banyak digunakan dalam sistem elektronik seperti IoT, robotik, dan mikrokontroler untuk menyediakan tegangan yang sesuai dan stabil, serta memiliki efisiensi tinggi karena bekerja dengan metode switching.



Gambar 2. 11 Modul Step-Down DC to DC 5A XL 4015

Modul step-down (buck converter) berfungsi untuk menurunkan tegangan 12V menjadi 5V atau 3.3V sesuai kebutuhan komponen seperti ESP32 dan sensor tertentu. Modul ini sangat penting agar komponen yang tidak tahan terhadap tegangan tinggi dapat beroperasi dengan aman dan stabil.

2.2.12 Relay Module 3.3V dengan Optocoupler

Relay Module 3.3V dengan optocoupler adalah modul saklar elektromekanis yang memungkinkan mikrokontroler dengan tegangan logika

3.3V (seperti ESP32, Raspberry Pi, atau Arduino 3.3V) untuk mengendalikan beban arus tinggi atau tegangan tinggi secara aman. Modul ini menggunakan optocoupler untuk isolasi antara sirkuit kontrol dan sirkuit beban, meningkatkan keamanan dan mencegah gangguan elektromagnetik.



Gambar 2. 12 Relay Module 3,3V dengan Optocoupler

Modul relay ini bekerja dengan menerima sinyal kontrol dari mikrokontroler pada tegangan 3.3V. Sinyal ini mengaktifkan optocoupler, yang kemudian mengendalikan transistor untuk mengaktifkan atau menonaktifkan relay. Isolasi optik memastikan bahwa sirkuit kontrol terlindungi dari lonjakan tegangan atau arus balik dari sirkuit beban.

Tabel 2. 5 Spesifikasi Relay Module 3,3V dengan Optocoupler

Spesifikasi	Nilai
Tegangan Operasi	3.3V DC
Arus Trigger	Sekitar 3-5 mA
Tegangan Beban Maksimum	AC 250V / DC 30V
Arus Beban Maksimum	10A
Tipe Trigger	Low-level trigger (aktif saat sinyal rendah)
Isolasi Optik	Ya (menggunakan optocoupler)
Waktu Respons	Kurang dari 20ms
Indikator Status	LED menunjukkan status ON/OFF relay

Dimensi Modul	Sekitar 50mm x 26mm x 18.5mm (tergantung model)
Kompatibilitas	Mikrokontroler 3.3V (ESP32, Raspberry Pi, dll)

2.2.13 Buzzer

Buzzer adalah komponen elektronik yang digunakan untuk menghasilkan suara atau bunyi sebagai indikator, alarm, atau notifikasi dalam berbagai perangkat elektronik. Ketika kumparan tersebut dialiri arus listrik sehingga menjadi electromagnet, kumparan akan tertarik kedalam atau keluar tergantung dari polaritas magnetnya, karena kumparan dipasang pada diafragma maka setiap getaran diafragma secara bolak – balik sehingga membuat udara bergetar dan menghasilkan suara.[10] Buzzer umum digunakan dalam alat rumah tangga, alat ukur, kendaraan, sistem keamanan, dan proyek mikrokontroler seperti Arduino.



Gambar 2. 13 Buzzer

Buzzer berfungsi sebagai alarm peringatan yang akan berbunyi ketika sensor MQ-4 mendeteksi adanya kebocoran gas metana di sekitar sistem

biogas. Saat kadar metana melebihi ambang batas yang telah ditentukan, sensor MQ-4 mengirimkan sinyal ke sistem kontrol, yang kemudian mengaktifkan buzzer untuk memberikan tanda bahaya kepada pengguna. Dengan demikian, buzzer membantu memberikan peringatan dini agar pengguna dapat segera mengambil tindakan untuk mencegah risiko kebakaran, ledakan, atau bahaya kesehatan akibat kebocoran gas.

Tabel 2. 6 Spesifikasi Buzzer

Spesifikasi	Nilai
Tegangan Operasi	Biasanya 3 - 12V
Konsumsi Arus	5 mA – 30 mA
Frekuensi Suara	kitar 2 – 4 kHz (buzzer aktif); bebas pada buzzer pasif
Diameter Umum	3 cm
Tingkat Kebisingan	85 – 100 dB pada jarak 10 cm

2.2.14 Solenoid Valve

Solenoid valve adalah katup otomatis yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetisme, di mana energi listrik yang dialirkan ke kumparan (coil) menghasilkan medan magnet yang mampu menggerakkan plunger (batang logam) untuk membuka atau menutup aliran fluida, baik berupa gas maupun cairan. Katup ini terdiri dari beberapa komponen utama, seperti coil, plunger, pegas, dan body valve yang dirancang untuk merespons arus listrik dengan cepat dan akurat.



Gambar 2. 14 Solenoid Valve DC 12V

Solenoid valve DC 12V berfungsi sebagai katup otomatis yang akan membuka aliran gas metana dari tabung digester ke kantong biogas apabila terjadi tekanan gas berlebih, sehingga mencegah kelebihan tekanan yang dapat menyebabkan kebocoran atau kerusakan pada kantong biogas. Katup ini bekerja dengan bantuan sensor tekanan yang memutus aliran listrik ke solenoid saat tekanan melebihi batas aman, sehingga aliran gas terhenti secara otomatis. Dengan demikian, solenoid valve berperan penting dalam menjaga kestabilan dan keamanan sistem biogas selama proses pengisian berlangsung.

Tabel 2. 7 Spesifikasi Solenoid Valve

Spesifikasi	Nilai
Jenis Solenoid	Normally Closed (NC) / Normally Open (NO)
Tegangan Operasi	12V DC, 24V DC, 110V AC, 220V AC (tergantung kebutuhan aplikasi)
Daya / Konsumsi Arus	3W – 25W (tergantung ukuran dan tekanan kerja)
Material Body Valve	Kuningan (brass), stainless steel, plastik tahan panas (nylon, PVC)
Ukuran Inlet/Outlet	1/8", 1/4", 3/8", 1/2", 3/4", 1", 2", dst (sesuai dengan pipa)
Tekanan Kerja	0.02 – 0.8 MPa (biasanya) atau 0.2 – 8 bar
Temperatur Operasi	-10°C hingga +80°C (tergantung bahan dan fluida)

Jenis Fluida	Air, air bersih, minyak, gas, bahan kimia tertentu
Tipe Kerja	Direct-acting, pilot-operated, atau semi-direct
Respon Waktu	Cepat, sekitar 20–50 milidetik
Konektor Listrik	Terminal kabel, konektor DIN, atau soket langsung

2.2.15 Fitting Pneumatic dan Selang Polyurethane (PU)

Fitting pneumatic dan Selang polyurethane (PU) merupakan komponen vital dalam sistem pneumatik, digunakan untuk mengalirkan udara bertekanan dari tabung Digester ke kantong Biogas, katup, dan perangkat lainnya. Dengan tekanan kerja maksimum 10 bar, komponen ini cocok untuk berbagai aplikasi industri dan otomotif.



Gambar 2. 15 Fitting Pneumatic dan Selang Polyurethane (PU)

Fitting pneumatic berfungsi sebagai penghubung antara outlet gas pada tabung digester dengan selang secara rapat dan aman, sehingga mencegah kebocoran gas serta memudahkan proses pemasangan dan perawatan sistem biogas. Sementara itu, selang polyurethane (PU) berperan sebagai jalur penghantar gas dari tabung digester menuju kantong biogas, karena sifatnya yang fleksibel, tahan terhadap tekanan rendah, serta tahan terhadap uap dan

senyawa kimia yang terkandung dalam gas Biogas. Kombinasi antara fitting pneumatic dan selang PU memastikan aliran gas dari digester ke kantong biogas berlangsung dengan efisien, aman, dan minim kebocoran.

Tabel 2. 8 Spesifikasi Fitting Pneumatic dan Selang Polyurethane (PU)

Spesifikasi	Nilai
Material	Polyurethane (PU)
Tekanan Kerja Maksimum	10 bar
Tekanan Burst	30 bar
Suhu Operasional	-20°C hingga +60°C
Fitur Tambahan	Tahan hidrolisis, fleksibel, tahan abrasi

2.2.16 Kantong Biogas

Kantong biogas adalah wadah atau tempat penyimpanan sementara gas biogas yang dihasilkan dari proses fermentasi bahan-bahan organik, seperti kotoran hewan, limbah pertanian, atau sampah organik rumah tangga. Biogas ini terutama terdiri dari metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2), yang dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif, seperti untuk memasak, penerangan, atau bahan bakar generator.



Gambar 2. 16 Kantong Biogas

Kantong Biogas berfungsi sebagai wadah fleksibel untuk menyimpan gas metana yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik bahan organik pada tabung Digester.

Tabel 2. 9 Spesifikasi Kantong Biogas

Spesifikasi	Nilai
Lapisan luar	PVC coated fabric / PE laminated tarpaulin (anti-UV, tahan air)
Lapisan dalam	PVC/PE tahan gas (gas-tight)
Ketahanan suhu	-10°C sampai 60°C
Ketahanan kimia	Tahan terhadap H ₂ S dan kelembaban tinggi
Tekanan kerja	± 2–10 mbar (0,002 – 0,01 bar)
Tekanan maksimum	Biasanya hingga ± 15–20 mbar (tergantung bahan)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Model Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang bertujuan untuk menghasilkan produk berupa sistem pendeteksi tekanan berlebih dan kebocoran gas metana pada tabung digester yang lebih responsif, aman, dan terintegrasi dengan teknologi Internet of Things (IoT). Model R&D yang digunakan mengacu pada langkah-langkah sistematis mulai dari identifikasi kebutuhan pengguna hingga pengujian performa sistem secara langsung di lapangan. Secara umum, model ini ditujukan untuk menjawab kebutuhan praktis dalam pengelolaan keamanan biogas dengan pendekatan aplikatif yang dapat diimplementasikan dalam lingkungan nyata.

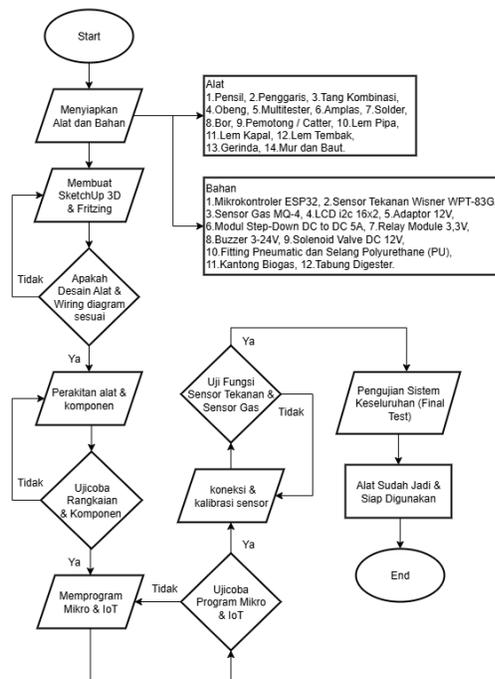
Dalam penelitian ini, pengembangan sistem dilakukan hingga tahap pembuatan prototipe dan uji coba awal. Beberapa tahapan yang dilalui meliputi analisis kebutuhan pengguna, perancangan sistem, pembuatan perangkat keras, pemrograman mikrokontroler ESP32, integrasi sensor tekanan dan sensor gas, serta penerapan IoT melalui aplikasi Blynk sebagai platform monitoring, WhatsApp API CallMeBot sebagai sistem notifikasi peringatan dini, dan LCD sebagai tampilan lokal. Sistem ini dirancang untuk memantau kondisi tekanan dan konsentrasi gas metana secara real-time, serta memberikan peringatan otomatis

kepada pengguna jika terjadi kondisi berbahaya, seperti tekanan berlebih atau kebocoran gas.

Proses ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan sistem keamanan biogas yang lebih luas dan dapat diterapkan pada skala rumah tangga, kelompok tani, maupun industri kecil, serta membuka peluang pengembangan lebih lanjut pada tahap implementasi dan diseminasi dalam penelitian berikutnya.

3.2 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian Research and Development (R&D) untuk merancang dan membangun biodigester portabel berbasis mikrokontroler ESP32 bisa dilihat pada flowchart berikut.



Gambar 3. 1 Flowchart Prosedur penelitian

Berikut adalah penjelasan flowchart prosedur penelitian diatas:

1. Start

Proses dimulai dari tahap persiapan.

2. Menyiapkan Alat dan Bahan

Disiapkan terlebih dahulu seluruh alat dan bahan yang diperlukan.

1. Alat: pensil, penggaris, tang, obeng, multimeter, amplifier, solder, bor, gergaji, cutter, lem pipa, lem kayu, lem tembak, gerinda, mur dan baut.

2. Bahan: mikrokontroler ESP32, sensor tekanan Wisner WPT-83G, sensor gas MQ-4, LCD I2C, adaptor, modul step-down, relay, buzzer, solenoid valve, fitting pneumatic, selang PU, kantong biogas, dan tabung digester.

3. Membuat SketchUp 3D & Fritzing

Membuat rancangan desain dalam bentuk 3D dan wiring diagram (Fritzing) untuk memastikan tata letak dan koneksi komponen sesuai.

4. Apakah Desain Alat & Wiring Diagram Sesuai?

1. Jika tidak sesuai, kembali ke tahap desain dan lakukan revisi.

2. Jika sesuai, lanjut ke tahap perakitan.

5. Perakitan Alat & Komponen

Merakit komponen sesuai dengan desain yang telah dibuat.

6. Uji Coba Rangkaian & Komponen

Dilakukan pengujian awal untuk memastikan rangkaian dan komponen berfungsi.

1. Jika tidak berfungsi, periksa ulang rangkaian dan lakukan perbaikan.
2. Jika berfungsi, lanjut ke pemrograman.

7. Memprogram Mikro & IoT

Menulis program mikrokontroler (ESP32) dan menghubungkannya ke sistem IoT.

8. Uji Coba Program Mikro & IoT

Melakukan uji coba software dan koneksi IoT.

9. Uji Fungsi Sensor Tekanan & Gas

Pengujian khusus untuk sensor tekanan dan gas.

1. Jika sensor tidak berfungsi, dilakukan koneksi ulang dan kalibrasi sensor.
2. Jika berfungsi, lanjut ke tahap pengujian keseluruhan.

10. Pengujian Sistem Keseluruhan (Final Test)

Melakukan pengujian penuh seluruh sistem untuk memastikan alat berjalan sesuai yang direncanakan.

11. Alat Sudah Jadi & Siap Digunakan

Sistem sudah selesai, diuji, dan siap untuk digunakan.

12. End

Proses pengembangan alat selesai.

Adapun penjelasan tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

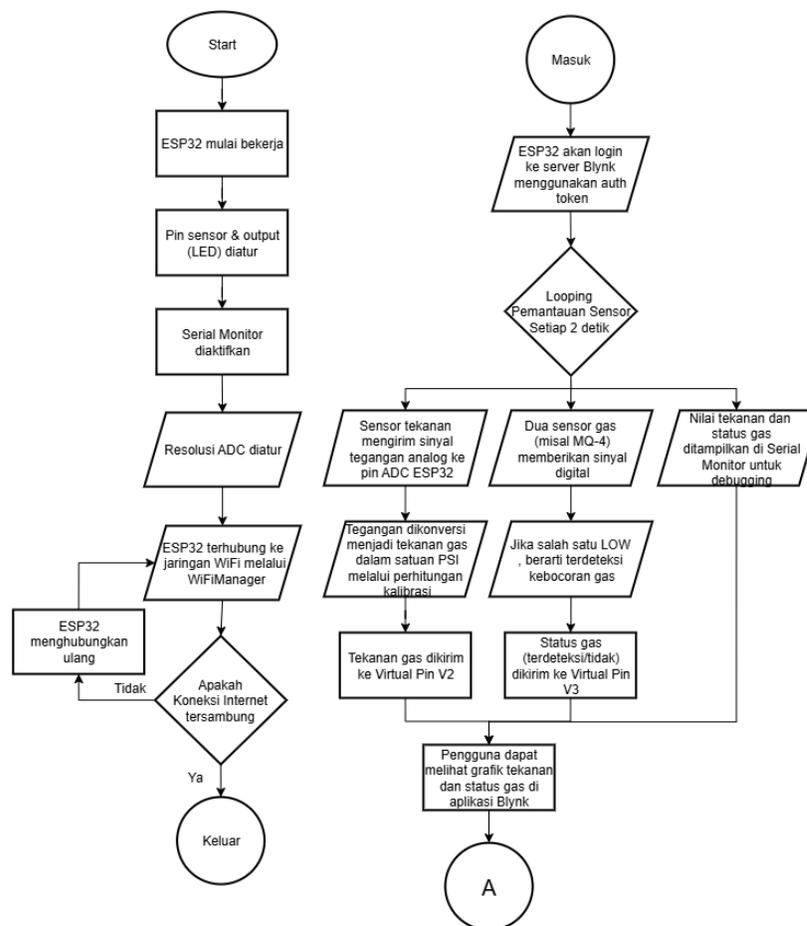
1. Identifikasi Masalah: Tahapan awal dari penelitian ini adalah mengidentifikasi permasalahan yaitu belum adanya sistem keamanan otomatis pada biodigester portabel yang mampu memantau tekanan dan mendeteksi kebocoran gas metana secara real-time. Sistem yang ada masih bersifat manual dan tidak dilengkapi dengan fitur notifikasi otomatis jika terjadi kondisi berbahaya seperti tekanan berlebih atau kebocoran gas.
2. Studi Literatur: Dilakukan kajian pustaka mengenai prinsip kerja biodigester, karakteristik mikrokontroler ESP32, serta fungsi dari sensor tekanan Wisner WPT-83G dan sensor gas MQ-4 dalam mendeteksi kondisi kritis. Kajian juga mencakup komponen pendukung seperti solenoid valve, relay, buzzer, dan media pemantauan berbasis IoT menggunakan platform Blynk dan sistem notifikasi melalui WhatsApp.
3. Mengumpulkan Data Teknis: Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data spesifikasi teknis seluruh komponen yang digunakan, seperti tegangan kerja adaptor 12V, sensitivitas sensor MQ-4, kisaran tekanan kerja dari sensor Wisner WPT-83G, serta kebutuhan arus komponen aktif seperti solenoid valve dan buzzer. Informasi ini digunakan untuk merancang sistem yang efisien dan aman.
4. Perancangan Sistem: Sistem dirancang agar ESP32 dapat membaca data dari sensor tekanan dan sensor gas, kemudian menampilkan informasi secara real-

time melalui LCD I2C 16x2 serta mengirimkan data ke aplikasi Blynk. Jika tekanan melebihi ambang batas atau terdeteksi kebocoran gas, sistem secara otomatis mengaktifkan buzzer melalui relay, menutup solenoid valve, dan mengirim notifikasi peringatan ke WhatsApp pengguna. Rangkaian disusun menggunakan software desain rangkaian elektronik dan logika program dibuat dengan Arduino IDE.

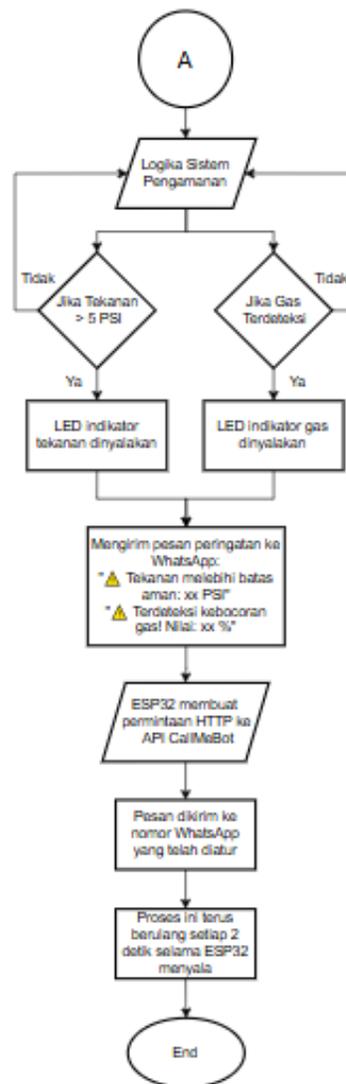
5. Pembuatan Prototipe: Pada tahap ini, seluruh komponen seperti fitting pneumatic, selang PU, kantong biogas, dan tabung digester dirakit menjadi satu sistem utuh. Mikrokontroler ESP32 diprogram untuk menjalankan fungsi monitoring dan respons otomatis. Komunikasi IoT diatur untuk menghubungkan ESP32 ke aplikasi Blynk dan WhatsApp menggunakan jaringan internet.
6. Pengujian Sistem: Setelah prototipe selesai dirakit, dilakukan pengujian untuk memastikan sistem bekerja sesuai yang diharapkan. Pengujian mencakup pemantauan tekanan dalam digester, deteksi gas metana, respon buzzer dan solenoid valve saat kondisi bahaya, serta pengiriman data ke Blynk dan pesan peringatan ke WhatsApp.
7. Evaluasi dan Perbaikan: Berdasarkan hasil uji coba, dilakukan evaluasi terhadap respons sensor, kecepatan pengiriman data ke aplikasi dan WhatsApp, serta kestabilan kerja ESP32. Jika ditemukan ketidaksesuaian atau malfungsi, maka dilakukan perbaikan baik dari sisi perangkat keras (hardware) maupun perangkat lunak (software).

8. Penyusunan Laporan: Tahapan terakhir adalah menyusun laporan penelitian secara sistematis yang mencakup latar belakang, metode, perancangan sistem, hasil pengujian, evaluasi, dan simpulan. Laporan ini juga mencantumkan potensi pengembangan lebih lanjut dari sistem keamanan biodigester berbasis IoT ini untuk skala lebih luas.

Berikut ini merupakan Flowchart proses memprogram mikrokontroler ESP32 dan IoT (Blynk dan WhatsApp) yaitu:



Gambar 3. 2 Flowchart memprogram mikro dan IoT A



Gambar 3. 3 Flowchart memprogram mikro dan IoT lanjutan A

Adapun penjelasan tahapan memprogram mikrokontroler ESP32 dan IoT (Blynk dan WhatsApp) ini adalah sebagai berikut:

1. Tahap Inisialisasi dan Koneksi Sistem

1. Start: Proses dimulai ketika mikrokontroler ESP32 dinyalakan.
2. ESP32 mulai bekerja: Program otomatis dijalankan.

3. Pengaturan pin sensor dan output: Pin untuk sensor tekanan, sensor gas, dan LED indikator dikonfigurasi sesuai fungsi input/output.
 4. Serial Monitor diaktifkan: Digunakan untuk menampilkan pembacaan data dan status koneksi secara real-time untuk debugging.
 5. Resolusi ADC diatur: Supaya pembacaan tegangan analog dari sensor tekanan lebih akurat.
 6. Koneksi WiFi: ESP32 terhubung ke jaringan WiFi melalui WiFiManager.
 1. Jika gagal, ESP32 mencoba menghubungkan ulang.
 2. Jika berhasil, lanjut ke pemantauan sensor.
2. Pemantauan dan Pengiriman Data ke Platform IoT (Blynk)
1. Login ke Blynk: ESP32 menggunakan auth token untuk terhubung ke server Blynk.
 2. Looping pemantauan sensor setiap 2 detik:
 1. Sensor tekanan: Mengirim sinyal analog ke pin ADC ESP32. Tegangan dikonversi menjadi satuan PSI melalui rumus kalibrasi.
 2. Sensor gas (MQ-4): Memberikan sinyal digital HIGH/LOW. LOW menandakan kebocoran gas.
 3. Data ditampilkan di Serial Monitor untuk memudahkan pengujian.
 4. Pengiriman data ke Blynk:

1. Nilai tekanan dikirim ke Virtual Pin V2.
 2. Status gas dikirim ke Virtual Pin V3.
 5. Hasil pemantauan dapat dilihat di aplikasi Blynk dalam bentuk grafik tekanan gas dan status kebocoran secara real-time.
3. Logika Keamanan dan Notifikasi WhatsApp
1. Sistem menjalankan logika pengamanan:
 1. Jika tekanan > 5 PSI: LED indikator tekanan menyala.
 2. Jika gas terdeteksi: LED indikator gas menyala.
 2. Sistem mengirim pesan peringatan ke WhatsApp menggunakan API CallMeBot. Pesan berisi:
 1. Peringatan tekanan melebihi batas aman (>5 PSI).
 2. Peringatan kebocoran gas beserta nilai deteksi.
 3. ESP32 mengirim permintaan HTTP ke API CallMeBot, lalu pesan diteruskan ke nomor WhatsApp pengguna.
 4. Proses pengiriman ini diulang setiap 2 detik selama ESP32 menyala.
4. Akhir Proses
1. Sistem terus berjalan (looping) untuk memantau kondisi dan mengirim notifikasi.
 2. Jika ESP32 dimatikan, proses berhenti.

Sistem monitoring tekanan berlebih dan kebocoran gas metana berbasis Internet of Things (IoT) ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung

dengan sensor tekanan dan sensor gas metana (MQ-4). Data dari kedua sensor tersebut dibaca secara real-time oleh ESP32, kemudian diolah untuk mengetahui apakah nilai tekanan dan konsentrasi gas berada dalam batas aman. Jika data masih dalam kondisi normal, ESP32 akan mengirimkan data tersebut ke aplikasi Blynk melalui koneksi Wi-Fi, sehingga pengguna dapat memantau tekanan dan kadar gas secara langsung melalui smartphone dalam bentuk indikator status sistem.

Namun, apabila terdeteksi tekanan berlebih atau kebocoran gas metana, maka sistem akan secara otomatis mengaktifkan aktuator berupa relay untuk membuka katup solenoid dan menyalakan/membunyikan Buzzer sebagai langkah pengamanan, serta mengirimkan notifikasi peringatan ke aplikasi WhatsApp melalui API CallMeBot. Pesan WhatsApp tersebut akan berisi informasi terkait waktu kejadian, jenis bahaya yang terdeteksi yaitu: tekanan melebihi batas aman, terdeteksi kebocoran gas dan saran tindakan cepat bagi pengguna. Dengan integrasi antara aplikasi Blynk sebagai platform monitoring dan WhatsApp sebagai sistem peringatan dini, pengguna dapat memperoleh informasi yang cepat dan akurat untuk menjaga keamanan sistem biodigester secara real-time dan jarak jauh.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data menjadi langkah yang sangat penting dalam pelaksanaannya. Dalam prosesnya, penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data berikut.

3.3.1 Studi Literatur

Studi literatur merupakan metode pengumpulan data yang dilakukan melalui penelusuran, pembacaan, dan analisis terhadap berbagai sumber informasi tertulis yang relevan dengan topik penelitian. Dalam penelitian ini, studi literatur digunakan untuk memperoleh pemahaman mendalam mengenai prinsip kerja biodigester sebagai reaktor anaerobik yang mengubah limbah organik menjadi gas metana, serta pentingnya sistem monitoring tekanan dan deteksi kebocoran gas metana untuk menjamin keamanan sistem.

Penelusuran dilakukan terhadap buku teknik, jurnal ilmiah, artikel publikasi, dan laporan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan pemanfaatan Mikrokontroler ESP32 dalam sistem berbasis Internet of Things (IoT), penggunaan sensor tekanan Wisner WPT-83G untuk mendeteksi tekanan internal digester, serta sensor gas MQ-4 yang mampu mendeteksi konsentrasi gas metana dalam kisaran 200–10.000 ppm. Studi literatur ini juga mencakup kajian mengenai penggunaan relay dan solenoid valve dalam pengendalian aliran gas, serta buzzer sebagai sistem alarm lokal. Selain itu, referensi tentang aplikasi Blynk dan integrasi sistem notifikasi melalui WhatsApp turut dikaji untuk mendukung pemantauan jarak jauh secara real-time.

Melalui studi literatur ini, peneliti memperoleh informasi penting mengenai parameter kerja sistem, pemilihan komponen yang tepat, serta

rujukan dalam merancang logika kontrol otomatis yang aman, efisien, dan responsif terhadap kondisi darurat, sehingga sistem keamanan biodigester portabel yang dirancang berbasis IoT dapat bekerja secara optimal dan sesuai kebutuhan.

3.3.2 Observasi

Observasi dalam penelitian ini dilakukan untuk memperoleh pemahaman langsung terhadap kondisi eksisting biodigester portabel yang belum dilengkapi dengan sistem keamanan otomatis. Berdasarkan pengamatan lapangan dan studi awal, diketahui bahwa proses monitoring tekanan dan potensi kebocoran gas metana pada biodigester tradisional masih dilakukan secara manual, tanpa adanya sistem yang dapat memberikan peringatan dini secara real-time. Hal ini berisiko terhadap keselamatan, terutama jika terjadi tekanan berlebih atau kebocoran gas yang tidak terdeteksi tepat waktu.

Selama observasi, peneliti juga mencermati kebutuhan pengguna terhadap sistem yang praktis, responsif, dan mampu memberikan notifikasi secara langsung melalui perangkat seluler. Ketiadaan fitur notifikasi otomatis seperti alarm suara, kontrol katup otomatis, dan pemberitahuan ke perangkat pengguna menjadi fokus utama dalam perancangan sistem keamanan ini. Selain itu, pengamatan terhadap karakteristik lingkungan tempat penggunaan biodigester, seperti ketersediaan jaringan Wi-Fi dan sumber daya listrik, juga

menjadi bahan pertimbangan dalam pemilihan komponen seperti ESP32, sensor tekanan, dan sensor gas.

Melalui kegiatan observasi ini, peneliti memperoleh dasar yang kuat untuk menentukan spesifikasi kebutuhan sistem, merancang skema kerja perangkat keras dan perangkat lunak, serta menyusun logika kontrol berbasis mikrokontroler dan Internet of Things yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapi pengguna biodigester portabel.

3.3.3 Pengukuran

Pengukuran dalam penelitian ini dilakukan secara kuantitatif melalui penggunaan sensor tekanan dan sensor gas yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32. Sensor tekanan Wisner WPT-83G digunakan untuk mengukur tekanan gas yang terbentuk di dalam tabung biodigester selama proses fermentasi berlangsung. Sensor ini menghasilkan sinyal analog yang dibaca langsung oleh ESP32 untuk memantau kondisi tekanan secara real-time. Sementara itu, sensor MQ-4 digunakan untuk mendeteksi konsentrasi gas metana (CH_4) yang mungkin bocor dari sistem, dengan sensitivitas terhadap gas dalam rentang 200–10.000 ppm. Kedua sensor bekerja secara otomatis dan terus-menerus selama sistem aktif, sehingga data yang diperoleh dapat langsung diproses oleh ESP32 untuk menentukan apakah kondisi berada dalam batas aman atau tidak.

Data dari sensor digunakan sebagai parameter utama dalam pengambilan keputusan otomatis, seperti mengaktifkan buzzer sebagai peringatan lokal, menutup solenoid valve melalui relay untuk menghentikan aliran gas, serta mengirimkan notifikasi peringatan melalui WhatsApp kepada pengguna. Informasi tekanan dan status gas juga ditampilkan secara real-time melalui layar LCD I2C 16x2 dan aplikasi Blynk, yang memungkinkan pemantauan dari jarak jauh. Proses pengukuran ini dirancang agar sistem dapat merespons dengan cepat dan tepat ketika terjadi kondisi berbahaya, seperti tekanan berlebih atau kebocoran gas.

Seluruh proses pengukuran dikendalikan oleh logika program yang ditanamkan dalam ESP32 menggunakan platform Arduino IDE. Dengan adanya sistem pengukuran yang terintegrasi dan terdokumentasi secara digital, pengambilan keputusan dalam sistem keamanan biodigester menjadi lebih akurat, otomatis, dan dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Pengukuran ini juga menjadi dasar untuk evaluasi performa sistem serta validasi hasil pengujian terhadap efektivitas sistem keamanan yang dirancang.

3.4 Instrumen Penelitian

Beberapa perangkat yang digunakan sebagai penunjang pembuatan produk tugas akhir adalah:

3.4.1 Alat

1. Pensil

2. Penggaris
3. Tang Kombinasi
4. Obeng
5. Multitester
6. Amplas
7. Solder
8. Bor
9. Pemotong / Catter
10. Lem Pipa
11. Lem Kapal
12. Lem tembak
13. Mur dan Baut
14. Gerinda

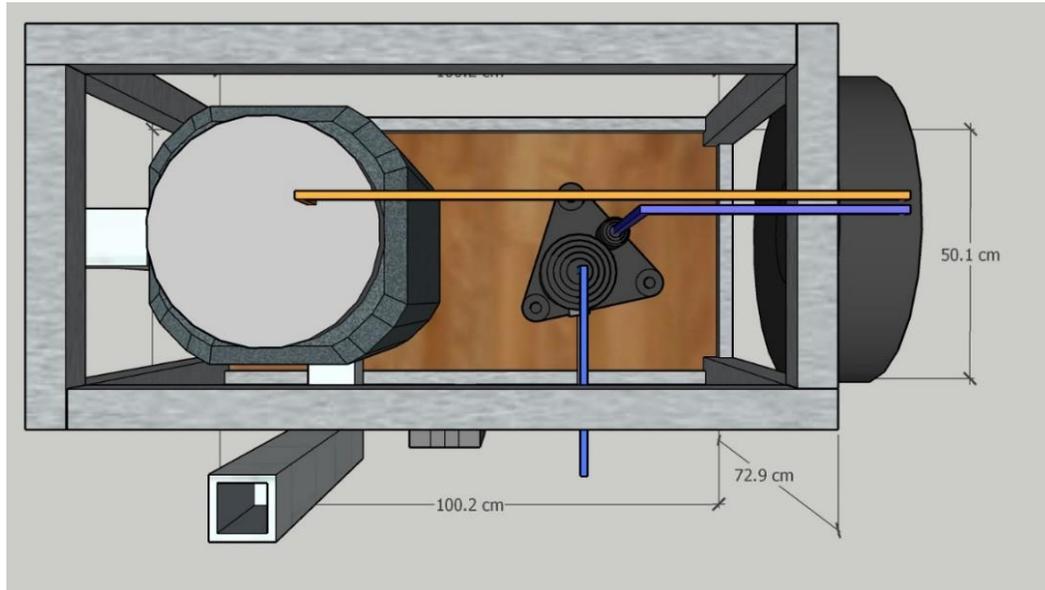
3.4.2 Bahan

1. Mikrokontroler ESP32
2. Sensor Tekanan Wisner WPT-83G
3. Sensor gas MQ-4
4. LCD I2c 16x2
5. Adaptor 12V
6. Modul Step-Down DC to DC 5A
7. Relay Module 3,3V

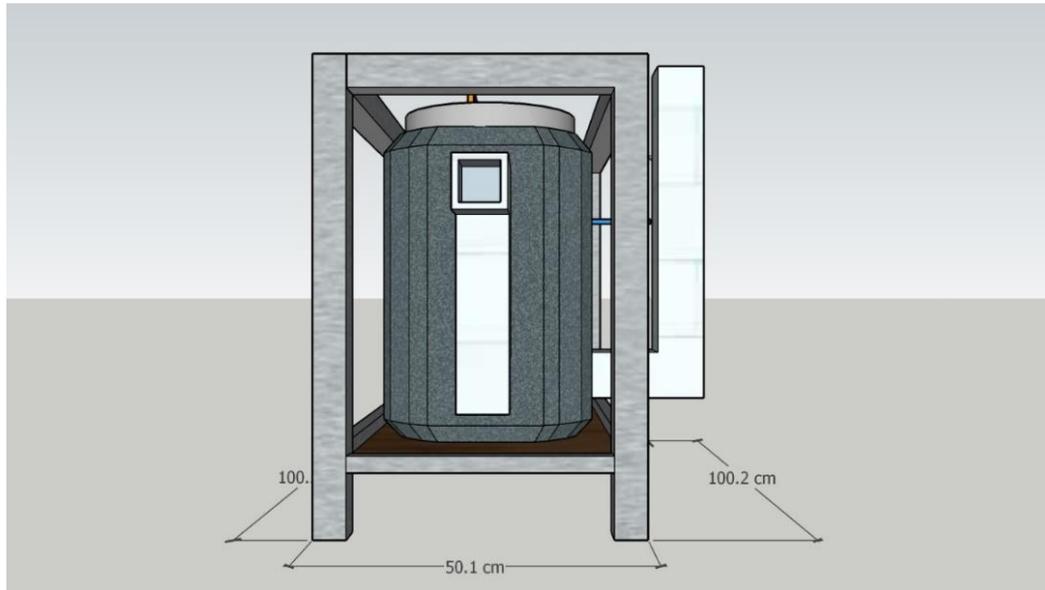
8. Buzzer 3-24V
9. Solenoid valve DC 12V
10. Fitting pneumatic dan Selang polyurethane (PU)
11. Kantong biogas
12. Tabung Digester

3.5 Tahap Perancangan Alat

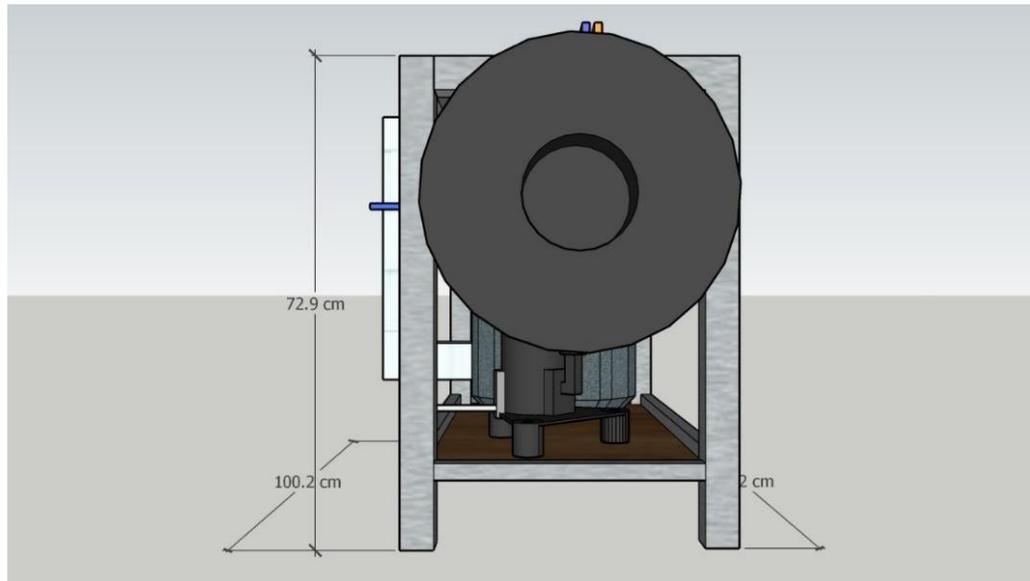
Pada bagian ini dijelaskan mengenai tahap perancangan alat yang meliputi dua aspek penting, yaitu desain visual produk dan wiring diagram. Desain visual produk bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh mengenai bentuk alat yang akan dibuat, yang disusun menggunakan software SketchUp 3D. Dengan menggunakan SketchUp, proses perancangan menjadi lebih mudah dan intuitif karena dapat menampilkan model tiga dimensi yang memudahkan pemahaman tentang tampilan dan fungsionalitas produk. Selain itu, perancangan wiring diagram juga merupakan bagian integral dari tahap ini, yang dilakukan dengan menggunakan software Fritzing. Fritzing memungkinkan untuk menggambar wiring komponen, memberikan panduan jelas mengenai susunan dan koneksi antar komponen dalam alat. Kedua alat ini, SketchUp 3D dan Fritzing, saling melengkapi dalam memvisualisasikan baik bentuk fisik maupun struktur elektronik alat yang dirancang.



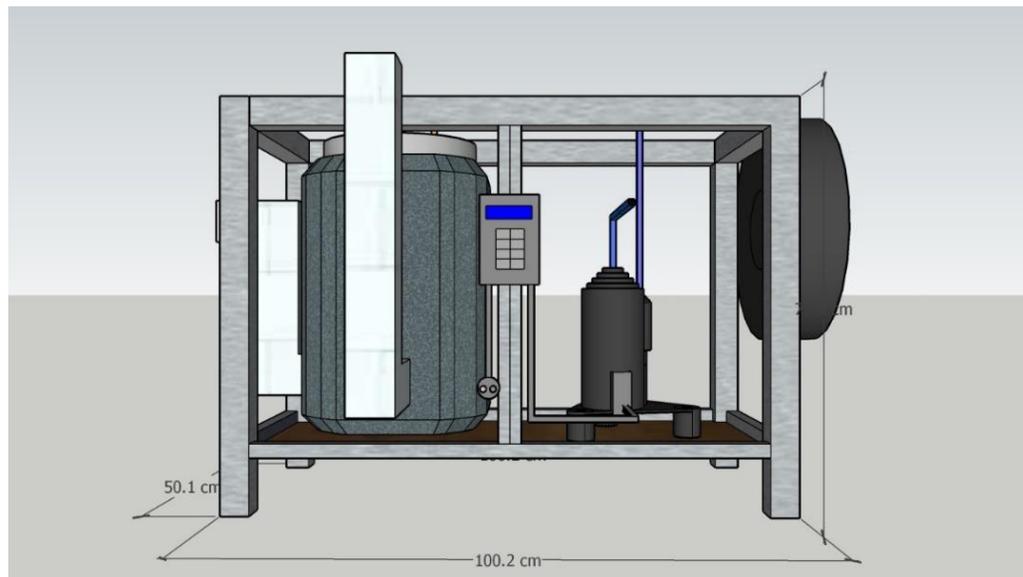
Gambar 3. 4 Tampak Atas Desain Visual



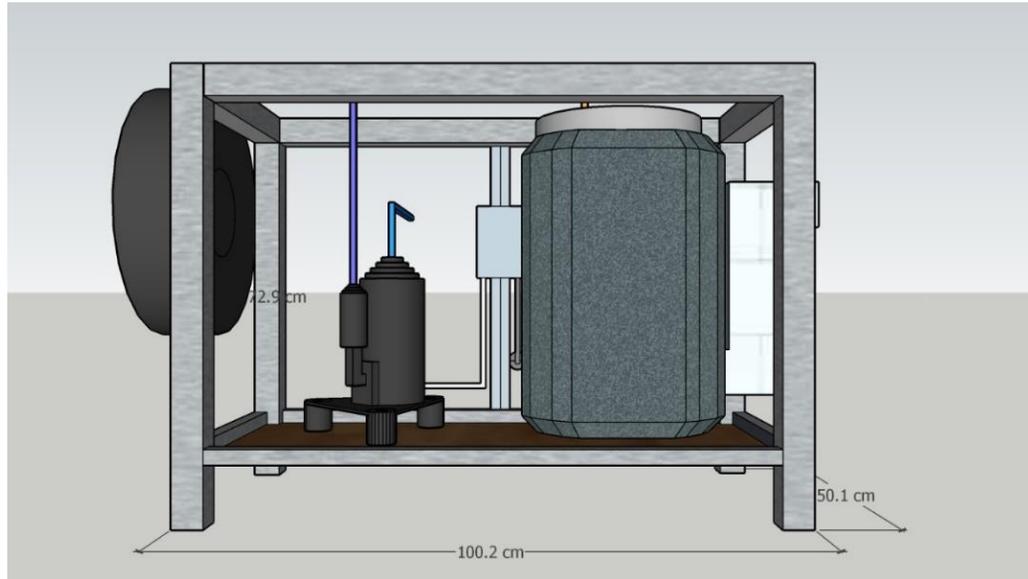
Gambar 3. 5 Tampak Samping Kiri Desain Visual



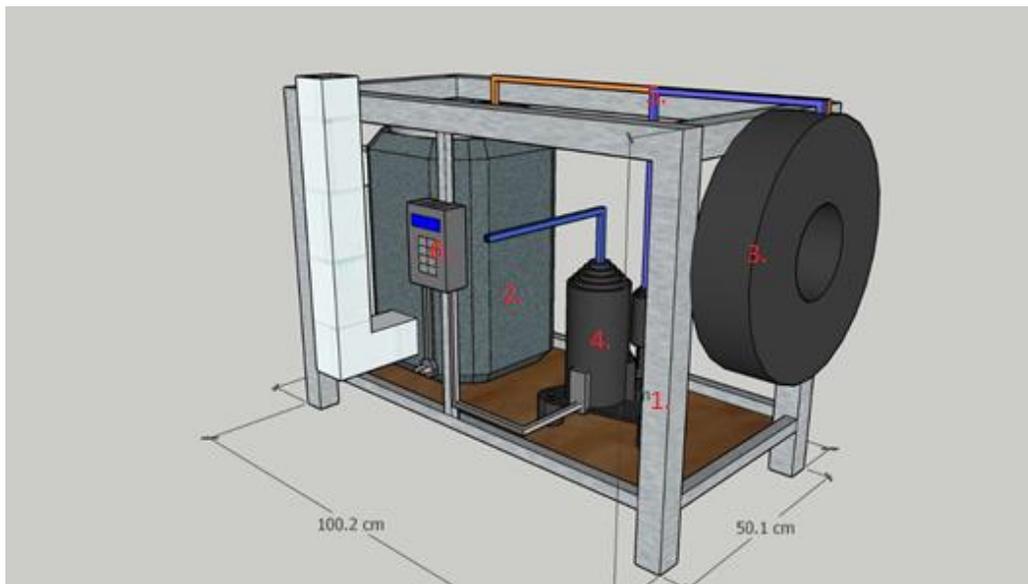
Gambar 3. 6 Tampak Samping Kanan Desain Visual



Gambar 3. 7 Tampak Depan Desain Visual



Gambar 3. 8 Tampak Belakang Desain Visual



Gambar 3. 9 Poin-Poin Tiap bagian Desain Visual

Sistem monitoring tekanan berlebih dan kebocoran gas metana ini dirancang secara terintegrasi dalam sebuah rangka portabel berbahan siku besi

berukuran 100 cm × 50 cm. Tujuan utama dari desain ini adalah agar alat kokoh namun tetap mudah dipindahkan sesuai kebutuhan di lapangan.

Berikut penjelasan poin-poin dari tiap bagian utama sistem:

1. Rangka Besi Portabel

Rangka berbahan siku besi berfungsi sebagai struktur utama yang menopang seluruh komponen sistem. Dimensi 100 cm × 50 cm dipilih agar cukup untuk menampung seluruh peralatan namun tetap ringkas dan mudah dibawa ke berbagai lokasi.

2. Tabung Digester

Tabung digester berbahan gentong plastik digunakan sebagai wadah pengolahan limbah organik dengan Folume tampungan sebanyak 20 Kg. Di dalamnya terjadi proses fermentasi anaerobik yang menghasilkan gas biogas yang akan digunakan sebagai bahan bakar terkompresi.

3. Kantong Biogas (Ban Dalam)

Gas biogas hasil fermentasi dari Tabung digester pertama-tama disalurkan ke dalam ban dalam kendaraan yang berfungsi sebagai penampung sementara dengan tampungan volume udara mencapai 25 liter. Pemilihan ban dalam didasarkan pada sifatnya yang elastis, mudah diperoleh, serta mampu menampung tekanan rendah dari hasil fermentasi.

4. Kompresor

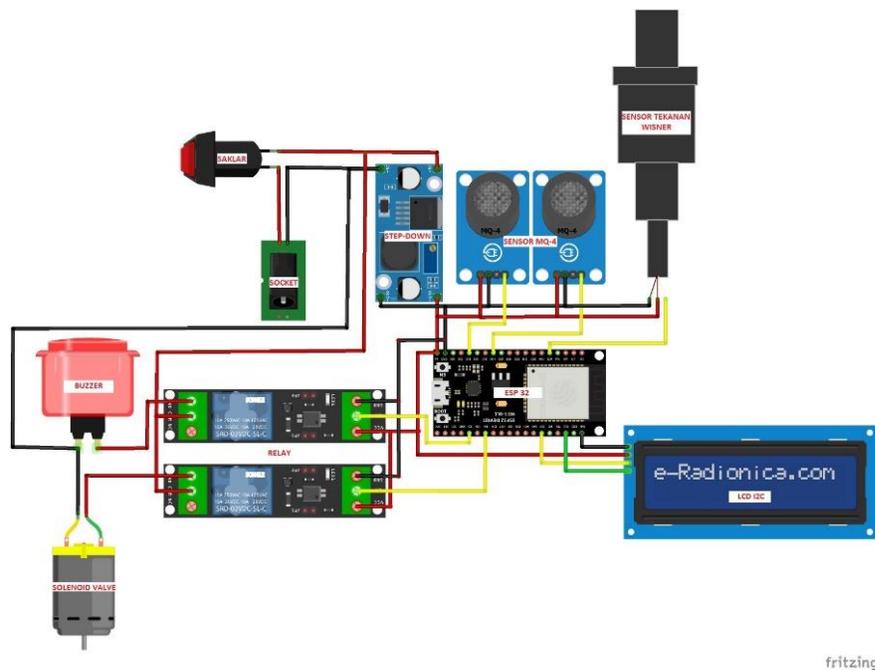
Kompresor berperan penting dalam menyedot biogas yang tertampung pada kantong biogas kemudian di keluarkan untuk memberikan tekanan pada biogas agar dapat terdorong masuk ke dalam tabung penyimpanan akhir yaitu tabung gas portabel

5. Selang PU (Polyurethane)

Selang PU digunakan untuk menghubungkan seluruh jalur Perpindahan gas antar komponen, seperti dari Tabung digester ke kantong biogas, dari kantong biogas ke kompresor, dan ke tabung penyimpanan. Selang ini dipilih karena sifatnya yang lentur, tahan tekanan, serta tidak mudah bocor.

6. Box Hitam (Panel Elektronik)

Box hitam berfungsi sebagai wadah pelindung bagi komponen elektronik seperti mikrokontroler ESP32, relay, Modul step-down, dan rangkaian kabel. Penempatan semua komponen dalam satu box bertujuan untuk melindungi sistem dari debu, kelembaban, serta memberikan tampilan alat yang lebih rapi dan aman dalam pengoperasian.



Gambar 3. 10 Wiring Diagram

Berikut adalah penjelasan dari masing-masing komponen yang terlibat:

1. Adaptor 12V berfungsi sebagai sumber daya utama bagi sistem. Komponen ini mengubah tegangan listrik dari PLN (AC 220V) menjadi tegangan DC 12V yang digunakan untuk menghidupkan berbagai komponen seperti solenoid valve, relay, dan buzzer. Adaptor ini juga dapat dihubungkan ke regulator tegangan untuk menyediakan suplai ke ESP32 yang bekerja pada tegangan lebih rendah.
2. Saklar On/Off digunakan untuk mengendalikan aliran arus listrik ke seluruh rangkaian. Saklar ini memungkinkan pengguna untuk menghidupkan atau mematikan sistem secara manual, sehingga dapat meningkatkan keamanan dan efisiensi penggunaan daya saat perangkat tidak digunakan.

3. Modul step-down (buck converter) berfungsi untuk menurunkan tegangan 12V menjadi 5V atau 3.3V sesuai kebutuhan komponen seperti ESP32 dan sensor tertentu. Modul ini sangat penting agar komponen yang tidak tahan terhadap tegangan tinggi dapat beroperasi dengan aman dan stabil.
4. ESP32 adalah pusat kendali sistem yang berfungsi untuk membaca data dari sensor tekanan dan sensor gas, memproses informasi tersebut, dan mengendalikan komponen output seperti buzzer, solenoid valve, dan relay. Selain itu, ESP32 mendukung koneksi Wi-Fi sehingga dapat mengirim data secara real-time ke aplikasi Blynk dan mengirimkan notifikasi ke WhatsApp.
5. Sensor tekanan Wisner WPT-83G digunakan untuk mengukur tekanan gas di dalam biodigester. Sensor ini mengubah tekanan fisik menjadi sinyal listrik yang kemudian dibaca oleh ESP32. Data tekanan ini sangat penting untuk mengetahui apakah terjadi tekanan berlebih yang bisa menyebabkan risiko kebocoran atau ledakan.
6. Relay 3.3V berfungsi sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh ESP32. Modul ini digunakan untuk mengontrol perangkat bertegangan tinggi seperti solenoid valve dan buzzer. Relay ini penting karena ESP32 hanya bekerja pada logika 3.3V, sehingga diperlukan modul relay yang kompatibel dengan level tegangan tersebut.
7. Solenoid valve berfungsi sebagai katup otomatis yang akan membuka atau menutup aliran gas berdasarkan perintah dari ESP32. Jika tekanan gas

terdeteksi melebihi batas aman, ESP32 akan memerintahkan relay untuk menyalakan solenoid valve agar membuka aliran gas demi mencegah bahaya.

8. Sensor gas MQ-4 digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas metana (CH_4) di sekitar lingkungan biodigester. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan resistansi internal terhadap konsentrasi gas metana. Ketika konsentrasi gas melebihi batas aman, sensor akan mengirimkan sinyal ke ESP32 sebagai peringatan kebocoran gas.
9. Buzzer berfungsi sebagai alarm suara yang akan berbunyi ketika sistem mendeteksi kondisi berbahaya, seperti kebocoran gas metana. Komponen ini diaktifkan oleh relay dan memberikan peringatan akustik langsung kepada pengguna agar segera mengambil tindakan.
10. LCD I2C 16x2 digunakan untuk menampilkan informasi sistem secara lokal, seperti nilai tekanan, status sensor gas, dan kondisi sistem. Modul ini terhubung ke ESP32 melalui antarmuka I2C yang memudahkan komunikasi data hanya dengan dua pin, sehingga efisien dalam penggunaan pin mikrokontroler.

Seluruh komponen dihubungkan secara sistematis untuk membentuk sistem kontrol otomatis yang andal dan mudah dioperasikan. Rangkaian ini mendeteksi tekanan berlebih dan kebocoran gas sesuai batas yang ditetapkan pengguna, sekaligus menjaga proses fermentasi anaerob serta penyaluran gas metana ke tabung digester dan kantong biogas tetap aman dan lancar.

Tabel 3. 1 Tabel Koneksi Wiring Diagram

No	Komponen	Pin/Terminal Komponen	Terhubung ke Pin ESP32 / Modul Lain	Keterangan Fungsi
1.	Sensor Tekanan Wisner	-Output (Vout) -VCC -GND	-Pin ADC ESP32 (misal: GPIO34) -(output step-down) -GND ESP32	-Mengirim sinyal analog tekanan -Catu daya sensor -Ground bersama
2.	Sensor MQ-4 (1)	-DO/Analog -VCC 5V -GND	-GPIO32 ESP32 -(output step-down) -GND ESP32	-Sinyal kebocoran gas (digital) -Catu daya sensor -Ground bersama
3.	Sensor MQ-4 (2)	- DO/Analog - VCC 5V - GND	- GPIO32 ESP32 -(output step-down) - GND ESP32	- Sinyal kebocoran gas (digital) - Catu daya sensor - Ground bersama
4.	LCD I2C 16x2	- SDAGPIO21 (SDA ESP32) - VCC 5V - GND	- Data I2C SCLG PIO22 (SCL ESP32) - (output step-down) - GND ESP32	- Clock I2C - Catu daya LCD - Ground bersama
5.	Relay 1 (untuk Buzzer)	-IN -VCC 5V -GND	-GPIO25 ESP32 Kontrol aktif buzzer VCC 5V (output step-down) -(output step-down) -GND ESP32	-Catu daya relay -Catu daya relay -Ground bersama
6.	Relay 2 (untuk Solenoid)	-IN -VCC 5V -GND	-GPIO26 ESP32 -(output step-down) -GND ESP32	-Kontrol aktif solenoid valve -Catu daya relay -Ground bersama
7.	Buzzer	-(+) -(-)	-Output relay 1 NO -GND	-Alarm bunyi saat kondisi bahaya -Ground
8.	Solenoid Valve	-(+) -(-)	-Output relay 2 NO -GND	-Katup buka saat tekanan -Ground

9.	Step-Down Converter	-Output Vout -Input Vin	-5V supply untuk ESP32, sensor, LCD, relay -Soket DC 12V (dari adaptor)	-Menurunkan 12V ke 5V -Sumber daya 12V dari soket
10.	Saklar ON/OFF	-Seri dengan Soket	- Memutus/menghubungkan sumber daya utama	-Switch utama sistem

BAB IV

PEMBAHASAN

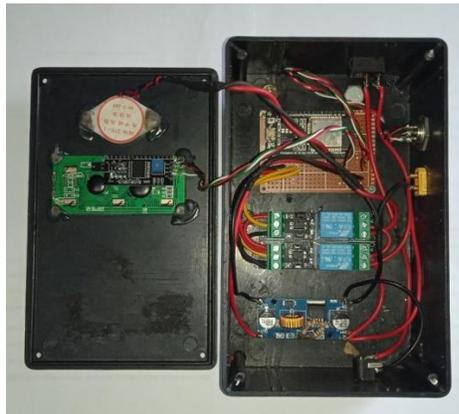
4.1 Perakitan dan Cara Kerja

Pada sistem ini, box komponen dilengkapi dengan konektor yang menghubungkan kabel ke bagian-bagian utama alat seperti sensor tekanan wisner, sensor gas MQ-4 dan solenoid valve. Konektor tersebut terhubung dengan sensor tekanan wisner yang dipasang pada tabung digester untuk memantau tekanan gas metana yang terbentuk pada proses fermentasi anaerobik berlangsung, 2 Sensor gas MQ-4 yang di pasang pada langit-langit alat untuk memantau adanya kebocoran gas metana di sekitar alat yaitu: pada saat pembentukan gas metana pada tabung digester, pengisian gas metana pada kantong biogas (ban dalam) dan pada saat kompresor mengisi tabung gas portable dengan gas metana. Kedua sensor ini memantau setiap 2 detik kemudian mengirimkan data langsung ke mikrokontroler ESP32, yang bertugas mengatur logika kerja sistem. Jika terjadi tekanan melebihi batas aman dan kebocoran gas metana pengguna dapat memantau secara real-time pada aplikasi Blynk sebagai platform monitoring melalui smartphone dalam bentuk indikator status sistem, kemudian menampilkan informasi system melalui LCD I2C, seperti nilai tekanan, status sensor gas, dan kondisi sistem dan mendapatkan pesan/notifikasi peringatan dini dari WhatsApp API CallMeBot. Kemudian ESP32 akan menyalakan Relay untuk mengaktifkan solenoid valve

yang akan membuka katup untuk mengeluarkan gas berlebih, membunyikan buzzer ketika terdeteksi kebocoran gas dan proses ini terus berulang setiap 2 detik selama ESP32 menyala.



Gambar 4. 1 Alat Biodigester Portabel



Gambar 4. 2 Box Rangkaian Komponen

Adapun cara kerja atau proses dari sistem keamanan biodigester portable adalah sebagai berikut: berikut:

1. Sistem dimulai ketika mendapat suplai listrik dari sumber tegangan AC 220V. Tegangan ini dikonversi menjadi DC 12V menggunakan adaptor, lalu diturunkan menjadi 5V/3.3V melalui modul step-down untuk mendukung kebutuhan tegangan kerja ESP32 dan sensor.
2. Setelah mendapatkan tegangan yang sesuai, mikrokontroler ESP32 menyala dan mulai menjalankan program yang mengatur proses pemantauan tekanan dan deteksi gas metana.
3. Pembacaan Sensor oleh ESP32
 1. Sensor tekanan mendeteksi besarnya tekanan gas di dalam tabung digester dan mengirimkan data analog ke ESP32.
 2. Sensor gas MQ-4 mendeteksi adanya kebocoran gas metana dan memberikan sinyal digital kepada ESP32.
4. ESP32 membaca dan mengolah data dari kedua sensor untuk menentukan apakah:
 1. Tekanan gas melebihi ambang batas aman.
 2. Terdapat kebocoran gas metana di sekitar sistem.
5. Jika tekanan normal dan tidak ada kebocoran gas:
 1. Relay tetap mati, katup solenoid tidak terbuka.
 2. Relay tetap mati, Buzzer tidak berbunyi.
 3. Sistem tetap melakukan pemantauan secara terus-menerus.
6. Jika tekanan melebihi batas aman:

1. Relay menyala, sehingga katup solenoid terbuka untuk melepaskan kelebihan tekanan dari tabung digester.
 2. Data tekanan ditampilkan pada layar LCD I2C dan dikirim ke aplikasi Blynk secara real-time.
 3. Sistem mengirim notifikasi peringatan melalui WhatsApp kepada pengguna untuk segera menindaklanjuti kondisi tersebut.
7. Jika terdeteksi kebocoran gas metana:
1. Relay menyala dan buzzer berbunyi sebagai alarm peringatan.
 2. Informasi status kebocoran ditampilkan pada LCD I2C dan aplikasi Blynk.
 3. Sistem mengirimkan notifikasi WhatsApp untuk memberikan peringatan dini kepada pengguna.
8. Sistem terus bekerja secara otomatis dengan membaca sensor secara berkala, mengelola status perangkat output (relay, buzzer, katup solenoid), dan memberikan notifikasi secara real-time untuk memastikan keamanan selama proses produksi dan penyaluran biogas dari tabung digester ke kantong biogas.

4.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem alat dilakukan untuk mengetahui sejauh mana sistem keamanan Biodigester portable berbasis mikrokontroler ESP32 dan Internet of things bekerja dengan baik sesuai dengan fungsinya. Pengujian ini mencakup evaluasi terhadap setiap komponen utama yang digunakan dalam alat, serta

kinerjanya selama proses fermentasi anaerobik dan pengisian gas metana ke kantong biogas berlangsung.

4.2.1 Pengujian Sistem Pada Setiap Komponen

Berikut ini merupakan table hasil pengujian system pada setiap komponen yaitu:

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Sistem Pada Setiap Komponen

No	Jenis Pengujian	Kriteria	Performa
1	Mikrokontroler ESP32	Mengontrol logika kerja sistem, membaca sensor, mengatur relay Solenoid valve dan Buzzer	Berjalan
2	Sensor Tekanan Wisner	Mendeteksi tekanan gas melebihi batas aman dalam tabung digester dan mengirim data ke ESP32	Berjalan
3	Sensor Gas MQ-4	Mendeteksi gas metana jika terjadi kebocoran gas metana di sekitar area alat pada fermentasi limbah dan pengisian kantong biogas dll	Berjalan
4	Modul Step-Down	Menurunkan tegangan 12V menjadi 5V atau 3,3V sesuai kebutuhan komponen seperti ESP32 dan sensor tertentu	Berjalan
5	Relay Modul	Mengatur / mengontrol aliran daya ke Solenoid Valve dan Buzzer berdasarkan sinyal dari ESP32	Berjalan
6	LCD I2C	Menampilkan data sistem secara real-time, seperti nilai tekanan, status sensor gas, dan kondisi sistem	Berjalan
7	Solenoid Valve	Katup otomatis yang akan membuka atau menutup aliran gas berdasarkan perintah dari ESP32	Berjalan
8	Buzzer	Alarm suara yang akan berbunyi ketika sistem mendeteksi kondisi	Berjalan

		berbahaya, seperti kebocoran gas metana	
9	Fitting Pneumatic dan Selang Polyurethane (PU)	Fitting pneumatic penghubung antara outlet gas pada tabung digester dengan selang secara rapat dan aman, sehingga mencegah kebocoran gas serta memudahkan proses pemasangan, perawatan sistem biogas dan Selang PU berperan sebagai jalur penghantar gas dari tabung digester menuju kantong biogas	Berjalan
10	Tabung Digester	Berbahan gentong plastik digunakan sebagai wadah pengolahan limbah organik, di dalamnya terjadi proses fermentasi anaerobik yang menghasilkan gas biogas yang akan digunakan sebagai bahan bakar terkompresi	Berjalan
11	Kantong Biogas (Ban Dalam)	Wadah fleksibel untuk menyimpan gas metana yang dihasilkan dari proses fermentasi anaerobik bahan organik pada tabung Digester	Kurang Sesuai

Tabel tersebut menunjukkan hasil pengujian komponen pada sistem monitoring tekanan berlebih dan kebocoran gas metana berbasis mikrokontroler ESP32. Mikrokontroler ESP32 berfungsi dengan baik dalam mengontrol logika kerja sistem, membaca sensor, serta mengatur aktuator seperti relay, solenoid valve, dan buzzer. Sensor tekanan Wisner dan sensor gas MQ-4 juga menunjukkan kinerja optimal dalam mendeteksi tekanan gas yang melebihi batas aman serta keberadaan gas metana di sekitar area fermentasi dan pengisian kantong biogas.

Modul step-down berhasil menurunkan tegangan dari 12V menjadi 5V atau 3,3V, sehingga komponen seperti ESP32 dan sensor mendapatkan pasokan daya yang stabil. LCD I2C mampu menampilkan data tekanan dan status sistem secara real-time, sedangkan relay modul secara akurat mengatur aliran daya ke buzzer dan solenoid valve. Buzzer memberikan peringatan suara saat terdeteksi kondisi berbahaya, dan solenoid valve bekerja otomatis membuka atau menutup aliran gas sesuai sinyal dari ESP32.

Fitting pneumatik dan selang polyurethane (PU) berfungsi baik dalam menghantarkan gas dari tabung digester ke kantong penyimpanan tanpa kebocoran. Tabung digester dari bahan gentong plastik bekerja efektif sebagai reaktor fermentasi anaerobik untuk menghasilkan gas metana.

Namun, kantong biogas yang menggunakan ban dalam dinyatakan kurang sesuai karena materialnya tidak dirancang untuk menyimpan gas metana dalam jangka waktu lama. Hal ini berisiko menyebabkan kebocoran atau ketidakefisienan dalam proses penyimpanan gas.

4.2.2 Pengujian Sistem Pada Program / Kodingan

Berikut ini merupakan table hasil pengujian system pada setiap program yaitu:

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian Sistem Pada Program

No	Bagian Program	Deskripsi Fungsi	Hasil Pengujian Sistem
----	----------------	------------------	------------------------

1	Inisialisasi Awal dan Library	Mendefinisikan ID template Blynk, nama template, dan mengimpor library seperti WiFi, HTTPClient, Blynk, dan LCD I2C.	Sistem berhasil terhubung ke WiFi dan Blynk, serta LCD I2C aktif menampilkan data.
2	Deklarasi Variabel dan Objek	Menentukan pin sensor dan LED, serta inisialisasi objek LCD dan parameter WhatsApp (CallMeBot).	Semua pin berfungsi sesuai peran. LCD dan koneksi CallMeBot siap digunakan.
3	Pengaturan Tegangan & Kalibrasi Sensor	Menetapkan tegangan minimum/maksimum sensor, konversi tegangan menjadi tekanan (PSI), serta batas ambang tekanan gas.	Pembacaan sensor tekanan valid dan dikonversi akurat ke PSI. Ambang batas dapat dikenali.
4	Fungsi WhatsApp dan URL Encoder	Fungsi urlencode() mengubah pesan ke format URL. Fungsi sendMessage() mengirim pesan ke CallMeBot melalui HTTPClient.	Pesan WhatsApp berhasil dikirim saat tekanan atau gas melebihi batas dan terdeteksi
5	Fungsi setup()	Inisialisasi koneksi WiFi via WiFiManager, koneksi ke Blynk, serta konfigurasi pin LED, sensor, dan LCD.	Sistem langsung terhubung ke WiFi tanpa kode SSID/pw statis. LCD dan pin LED bekerja baik.
6	Fungsi loop()	Pembacaan tekanan dan gas secara berkala, menampilkan ke LCD, mengirim data ke Blynk, serta mengirim peringatan WhatsApp jika mendeteksi bahaya.	Data tekanan & gas tampil real-time di LCD & Blynk. WhatsApp aktif saat terdeteksi bahaya.

1. Inisialisasi Awal dan Library

Program diawali dengan mendefinisikan template Blynk dan mengimpor berbagai library yang diperlukan untuk koneksi WiFi, pengiriman HTTP, komunikasi dengan Blynk, serta kontrol tampilan LCD I2C.

```
#define BLYNK_PRINT Serial
```

```

#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL6ML17tdST"

#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "test"

#include <WiFi.h>

#include <WiFiClient.h>

#include <HTTPClient.h>

#include <WiFiManager.h>

#include <BlynkSimpleEsp32.h>

#include <Bonezegei_LCD1602_I2C.h>

```

2. Deklarasi Variabel dan Objek

Selanjutnya, variabel penting seperti pin input/output, parameter sensor, serta objek untuk LCD I2C dan koneksi WhatsApp diinisialisasi.

```

// Inisialisasi LCD I2C

Bonezegei_LCD1602_I2C lcd(0x27);

// WhatsApp CallMeBot

String phoneNumber = "+6285134953584";

String apiKey = "4965419";

// Blynk Auth Token

char auth[] = "kAv5PMtywQ3VOIj_s5dmtm6UerK6kTJQ";

// Pin sensor dan LED

```

```

const int pressurePin = 34;

const int gasPin1 = 18;

const int gasPin2 = 19;

const int ledPressurePin = 4;

const int ledGasPin = 2;

```

3. Pengaturan Tegangan dan Kalibrasi Sensor

Sensor tekanan bekerja berdasarkan rentang tegangan tertentu. Oleh karena itu, program ini menetapkan rasio pembagi tegangan dan rumus kalibrasi agar hasil pembacaan sensor dapat dikonversi ke satuan tekanan (PSI).

```

// Kalibrasi tekanan

const float sensorMinVoltage = 0.5;

const float sensorMaxVoltage = 4.5;

const float pressureMaxPSI = 145.0;

const float R1 = 1800.0;

const float R2 = 1800.0;

const float dividerRatio = R2 / (R1 + R2);

const float correctionSlope = 1.0;

const float correctionOffset = -7.0;

const float pressureThreshold = 5; // Ambang batas tekanan

unsigned long lastSendTime = 0;

const unsigned long sendInterval = 2000;

```

```
bool sentPressureAlert = false;

bool sentGasAlert = false;
```

4. Fungsi untuk Encoding URL dan Kirim WhatsApp

Untuk dapat mengirim pesan WhatsApp melalui CallMeBot, teks harus di-encode dalam format URL. Setelah itu, dikirim menggunakan HTTPClient.

```
// Fungsi encode teks ke URL (untuk WhatsApp)

String urlEncode(String str) {

    String encoded = "";

    char c, code0, code1;

    for (int i = 0; i < str.length(); i++) {

        c = str.charAt(i);

        if (isalnum(c)) {

            encoded += c;

        } else {

            code1 = (c & 0xf) + '0';

            if ((c & 0xf) > 9) code1 = (c & 0xf) - 10 + 'A';

            c = (c >> 4) & 0xf;

            code0 = c + '0';

            if (c > 9) code0 = c - 10 + 'A';

            encoded += '%';

            encoded += code0;

            encoded += code1;

        }

    }

}
```

```

    }

    return encoded;
}

// Fungsi kirim WhatsApp
bool sendMessage(String message) {
    String url = "https://api.callmebot.com/whatsapp.php?phone=" + phoneNumber +
        "&apikey=" + apiKey +
        "&text=" + urlEncode(message);

    HTTPClient http;

    http.begin(url);

    http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");

    int httpResponseCode = http.POST("");

    http.end();

    return (httpResponseCode == 200);
}

```

5. Fungsi setup()

Pada fungsi setup, program menginisialisasi LCD, koneksi WiFi secara otomatis menggunakan WiFiManager, serta koneksi ke Blynk. Selain itu, pin LED dan sensor diatur.

```

void setup() {
    Serial.begin(115200);

    analogReadResolution(12);
}

```

```
pinMode(gasPin1, INPUT);
pinMode(gasPin2, INPUT);
pinMode(ledPressurePin, OUTPUT);
pinMode(ledGasPin, OUTPUT);
digitalWrite(ledPressurePin, LOW);
digitalWrite(ledGasPin, LOW);

// LCD setup
lcd.begin();
lcd.print("Menghubungkan WiFi");

// WiFi Manager setup
WiFiManager wm;
if (!wm.autoConnect("ESP32_AP", "12345678")) {
  lcd.clear();
  lcd.print("WiFi gagal");
  delay(3000);
  ESP.restart();
}

lcd.clear();
lcd.print("WiFi: CONNECTED");
```

```
Blynk.begin(auth, WiFi.SSID().c_str(), WiFi.psk().c_str());
}
```

6. Fungsi loop()

Fungsi utama loop() menjalankan pembacaan sensor tekanan dan gas secara berkala, menampilkan data ke LCD, mengirim data ke Blynk, dan mengirim notifikasi ke WhatsApp jika melebihi ambang batas.

```
void loop() {
  Blynk.run();

  unsigned long now = millis();

  if (now - lastSendTime >= sendInterval) {
    lastSendTime = now;

    // ----- Baca sensor tekanan -----

    int adcPressure = analogRead(pressurePin);

    float vAtPin = (adcPressure / 4095.0) * 3.3;

    float vSensor = vAtPin / dividerRatio;

    float pressurePSI = (vSensor - sensorMinVoltage) * pressureMaxPSI /
(sensorMaxVoltage - sensorMinVoltage);

    pressurePSI = pressurePSI * correctionSlope + correctionOffset;

    if (pressurePSI < 0) pressurePSI = 0;

    // ----- Baca sensor gas -----

    int gas1 = digitalRead(gasPin1);
```

```
int gas2 = digitalRead(gasPin2);

bool gasDetected = (gas1 == HIGH || gas2 == HIGH);

float gasLevel = gasDetected ? 100.0 : 0.0;

// ----- Tampilkan ke LCD -----

lcd.clear();

lcd.setPosition(0, 0);

lcd.print("Tek:");

lcd.print(String(pressurePSI, 1).c_str());

lcd.print("PSI");

lcd.setPosition(0, 1);

if (gasDetected) {

    lcd.print("Gas: TERDETEKSI");

} else {

    lcd.print("Gas: AMAN    ");

}

// ----- Logika tekanan -----

if (pressurePSI > pressureThreshold) {

    digitalWrite(ledPressurePin, HIGH);

    if (!sentPressureAlert) {
```

```
    if (sendMessage("⚠️ Tekanan melebihi batas: " + String(pressurePSI, 1) + "
PSI")) {
        Serial.println("✅ WA tekanan terkirim");
    }
    sentPressureAlert = true;
}
} else {
    digitalWrite(ledPressurePin, LOW);
    sentPressureAlert = false;
}

// ----- Logika gas -----
if (gasDetected) {
    digitalWrite(ledGasPin, HIGH);
    if (!sentGasAlert) {
        if (sendMessage("🚨 Deteksi kebocoran gas!")) {
            Serial.println("✅ WA gas terkirim");
        }
        sentGasAlert = true;
    }
} else {
    digitalWrite(ledGasPin, LOW);
    sentGasAlert = false;
```

```

}

// ----- Kirim ke Blynk -----

Blynk.virtualWrite(V2, pressurePSI);

Blynk.virtualWrite(V3, gasLevel);

// ----- Serial Debug -----

Serial.print("Tekanan: ");

Serial.print(pressurePSI, 1);

Serial.print(" PSI | Gas: ");

Serial.println(gasDetected ? "TERDETEKSI" : "AMAN");

}

}

```

4.3 Hasil Penelitian

4.3.1 Hasil Uji Coba Sensor Tekanan Wisner

Tabel 4. 3 Hasil uji coba notivikasi sensor tekanan wisner pada tabung digester

No	Time	Sensor Tekanan	Notivikasi Tekanan Melebihi 5 PSI	Solenoid valve
1.	08.54	Aktif	Tekanan Melebihi Batas: 5.06 PSI	Aktif
2.	14.36	Aktif	Tekanan Melebihi Batas: 5.42 PSI	Aktif
3.	15.32	Aktif	Tidak Terkirim Notivikasi Karena Tekanan Tidak Melebihi Batas: 4.26	Tidak Aktif
4.	22.42	Aktif	Tekanan Melebihi Batas: 6.20 PSI	Aktif
5.	23.14	Aktif	Tidak Terkirim Notivikasi Karena Tekanan Tidak Melebihi Batas: 3.64	Tidak Aktif

6.	03.30	Aktif	Tekanan Melebihi Batas: 6.12 PSI	Aktif
7.	10.51	Aktif	Tekanan Melebihi Batas: 5.37 PSI	Aktif
8.	13.22	Aktif	Tidak Terkirim Notifikasi Karena Tekanan Tidak Melebihi Batas: 2.38	Tidak Aktif
9.	16.11	Aktif	Tidak Terkirim Notifikasi Karena Tekanan Tidak Melebihi Batas: 3.82	Tidak Aktif
10.	19.12	Aktif	Tekanan Melebihi Batas: 5.84 PSI	Aktif

Pengujian dilakukan terhadap sensor tekanan Wisner WPT-83G untuk mengetahui kemampuan sensor dalam membaca tekanan gas metana pada tabung digester dan mengaktifkan sistem pengamanan secara otomatis. Berdasarkan Tabel 4.3, dari 10 kali pengujian, terdapat 6 kali kejadian tekanan melebihi batas aman 5 PSI, yang secara otomatis memicu pengiriman notifikasi serta mengaktifkan solenoid valve sebagai sistem pengamanan.

Adapun nilai tekanan saat notifikasi berhasil dikirimkan tercatat sebagai berikut: 5.06 PSI, 5.42 PSI, 6.20 PSI, 6.12 PSI, 5.37 PSI dan 5.84 PSI. Dari data tersebut, diperoleh nilai rata-rata tekanan melebihi batas sebesar 5.668 PSI. Hal ini menunjukkan bahwa sistem secara konsisten memberikan respons saat tekanan melebihi ambang batas 5 PSI yang telah ditentukan.

Sementara itu, pada 4 pengujian lainnya, tekanan berada di bawah ambang batas (2.38 PSI – 4.26 PSI), sehingga sistem tidak mengirimkan notifikasi dan solenoid valve tetap nonaktif. Respon sistem ini menunjukkan bahwa sensor bekerja secara akurat, hanya mengaktifkan aktuator ketika kondisi tekanan memang melebihi batas yang berpotensi membahayakan.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sensor tekanan Wisner dan sistem pengendali berbasis ESP32 bekerja dengan baik dan responsif, serta mampu memberikan peringatan dini secara otomatis untuk mencegah risiko tekanan berlebih pada tabung digester. Di bawah ini merupakan gambar tampilan uji coba notifikasi WhastApp pada API Callmebot ketika tekanan melebihi batas yang telah di tentukan:



Gambar 4. 3 Contoh hasil uji coba notifikasi tekanan

4.3.2 Hasil Uji Coba 2 Sensor MQ-4

Tabel 4. 4 Hasil uji coba 2 sensor MQ-4 menggunakan simulasi korek gas dan gas LPG

No.	Sensor Gas (1)	Sensor Gas (2)	Notifikasi Kebocoran Gas (X%)	Simulasi Korek Gas	Simulasi Gas LPG	Buzzer
1.	Aktif	Aktif	Tidak Terkirim Notifikasi Karena Tidak Terdeteksi Kebocoran Gas (0%)	Tidak Menggunakan	Tidak Menggunakan	Tidak Aktif
2.	Aktif	Tidak Aktif	Terdateksi Kebocoran Gas! (100%)	Menggunakan	Tidak Menggunakan	Aktif

3.	Tidak Aktif	Aktif	Terdateksi Kebocoran Gas! (100%)	Menggunakan	Tidak Menggunakan	Aktif
4.	Aktif	Aktif	Terdateksi Kebocoran Gas! (100%)	Menggunakan	Tidak Menggunakan	Aktif
5.	Aktif	Aktif	Terdateksi Kebocoran Gas! (100%)	Menggunakan	Tidak Menggunakan	Aktif
6.	Aktif	Aktif	Tidak Terkirim Notifikasi Karena Tidak Terdeteksi Kebocoran Gas (0%)	Tidak Menggunakan	Tidak Menggunakan	Tidak Aktif
7.	Aktif	Tidak Aktif	Terdateksi Kebocoran Gas! (100%)	Tidak Menggunakan	Menggunakan	Aktif
8.	Tidak Aktif	Aktif	Terdateksi Kebocoran Gas! (100%)	Tidak Menggunakan	Menggunakan	Aktif
9.	Aktif	Aktif	Terdateksi Kebocoran Gas! (100%)	Tidak Menggunakan	Menggunakan	Aktif
10.	Aktif	Aktif	Terdateksi Kebocoran Gas! (100%)	Tidak Menggunakan	Menggunakan	Aktif

Pengujian dua sensor gas MQ-4 dilakukan untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mendeteksi keberadaan gas metana menggunakan simulasi korek gas dan gas LPG. Hasil pengujian ditunjukkan dalam Tabel 4.4, yang mencakup total 10 kali pengujian dengan skenario berbeda.

Pada pengujian ke-1 dan ke-6, tidak digunakan simulasi gas apapun, sehingga tidak terjadi deteksi kebocoran gas. Kedua sensor menunjukkan status aktif, namun sistem tidak mengirimkan notifikasi dan buzzer tetap tidak aktif, yang menandakan sistem berjalan sesuai fungsinya dalam kondisi aman.

Sementara itu, pada pengujian ke-2 hingga ke-5, dilakukan simulasi menggunakan korek gas, dan sistem berhasil mendeteksi kebocoran gas pada setiap percobaan tersebut. Hal ini terlihat dari aktifnya salah satu atau kedua sensor MQ-4, munculnya notifikasi “Terdeteksi Kebocoran Gas!”, dan aktifnya buzzer sebagai peringatan dini.

Selanjutnya, pada pengujian ke-7 hingga ke-10, simulasi menggunakan gas LPG juga menghasilkan deteksi kebocoran gas oleh kedua sensor. Sistem kembali merespon dengan baik, mengaktifkan buzzer, dan mengirimkan notifikasi secara otomatis.

Secara keseluruhan, dari 10 kali pengujian, sebanyak 8 pengujian berhasil mendeteksi kebocoran gas, baik dari simulasi korek api maupun LPG, dengan tingkat keberhasilan sistem deteksi sebesar 80%. Keberhasilan ini menunjukkan bahwa penggunaan dua sensor MQ-4 meningkatkan keandalan sistem, karena deteksi tetap terjadi meskipun hanya satu sensor yang aktif. Sistem notifikasi dan alarm juga berfungsi secara otomatis, akurat, dan responsif, sehingga dapat meningkatkan keselamatan dalam penggunaan biogas berbasis limbah organik seperti kulit nanas. Di bawah ini merupakan gambar tampilan uji coba notifikasi WhastApp pada API Callmebot ketika deteksi kebocoran gas yaitu sebagai berikut ini:



Gambar 4. 4 Contoh hasil uji coba notifikasi kebocoran

4.3.3 Hasil Uji Coba Tampilan Pembacaan LCD I2C

Tabel 4. 5 Hasil uji coba tampilan pembacaan LCD i2c pada box panel

No	Time	Tampilan Pembacaan Pada LCD I2C	Solenoid Valve	Buzzer
1.	07.29	Tekanan Melebihi Batas: 3.48 PSI Gas: Aman	Tidak Aktif	Tidak Aktif
2.	11.44	Tekanan Melebihi Batas: 4.22 PSI Gas: Terdeteksi	Tidak Aktif	Aktif
3.	13.16	Tekanan Melebihi Batas: 5.84 PSI Gas: Terdeteksi	Aktif	Aktif
4.	22.42	Tekanan Melebihi Batas: 6.24 PSI Gas: Aman	Aktif	Tidak Aktif
5.	10.25	Tekanan Melebihi Batas: 2.54 PSI Gas: Aman	Tidak Aktif	Tidak Aktif
6.	10.30	Tekanan Melebihi Batas: 4.16 PSI Gas: Terdeteksi	Tidak Aktif	Aktif
7.	10.51	Tekanan Melebihi Batas: 5.43 PSI Gas: Aman	Aktif	Tidak Aktif
8.	20.46	Tekanan Melebihi Batas: 3.46 PSI Gas: Terdeteksi	Tidak Aktif	Aktif
9.	20.50	Tekanan Melebihi Batas: 2.63 PSI Gas: Terdeteksi	Tidak Aktif	Aktif
10.	04.12	Tekanan Melebihi Batas: 6.42 PSI Gas: Aman	Aktif	Tidak Aktif

Uji coba dilakukan untuk mengevaluasi tampilan pembacaan tekanan dan status gas pada LCD I2C yang terpasang pada box panel sistem monitoring. Berdasarkan data hasil uji pada Tabel 4.5, LCD I2C mampu menampilkan informasi tekanan gas secara real-time dalam satuan PSI serta status keberadaan gas metana dengan keterangan "Aman" atau "Terdeteksi".

Dari 10 kali pengujian, sistem berhasil menunjukkan informasi tekanan dengan akurat, mulai dari nilai rendah 2.54 PSI hingga nilai tinggi 6.42 PSI. Deteksi gas juga berhasil ditampilkan, seperti pada pengujian pukul 11.44 dan 13.16 di mana status gas terdeteksi dan buzzer aktif sebagai alarm. Aktivasi solenoid valve terjadi ketika tekanan melebihi ambang batas 5 PSI, contohnya pada pengujian pukul 13.16 dan 22.42. Secara umum, LCD i2C berfungsi dengan baik dalam memberikan informasi visual secara langsung kepada pengguna, serta mendukung sistem pengambilan keputusan otomatis melalui relay dan buzzer. Di bawah ini merupakan 2 gambar tampilan pembacaan tekanan berlebih dan kebocoran Gas secara local pada LCD i2C sebagai berikut:



Gambar 4. 5 Tampilan Pembacaan Tekanan dan Gas pada LCD I2C

4.3.4 Hasil Uji Coba Tampilan Pembacaan Aplikasi Blynk

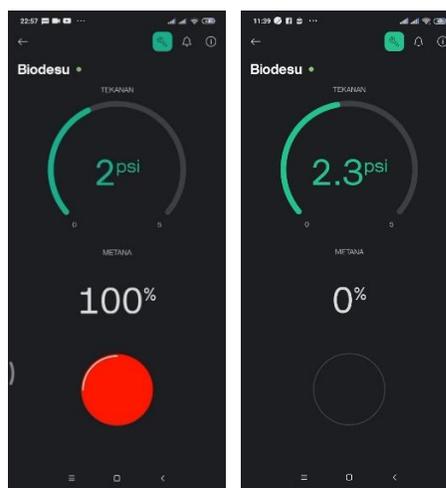
Tabel 4. 6 Hasil uji coba tampilan pembacaan pada platform monitoring aplikasi blynk

No	Time	Tampilan Pembacaan Platform Monitoring Aplikasi Blynk (V2: Tekanan) (V3: Gas)	Solenoid Valve	Buzzer
1.	07.29	(V2: 3 PSI) (V3: 0%)	Tidak Aktif	Tidak Aktif
2.	11.44	(V2: 4 PSI) (V3: 100%)	Tidak Aktif	Aktif
3.	13.16	(V2: 5 PSI) (V3: 100%)	Aktif	Aktif
4.	22.42	(V2: 6 PSI) (V3: 0%)	Aktif	Tidak Aktif
5.	10.25	(V2: 2 PSI) (V3: 0%)	Tidak Aktif	Tidak Aktif
6.	10.30	(V2: 4 PSI) (V3: 100%)	Tidak Aktif	Aktif
7.	10.51	(V2: 5 PSI) (V3: 0%)	Aktif	Tidak Aktif
8.	20.46	(V2: 3 PSI) (V3: 100%)	Tidak Aktif	Aktif
9.	20.50	(V2: 2 PSI) (V3: 100%)	Tidak Aktif	Aktif
10.	04.12	(V2: 6 PSI) (V3: 0%)	Aktif	Aktif

Pengujian pada platform monitoring aplikasi Blynk bertujuan untuk memastikan bahwa sistem mampu mengirimkan dan menampilkan data tekanan gas (V2) dan status keberadaan gas (V3) melalui internet secara real-time. Berdasarkan Tabel 4.6, tampilan Blynk berhasil merepresentasikan nilai

tekanan dan status gas secara akurat dan sinkron dengan tampilan pada LCD I2C.

Tekanan ditampilkan dalam satuan PSI pada Virtual Pin V2, sementara status gas ditunjukkan dalam bentuk persentase (%), dengan 0% menunjukkan gas aman dan 100% menunjukkan adanya deteksi gas. Aktivasi buzzer dan solenoid valve berjalan sesuai logika sistem: misalnya pada pukul 13.16, tekanan mencapai 5.84 PSI dan status gas terdeteksi (100%), sehingga buzzer dan solenoid valve aktif secara bersamaan. Hal ini membuktikan bahwa aplikasi Blynk tidak hanya dapat menampilkan data secara akurat, tetapi juga berperan penting dalam pemantauan jarak jauh terhadap kondisi tekanan dan kebocoran gas dalam sistem digester. Di bawah ini merupakan gambar tampilan pembacaan tekanan berlebih dan kebocoran Gas secara Jarak jauh pada Platform monitoring Aplikasi Blynk sebagai berikut:



Gambar 4. 6 Tampilan Pembacaan Tekanan dan Gas pada Aplikasi Blynk

4.3.5 Menampilkan Hasil Notifikasi WhatsApp

Pada percobaan berikut ini menggunakan limbah kulit nanas sebagai bahan fermentasi anaerobik untuk menghasilkan gas methane pada tabung digester. Dalam percobaan ini, digunakan komposisi campuran sebagai berikut:

1. 10 Kg Kulit nanas
2. 10 Liter air
3. 5 sendok makan Pengurai EM4
4. 5 sundok makan Gula pasir

Berikut ini disajikan gambar & tabel parameter hasil notifikasi WhastApp melalui API Callmebot menggunakan limbah kulit nanas selama 1 bulan.

Tabel 4. 7 Hasil Percobaan System Notifikasi WhastApp Melalui API Callmebot

Date & Hari	Time	Notifikasi Tekanan Melebihi 5 PSI	Notifikasi kebocoran	Solenoid Valve	Buzzer
19-26/05/2025 H.1-8	14:20-11:00	Tidak ada Notovikasi	Tidak ada Notovikasi	Tidak Aktif	Tidak Aktif
26/05/2025 H.8	11:45	Tekanan melebihi batas: 5.22 PSI	Tidak ada Notovikasi	Aktif	Tidak Aktif
26-27/05/2025 H.8-9	11:46-13:19	Tidak ada Notovikasi	Tidak ada Notovikasi	Tidak Aktif	Tidak Aktif
27/05/2025 H.9	13:20	Tekanan melebihi batas: 5.51 PSI	Tidak ada Notovikasi	Aktif	Tidak Aktif
27-28/05/2025 H.9-10	13:21-15:49	Tidak ada Notovikasi	Tidak ada Notovikasi	Tidak Aktif	Tidak Aktif
28/05/2025 H.10	15:50	Tekanan melebihi batas: 5.95 PSI	Tidak ada Notovikasi	Aktif	Tidak Aktif

28-29/05/2025 H.10-11	15:51-08:59	Tidak ada Notovikasi	Tidak ada Notovikasi	Tidak Aktif	Tidak Aktif
29/05/2025 H.11	09:00	Tekanan melebihi batas: 6.24 PSI	Tidak ada Notovikasi	Aktif	Tidak Aktif
29-30/05/2025 H.11-12	09:01-12:29	Tidak ada Notovikasi	Tidak ada Notovikasi	Tidak Aktif	Tidak Aktif
30/05/2025 H.12	12:30	Tekanan melebihi batas: 6.38 PSI	Tidak ada Notovikasi	Aktif	Tidak Aktif
30-31/05/2025 H.12-13	12:31-15:59	Tidak ada Notovikasi	Tidak ada Notovikasi	Tidak Aktif	Tidak Aktif
31/05/2025 H.13	16:00	Tekanan melebihi batas: 6.53 PSI	Tidak ada Notovikasi	Aktif	Tidak Aktif
31/05- 01/06/2025 H.13-14	16:01-07:44	Tidak ada Notovikasi	Tidak ada Notovikasi	Tidak Aktif	Tidak Aktif
01/06/2025 H.14	07:45	Tekanan melebihi batas: 6.67 PSI	Tidak ada Notovikasi	Aktif	Tidak Aktif
01-02/06/2025 H.14-15	07:46-11:09	Tidak ada Notovikasi	Tidak ada Notovikasi	Tidak Aktif	Tidak Aktif
02/06/2025 H.15	11:10	Tekanan melebihi batas: 6.53 PSI	Tidak ada Notovikasi	Aktif	Tidak Aktif
02-03/06/2025 H.15-16	11:11-13:39	Tidak ada Notovikasi	Tidak ada Notovikasi	Tidak Aktif	Tidak Aktif
03/06/2025 H.16	13:40	Tekanan melebihi batas: 6.38 PSI	Tidak ada Notovikasi	Aktif	Tidak Aktif
03-04/06/2025 H.16-17	13:41-07:59	Tidak ada Notovikasi	Tidak ada Notovikasi	Tidak Aktif	Tidak Aktif
04/06/2025 H.17	08:00	Tekanan melebihi batas: 6.09 PSI	Tidak ada Notovikasi	Aktif	Tidak Aktif
04-05/06/2025 H.17-18	08:01-12:44	Tidak ada Notovikasi	Tidak ada Notovikasi	Tidak Aktif	Tidak Aktif
05/06/2025 H.18	12:45	Tekanan melebihi batas: 5.50 PSI	Tidak ada Notovikasi	Aktif	Tidak Aktif
05-06/06/2025 H.18-19	12:46-15:29	Tidak ada Notovikasi	Tidak ada Notovikasi	Tidak Aktif	Tidak Aktif
06/06/2025 H.19	15:30	Tekanan melebihi batas: 5.38 PSI	Tidak ada Notovikasi	Aktif	Tidak Aktif
06-07/06/2025 H.19-20	15:31-09:29	Tidak ada Notovikasi	Tidak ada Notovikasi	Tidak Aktif	Tidak Aktif
07/06/2025 H.20	09:30	Tekanan melebihi batas: 5.08 PSI	Tidak ada Notovikasi	Aktif	Tidak Aktif
07-19/06/2025 H.20-32	09:31-16:00	Tidak ada Notovikasi	Tidak ada Notovikasi	Tidak Aktif	Tidak Aktif

Pada percobaan ini, sistem menggunakan limbah kulit nanas sebagai bahan utama fermentasi anaerobik dalam produksi gas metana. Campuran fermentasi terdiri dari 10 kg kulit nanas, 10 liter air, 5 sendok makan EM4, dan 5 sendok makan gula pasir. Proses fermentasi dilakukan selama satu bulan di dalam tabung digester untuk menguji efektivitas sistem monitoring tekanan dan pengiriman notifikasi otomatis melalui WhatsApp menggunakan API CallMeBot.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa selama 32 hari masa fermentasi, sistem berhasil mengirimkan notifikasi WhatsApp otomatis sebanyak 14 kali, setiap kali tekanan dalam tabung melebihi ambang batas 5 PSI. Tekanan tertinggi yang tercatat adalah 6.67 PSI pada tanggal 1 Juni 2025 pukul 07:45 WIB. Adapun data tekanan saat notifikasi dikirimkan adalah sebagai berikut: 5.22 PSI, 5.51 PSI, 5.95 PSI, 6.24 PSI, 6.38 PSI, 6.53 PSI, 6.67 PSI, 6.53 PSI, 6.38 PSI, 6.09 PSI, 5.50 PSI, 5.38 PSI dan 5.08 PSI. Dari data tersebut diperoleh nilai rata-rata tekanan melebihi batas sebesar 5.98 PSI. Hal ini menunjukkan bahwa tekanan gas dalam digester meningkat secara bertahap selama proses fermentasi berlangsung, dan sistem berhasil mendeteksinya dengan akurat serta mengirimkan peringatan secara tepat waktu.

Seluruh peringatan tersebut juga memicu aktivasi solenoid valve, yang berfungsi membuka saluran pengaman untuk mengurangi tekanan. Namun, tidak ada notifikasi kebocoran gas yang terkirim karena tidak terdeteksi adanya

kebocoran selama masa pengujian. Buzzer juga tetap nonaktif sepanjang periode tersebut, yang menandakan kondisi gas dalam keadaan aman.

Dengan demikian, sistem monitoring tekanan dan notifikasi berbasis WhatsApp terbukti berfungsi dengan baik dan responsif. Sistem ini mampu meningkatkan keselamatan pengguna serta memberikan kemudahan pemantauan secara real-time melalui perangkat seluler, menjadikannya solusi efektif untuk sistem keamanan biodigester berbasis Internet of Things (IoT).



Gambar 4. 7 Notivikasi WhatsApp pada API Callmebot

4.3.6 Menampilkan Hasil pembacaan LCD i2C dan Blynk

Berikut ini disajikan gambar & tabel parameter hasil system pembacaan LCD I2C dan platform monitoring aplikasi Blynk menggunakan limbah kulit nanas selama 1 bulan.

Tabel 4. 8 Hasil Percobaan System Pembacaan LCD I2C Dan Blynk

Date & Hari	Time	Tampilan pada LCD I2C	Tampilan pada Blynk	Solenoid Valve	Buzzer
19-26/05/2025 H.1-8	14:20-11:00	Tekanan melebihi batas: 0.00-4.79 PSI & Gas: Aman	V2: 0.00-4.79 PSI V3: 0%	Tidak Aktif	Tidak Aktif
26/05/2025 H.8	11:45	Tekanan melebihi batas: 5.22 PSI & Gas: Aman	V2: 5.22 PSI V3: 0%	Aktif	Tidak Aktif
26-27/05/2025 H.8-9	11:46-13:19	Tekanan melebihi batas: 2.84 PSI & Gas: Aman	V2: 2.84 PSI V3: 0%	Tidak Aktif	Tidak Aktif
27/05/2025 H.9	13:20	Tekanan melebihi batas: 5.51 PSI & Gas: Aman	V2: 5.51 PSI V3: 0%	Aktif	Tidak Aktif
27-28/05/2025 H.9-10	13:21-15:49	Tekanan melebihi batas: 3.20 PSI & Gas: Aman	V2: 3.20 PSI V3: 0%	Tidak Aktif	Tidak Aktif
28/05/2025 H.10	15:50	Tekanan melebihi batas: 5.95 PSI & Gas: Aman	V2: 5.95 PSI V3: 0%	Aktif	Tidak Aktif
28-29/05/2025 H.10-11	15:51-08:59	Tekanan melebihi batas: 2.64 PSI & Gas: Aman	V2: 2.64 PSI V3: 0%	Tidak Aktif	Tidak Aktif
29/05/2025 H.11	09:00	Tekanan melebihi batas: 6.24 PSI & Gas: Aman	V2: 6.24 PSI V3: 0%	Aktif	Tidak Aktif
29-30/05/2025 H.11-12	09:01-12:29	Tekanan melebihi batas: 4.12 PSI & Gas: Aman	V2: 4.12 PSI V3: 0%	Tidak Aktif	Tidak Aktif
30/05/2025 H.12	12:30	Tekanan melebihi batas: 6.38 PSI & Gas: Aman	V2: 6.38 PSI V3: 0%	Aktif	Tidak Aktif
30-31/05/2025 H.12-13	12:31-15:59	Tekanan melebihi batas: 3.32 PSI & Gas: Aman	V2: 3.32 PSI V3: 0%	Tidak Aktif	Tidak Aktif
31/05/2025 H.13	16:00	Tekanan melebihi batas: 6.53 PSI & Gas: Aman	V2: 6.53 PSI V3: 0%	Aktif	Tidak Aktif
31/05-01/06/2025 H.13-14	16:01-07:44	Tekanan melebihi batas: 4.08 PSI & Gas: Aman	V2: 4.08 PSI V3: 0%	Tidak Aktif	Tidak Aktif
01/06/2025 H.14	07:45	Tekanan melebihi batas: 6.67 PSI & Gas: Aman	V2: 6.67 PSI V3: 0%	Aktif	Tidak Aktif

01- 02/06/2025 H.14-15	07:46-11:09	Tekanan melebihi batas: 2.26 PSI & Gas: Aman	V2: 2.26 PSI V3: 0%	Tidak Aktif	Tidak Aktif
02/06/2025 H.15	11:10	Tekanan melebihi batas: 6.53 PSI & Gas: Aman	V2: 6.53 PSI V3: 0%	Aktif	Tidak Aktif
02- 03/06/2025 H.15-16	11:11-13:39	Tekanan melebihi batas: 3.40 PSI & Gas: Aman	V2: 3.40 PSI V3: 0%	Tidak Aktif	Tidak Aktif
03/06/2025 H.16	13:40	Tekanan melebihi batas: 6.38 PSI & Gas: Aman	V2: 6.38 PSI V3: 0%	Aktif	Tidak Aktif
03- 04/06/2025 H.16-17	13:41-07:59	Tekanan melebihi batas: 4.32 PSI & Gas: Aman	V2: 4.32 PSI V3: 0%	Tidak Aktif	Tidak Aktif
04/06/2025 H.17	08:00	Tekanan melebihi batas: 6.09 PSI & Gas: Aman	V2: 6.09 PSI V3: 0%	Aktif	Tidak Aktif
04- 05/06/2025 H.17-18	08:01-12:44	Tekanan melebihi batas: 3.72 PSI & Gas: Aman	V2: 3.72 PSI V3: 0%	Tidak Aktif	Tidak Aktif
05/06/2025 H.18	12:45	Tekanan melebihi batas: 5.50 PSI & Gas: Aman	V2: 5.50 PSI V3: 0%	Aktif	Tidak Aktif
05- 06/06/2025 H.18-19	12:46-15:29	Tekanan melebihi batas: 2.15 PSI & Gas: Aman	V2: 2.15 PSI V3: 0%	Tidak Aktif	Tidak Aktif
06/06/2025 H.19	15:30	Tekanan melebihi batas: 5.38 PSI & Gas: Aman	V2: 5.38 PSI V3: 0%	Aktif	Tidak Aktif
06- 07/06/2025 H.19-20	15:31-09:29	Tekanan melebihi batas: 2.55 PSI & Gas: Aman	V2: 2.55 PSI V3: 0%	Tidak Aktif	Tidak Aktif
07/06/2025 H.20	09:30	Tekanan melebihi batas: 5.08 PSI & Gas: Aman	V2: 5.08 PSI V3: 0%	Aktif	Tidak Aktif
07- 19/06/2025 H.20-32	09:31-16:00	Tekanan melebihi batas: 4.28-0.00 PSI & Gas: Aman	V2: 4.28-0.00 PSI V3: 0%	Tidak Aktif	Tidak Aktif

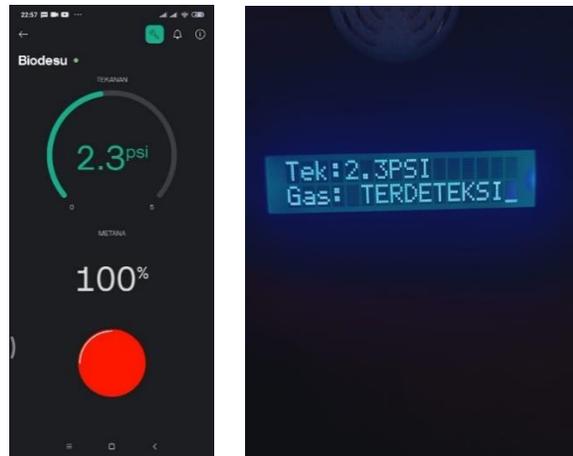
Hasil pengujian sistem pembacaan data tekanan dan gas pada LCD I2C dan platform aplikasi Blynk menunjukkan bahwa sistem dapat bekerja secara sinkron dan akurat dalam menampilkan informasi selama proses fermentasi

limbah kulit nanas selama satu bulan. Data yang ditampilkan pada LCD I2C mencakup informasi tekanan gas dan status gas metana (aman atau terdeteksi), sementara pada aplikasi Blynk, data ditampilkan dalam bentuk virtual pin: V2 untuk tekanan (dalam satuan PSI) dan V3 untuk status kebocoran gas (dalam persen).

Selama 32 hari pengamatan, tekanan gas hasil fermentasi terus meningkat secara bertahap. Awalnya, tekanan berada di kisaran 0.00–4.79 PSI, yang dianggap aman dan tidak mengaktifkan solenoid valve maupun buzzer. Mulai tanggal 26 Mei 2025 (H.8), tekanan tercatat 5.22 PSI, menandakan tekanan telah melebihi ambang batas 5 PSI. Setelah itu, peningkatan tekanan secara signifikan terus terjadi dan beberapa kali mencapai angka lebih dari 6 PSI, seperti pada: 29 Mei: 6.24 PSI, 30 Mei: 6.38 PSI, 31 Mei: 6.53 PSI, 1 Juni: 6.67 PSI, 2 Juni: 6.53 PSI dan 3 Juni: 6.38 PSI. Data ini konsisten dengan tampilan di Blynk (V2) dan LCD I2C. Pada saat tekanan melebihi 5 PSI, sistem secara otomatis mengaktifkan solenoid valve untuk mengurangi tekanan dan menampilkan notifikasi tekanan berlebih di LCD. Namun, selama masa uji coba tidak ada gas yang terdeteksi oleh sensor, sehingga buzzer tidak pernah aktif dan nilai V3 tetap 0% sepanjang waktu.

Secara keseluruhan, sistem berhasil membaca dan menampilkan informasi tekanan gas secara real-time di dua platform berbeda: lokal (LCD I2C) dan jarak jauh (Blynk IoT). Hal ini membuktikan bahwa integrasi

perangkat keras dan perangkat lunak dalam sistem monitoring tekanan dan gas metana ini berjalan dengan baik, stabil, dan responsif, serta dapat diandalkan dalam pengawasan fermentasi berbasis limbah organik.



Gambar 4. 8 Tampilan Pada Aplikasi Blynk dan LCD I2C

4.4 Hasil Analisis Penelitian

4.4.1 Analisis Sistem Notifikasi WhatsApp

Tabel 4. 9 Hasil Analisis Sistem Notifikasi WhatsApp melalui API CallMeBot

Aspek yang Dianalisis	Hasil Pengamatan
Durasi Fermentasi	1 bulan (32 hari), menggunakan 10 kg kulit nanas, 10 liter air, 5 sdm EM4, 5 sdm gula pasir
Jumlah Notifikasi WhatsApp	14 kali
Kondisi Pemicu Notifikasi	Tekanan melebihi ambang batas 5 PSI
Tekanan Tertinggi	6.67 PSI (01 Juni 2025, pukul 07:45 WIB)
Tekanan Terendah saat Notifikasi	5.08 PSI
Rata-rata Tekanan saat Notifikasi	5.98 PSI
Respons Aktuator (Solenoid Valve)	Aktif setiap kali tekanan > 5 PSI, membuka saluran pengaman untuk menurunkan tekanan

Notifikasi Kebocoran Gas	Tidak ada (tidak terdeteksi adanya kebocoran) Status Buzzer Tidak aktif selama pengujian, menandakan gas dalam kondisi aman
Kinerja Sistem	Akurat dan responsif dalam mendeteksi tekanan berlebih dan mengirim notifikasi real-time
Kesimpulan Umum	Sistem notifikasi berbasis WhatsApp melalui API CallMeBot efektif meningkatkan keamanan pemantauan IoT

Hasil analisis sistem notifikasi WhatsApp melalui API CallMeBot menunjukkan bahwa sistem berhasil menjalankan fungsinya secara efektif selama proses fermentasi selama satu bulan (32 hari), yang menggunakan campuran 10 kg limbah kulit nanas, 10 liter air, 5 sendok makan EM4, dan 5 sendok makan gula pasir. Selama periode tersebut, sistem mengirimkan notifikasi WhatsApp sebanyak 14 kali, yang semuanya dipicu oleh kondisi tekanan dalam tabung digester yang melebihi ambang batas 5 PSI.

Tekanan tertinggi yang tercatat adalah sebesar 6.67 PSI pada tanggal 1 Juni 2025 pukul 07:45 WIB, sedangkan tekanan terendah saat notifikasi dikirim adalah 5.08 PSI. Nilai rata-rata tekanan yang memicu pengiriman notifikasi adalah 5.98 PSI, menandakan adanya peningkatan tekanan gas secara bertahap selama proses fermentasi berlangsung. Setiap kali tekanan melebihi batas aman, sistem secara otomatis mengaktifkan solenoid valve untuk membuka saluran pengaman dan menurunkan tekanan.

Selama masa pengujian, tidak ditemukan adanya indikasi kebocoran gas, sehingga tidak ada notifikasi kebocoran yang dikirimkan. Buzzer juga

tidak pernah aktif, yang mengindikasikan bahwa kondisi gas tetap aman dan tidak membahayakan. Secara keseluruhan, sistem terbukti akurat dan responsif dalam mendeteksi tekanan berlebih serta mengirimkan notifikasi secara real-time melalui WhatsApp.

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem notifikasi berbasis WhatsApp menggunakan API CallMeBot ini mampu meningkatkan aspek keselamatan dan kemudahan pemantauan sistem fermentasi biogas berbasis IoT secara efektif.

4.4.2 Analisis System Pembacaan LCD I2C dan Aplikasi Blynk

Tabel 4. 10 Hasil Analisis System Pembacaan LCD I2C dan Aplikasi Blynk

Aspek yang Dianalisis	Hasil Pengamatan
Durasi Fermentasi	1 bulan (32 hari), menggunakan limbah kulit nanas
Media Tampilan Data	LCD I2C (lokal) dan Aplikasi Blynk (jarak jauh)
Parameter Ditampilkan	Tekanan gas (PSI) dan status kebocoran gas
Virtual Pin Blynk	V2: Tekanan gas (PSI), V3: Status kebocoran gas (%)
Tekanan Awal Fermentasi	0.00 – 4.79 PSI (tidak mengaktifkan solenoid valve maupun buzzer)
Awal Tekanan Melebihi Batas	26 Mei 2025 (5.22 PSI)
Tekanan Tertinggi	6.67 PSI (1 Juni 2025)
Rata-rata Tekanan Saat Aktif Solenoid	> 5 PSI
Respons Aktuator (Solenoid Valve)	Aktif otomatis saat tekanan > 5 PSI untuk menurunkan tekanan
Status Sensor Kebocoran Gas	Tidak mendeteksi kebocoran
Status Buzzer	Tidak aktif sepanjang pengujian (nilai V3 tetap 0%)
Konsistensi Pembacaan	Tampilan LCD I2C dan Blynk akurat dan sinkron
Kesimpulan Umum	Sistem berjalan stabil dan responsif; mampu menampilkan data tekanan dan status gas secara real-time

Hasil analisis menunjukkan bahwa sistem pembacaan tekanan gas menggunakan LCD I2C dan aplikasi Blynk berjalan stabil dan responsif selama fermentasi limbah kulit nanas selama 1 bulan (32 hari). Data ditampilkan secara real-time melalui LCD I2C secara lokal dan aplikasi Blynk secara jarak jauh, dengan virtual pin V2 untuk tekanan gas dan V3 untuk status kebocoran.

Tekanan awal berada dalam kisaran 0.00–4.79 PSI dan tidak memicu aktivasi solenoid atau buzzer. Mulai 26 Mei 2025, tekanan melebihi ambang batas 5 PSI dan solenoid valve aktif otomatis untuk menurunkan tekanan. Tekanan tertinggi tercatat 6.67 PSI pada 1 Juni 2025, dengan rata-rata tekanan saat solenoid aktif berada di atas 5 PSI.

Selama pengujian, sensor tidak mendeteksi kebocoran, sehingga buzzer tidak pernah aktif dan nilai V3 tetap 0%. Pembacaan data pada LCD I2C dan Blynk menunjukkan konsistensi yang baik. Secara keseluruhan, sistem ini terbukti mampu menampilkan data tekanan dan status gas secara akurat dan real-time.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem keamanan biodigester portabel berbasis mikrokontroler ESP32 dan IoT, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem yang dirancang pada Hasil Percobaan System Notifikasi WhastApp Melalui API Callmebot berhasil memantau tekanan gas metana pada tabung digester Adapun data tekanan saat notifikasi dikirimkan adalah sebagai berikut: 5.22 PSI, 5.51 PSI, 5.95 PSI, 6.24 PSI, 6.38 PSI, 6.53 PSI, 6.67 PSI, 6.53 PSI, 6.38 PSI, 6.09 PSI, 5.50 PSI, 5.38 PSI dan 5.08 PSI. Dari data tersebut diperoleh nilai rata-rata tekanan melebihi batas sebesar 5.98 PSI dan walaupun tidak ada notifikasi mendeteksi kebocoran gas (0%) pada uji coba sensor gas muncul notifikasi mendeteksi kebocoran gas (100%) secara real-time menggunakan sensor tekanan Wisner WPT-83G dan sensor gas MQ-4.
2. Mikrokontroler ESP32 mampu menjalankan perannya sebagai pusat kendali untuk membaca sensor, mengolah data, mengendalikan perangkat output (solenoid valve dan buzzer), serta mengirimkan data ke aplikasi Blynk dan notifikasi ke WhatsApp melalui CallMeBot.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem secara otomatis mengaktifkan solenoid valve saat tekanan melebihi batas aman (>5 PSI) dan buzzer saat terdeteksi kebocoran gas (100%), sehingga memberikan peringatan dini yang responsif kepada pengguna.

3. Tampilan data pada hasil pembacaan LCD I2C contohnya Tekanan melebihi batas: 5.50 PSI & Gas: Aman dan pembacaan aplikasi Blynk yaitu: tekanan (V2): 5.50 PSI dan gas metana (V3): 0% berfungsi dengan baik dalam menyajikan informasi tekanan dan status gas metana secara akurat dan sinkron.
4. Penggunaan ban dalam sebagai kantong biogas dinilai kurang sesuai karena Gas metana yang dihasilkan dengan tampungan volume udara mencapai 25 liter dari proses fermentasi biasanya bercampur dengan gas lain seperti hidrogen sulfida (H_2S) yang bersifat korosif. Ban dalam tidak dirancang untuk tahan terhadap gas-gas ini, sehingga bisa cepat rusak dan Karet ban dalam bersifat sedikit porous dan memungkinkan kebocoran gas dalam jangka waktu tertentu, tidak dirancang untuk menyimpan gas metana secara aman dalam jangka panjang.
5. Secara keseluruhan, sistem ini mampu meningkatkan keselamatan operasional, memberikan kemudahan monitoring jarak jauh, dan mendukung pemanfaatan energi terbarukan yang lebih efisien dan aman.

5.2 Saran

Berikut beberapa saran untuk pengembangan dan peningkatan kinerja sistem biodigester:

1. Penggunaan Kantong Biogas: Disarankan untuk mengganti media penyimpanan biogas (ban dalam) tidak dirancang untuk tahan terhadap gas-gas seperti hidrogen sulfida (H_2S) yang bersifat korosif. ini dengan kantong khusus biogas yang memiliki ketahanan terhadap tekanan dan gas metana, agar sistem lebih aman dan efisien dalam jangka panjang.
2. Penambahan Sensor Suhu dan Kelembapan: Untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi gas, sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan sensor suhu dan kelembapan untuk memantau kondisi lingkungan digester.
3. Integrasi Fitur Kendali Jarak Jauh: Pengembangan lebih lanjut dapat mencakup fitur kendali otomatis solenoid valve via aplikasi Blynk, sehingga pengguna dapat mengontrol aliran gas secara manual dari jarak jauh jika diperlukan.
4. Penggunaan Notifikasi Tambahan: Selain WhatsApp, sistem dapat diperluas untuk mendukung notifikasi melalui Telegram atau email sebagai alternatif komunikasi jika salah satu platform tidak aktif.
5. Pengujian Jangka Panjang: Disarankan dilakukan pengujian sistem dalam jangka waktu lebih lama dan di berbagai kondisi lingkungan untuk mengetahui stabilitas sistem dan ketahanannya terhadap gangguan teknis.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Sulistiyanto and I. Mawardi, “Portable Smart Biogas Digester Using Pressure Sensor and Safety Valve Based on Internet of Things,” *J. Electr. Eng. Comput.*, vol. 6, no. 1, pp. 243–251, 2024, doi: 10.33650/jeecom.v6i1.8540.
- [2] A. F. Islamy, “Sistem Monitoring Gas Metana Pada Reaktor Biogas Berbasis Internet of Things (IoT),” *Dr. Diss. Univ. Brawijaya*, pp. 1–73, 2020.
- [3] B. F. Alshammari and M. T. Chughtai, “IoT Gas Leakage Detector and Warning Generator,” *Eng. Technol. Appl. Sci. Res.*, vol. 10, no. 4, pp. 6142–6146, 2020, doi: 10.48084/etasr.3712.
- [4] Jerlou B. Sal, “IoT Based Intelligent Gas Leakage Detector using Arduino,” *Int. J. Adv. Res. Sci. Commun. Technol.*, vol. 12, no. 1, pp. 68–76, 2024, doi: 10.48175/ijarsct-19512.
- [5] N. F. Septian, “Rancang Bangun Alat Pendeteksi Kebocoran Gas Menggunakan Sensor MQ-2 Berbasis IoT,” pp. 1–12, 2022, [Online]. Available: <https://eprints.ums.ac.id/102338/>
- [6] R. Alfanz, A. Nurhadi, and J. A. Laksmono, “PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI SISTEM MONITORING PRODUKSI BIOGAS PADA BIODIGESTER,” no. 1, pp. 2–8, 2016.
- [7] M. Asmazori and N. Firmawati, “Rancang Bangun Alat Pendeteksi NO_x dan CO Berbasis Notifikasi Via Telegram dan Suara,” vol. 02, no. 2, pp. 57–62,

2021.

- [8] K. Sebagai, P. Efek, R. Kaca, D. I. Padang, and L. Berbasis, “Tugas akhir rancang bangun pemantau gas metana, suhu, dan kelembaban sebagai penyebab efek rumah kaca di padang lamun berbasis,” 2021.
- [9] S. C. Anwar, F. A. Rakhmadi, and R. Rahmawati, “PERANGKAT SISTEM PENGUKURAN KONSENTRASI GAS METANA (CH₄) PADA BIOGAS DARI HASIL FERMENTASI ENCENG GONDOK (EICHORNIA CRASSIPES) BERBASIS SENSOR TGS 2611”.
- [10] B. Kusumo and T. Ardiansyah, “Rancang Bangun Sistem Pendeteksi Kebakaran Berbasis Mikrokontroler Esp32,” *J. Elektro*, vol. 12, no. 1, pp. 48–68, 2024.

LAMPIRAN

Lampiran 1 Kode Program

```
#define BLYNK_PRINT Serial
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL64utceU4u"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "biodesu"

#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <HTTPClient.h>
#include <WiFiManager.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <Bonezegei_LCD1602_I2C.h>

// Inisialisasi LCD I2C
Bonezegei_LCD1602_I2C lcd(0x27);

// WhatsApp CallMeBot
String phoneNumber = "+6285134953584";
String apiKey = "4965419";

// Blynk Auth Token
char auth[] = "kAv5PMtywQ3VOIj_s5dmtm6UerK6kTJQ";

// Pin sensor dan LED
const int pressurePin = 34;
const int gasPin1 = 18;
const int gasPin2 = 19;
```

```

const int ledPressurePin = 4;
const int ledGasPin = 2;

// Kalibrasi tekanan
const float sensorMinVoltage = 0.5;
const float sensorMaxVoltage = 4.5;
const float pressureMaxPSI = 145.0;
const float R1 = 1800.0;
const float R2 = 1800.0;
const float dividerRatio = R2 / (R1 + R2);
const float correctionSlope = 1.0;
const float correctionOffset = -7.0;
const float pressureThreshold = 5; // Ambang batas tekanan

unsigned long lastSendTime = 0;
const unsigned long sendInterval = 2000;

bool sentPressureAlert = false;
bool sentGasAlert = false;

// Fungsi encode teks ke URL (untuk WhatsApp)
String urlEncode(String str) {
    String encoded = "";
    char c, code0, code1;
    for (int i = 0; i < str.length(); i++) {
        c = str.charAt(i);
        if (isalnum(c)) {

```

```

    encoded += c;
} else {
    code1 = (c & 0xf) + '0';
    if ((c & 0xf) > 9) code1 = (c & 0xf) - 10 + 'A';
    c = (c >> 4) & 0xf;
    code0 = c + '0';
    if (c > 9) code0 = c - 10 + 'A';
    encoded += '%';
    encoded += code0;
    encoded += code1;
}
}
return encoded;
}

```

// Fungsi kirim WhatsApp

```

bool sendMessage(String message) {
    String url = "https://api.callmebot.com/whatsapp.php?phone=" + phoneNumber +
        "&apikey=" + apiKey +
        "&text=" + urlEncode(message);
    HTTPClient http;
    http.begin(url);
    http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");
    int httpResponseCode = http.POST("");
    http.end();
    return (httpResponseCode == 200);
}

```

```

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  analogReadResolution(12);

  pinMode(gasPin1, INPUT);
  pinMode(gasPin2, INPUT);
  pinMode(ledPressurePin, OUTPUT);
  pinMode(ledGasPin, OUTPUT);
  digitalWrite(ledPressurePin, LOW);
  digitalWrite(ledGasPin, LOW);

  // LCD setup
  lcd.begin();
  lcd.print("Menghubungkan WiFi");

  // WiFi Manager setup
  WiFiManager wm;
  if (!wm.autoConnect("ESP32_AP", "12345678")) {
    lcd.clear();
    lcd.print("WiFi gagal");
    delay(3000);
    ESP.restart();
  }

  lcd.clear();
  lcd.print("WiFi: CONNECTED");
}

```

```

    Blynk.begin(auth, WiFi.SSID().c_str(), WiFi.psk().c_str());
}

void loop() {
    Blynk.run();

    unsigned long now = millis();
    if (now - lastSendTime >= sendInterval) {
        lastSendTime = now;

        // ----- Baca sensor tekanan -----
        int adcPressure = analogRead(pressurePin);
        float vAtPin = (adcPressure / 4095.0) * 3.3;
        float vSensor = vAtPin / dividerRatio;
        float pressurePSI = (vSensor - sensorMinVoltage) * pressureMaxPSI / (sensorMaxVoltage
- sensorMinVoltage);
        pressurePSI = pressurePSI * correctionSlope + correctionOffset;
        if (pressurePSI < 0) pressurePSI = 0;

        // ----- Baca sensor gas -----
        int gas1 = digitalRead(gasPin1);
        int gas2 = digitalRead(gasPin2);
        bool gasDetected = (gas1 == HIGH || gas2 == HIGH);
        float gasLevel = gasDetected ? 100.0 : 0.0;

        // ----- Tampilkan ke LCD -----
        lcd.clear();
        lcd.setPosition(0, 0);
        lcd.print("Tek:");

```

```

lcd.print(String(pressurePSI, 1).c_str());
lcd.print("PSI");

lcd.setPosition(0, 1);
if (gasDetected) {
    lcd.print("Gas: TERDETEKSI");
} else {
    lcd.print("Gas: AMAN ");
}

// ----- Logika tekanan -----
if (pressurePSI > pressureThreshold) {
    digitalWrite(ledPressurePin, HIGH);
    if (!sentPressureAlert) {
        if (sendMessage("⚠️ Tekanan melebihi batas: " + String(pressurePSI, 1) + " PSI")) {
            Serial.println("✅ WA tekanan terkirim");
        }
        sentPressureAlert = true;
    }
} else {
    digitalWrite(ledPressurePin, LOW);
    sentPressureAlert = false;
}

// ----- Logika gas -----
if (gasDetected) {
    digitalWrite(ledGasPin, HIGH);

```

```

if (!sentGasAlert) {
  if (sendMessage("@ Deteksi kebocoran gas!")) {
    Serial.println("✓ WA gas terkirim");
  }
  sentGasAlert = true;
}
} else {
  digitalWrite(ledGasPin, LOW);
  sentGasAlert = false;
}

// ----- Kirim ke Blynk -----
Blynk.virtualWrite(V2, pressurePSI);
Blynk.virtualWrite(V3, gasLevel);

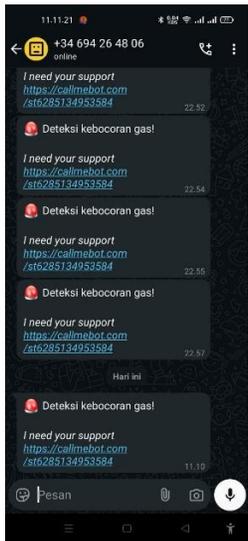
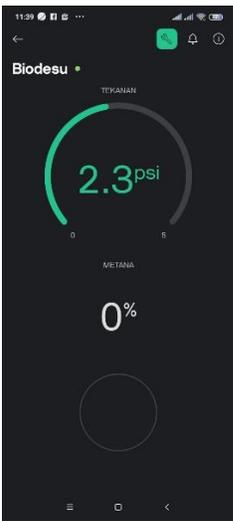
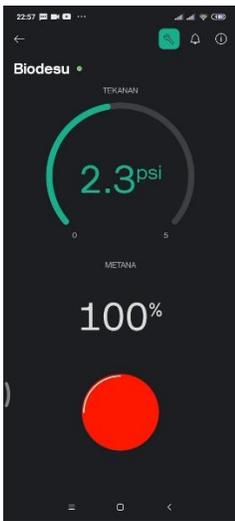
// ----- Serial Debug -----
Serial.print("Tekanan: ");
Serial.print(pressurePSI, 1);
Serial.print(" PSI | Gas: ");
Serial.println(gasDetected ? "TERDETEKSI" : "AMAN");
}
}

```

Lampiran 2 Dokumentasi Pengisian Biodigester dengan Kulit Nanas



Lampiran 3 Dokumentasi Tampilan pembacaan LCD i2C, Platform monitoring Blynk dan Notifikasi WhastApp



Lampiran 4 Data Shett Dari Alat-Alat Yang Digunakan

Datasheet ESP32			
<p>Features</p> <p>Wi-Fi</p> <ul style="list-style-type: none"> • 802.11b/g/n • 802.11n (2.4 GHz), up to 150 Mbps • WMM • TX/RX A-MPDU, RX A-MSDU • Immediate Block ACK • Defragmentation • Automatic Beacon monitoring (hardware TSF) • Four virtual Wi-Fi interfaces • Simultaneous support for Infrastructure Station, SoftAP, and Promiscuous modes <p>Note that when ESP32 is in Station mode, performing a scan, the SoftAP channel will be changed.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Antenna diversity <p>Bluetooth®</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compliant with Bluetooth v4.2 BR/EDR and Bluetooth LE specifications • Class-1, class-2 and class-3 transmitter without external power amplifier • Enhanced Power Control • +19 dBm transmitting power • NZIF receiver with -94 dBm Bluetooth LE sensitivity • Adaptive Frequency Hopping (AFH) • Standard HCI based on SDIO/SPI/UART • High-speed UART HCL, up to 4 Mbps • Bluetooth 4.2 BR/EDR and Bluetooth LE dual mode controller • Synchronous Connection-Oriented/Extended (SCO/ESCO) • OVS and SBC for audio codec • Bluetooth Piconet and Scatternet • Multi-connections in Classic Bluetooth and Bluetooth LE • Simultaneous advertising and scanning <p>CPU and Memory</p> <ul style="list-style-type: none"> • Xtensa® single-core 32-bit LX6 microprocessor(s) • CoreMark® score: <ul style="list-style-type: none"> - 1 core at 240 MHz: 539.98 CoreMark; 2.25 CoreMark/MHz 	<ul style="list-style-type: none"> - 2 cores at 240 MHz: 1079.96 CoreMark; 4.50 CoreMark/MHz <ul style="list-style-type: none"> • 448 KB ROM • 512 KB SRAM • 16 KB SRAM in RTC • GPIO supports multiple flash/SRAM chips <p>Clocks and Timers</p> <ul style="list-style-type: none"> • Internal 8 MHz oscillator with calibration • Internal RC oscillator with calibration • External 2 MHz – 60 MHz crystal oscillator (40 MHz only for Wi-Fi/Bluetooth functionality) • External 32 kHz crystal oscillator for RTC with calibration • Two timer groups, including 2 × 64-bit timers and 1 × main watchdog in each group • One RTC timer • RTC watchdog <p>Advanced Peripheral Interfaces</p> <ul style="list-style-type: none"> • 34 programmable GPIOs <ul style="list-style-type: none"> - Five strapping GPIOs - Six input-only GPIOs - Six GPIOs needed for in-package flash (ESP32-U4WDH) and in-package PSRAM (ESP32-D0WDR2-V3) • 12-bit SAR ADC up to 18 channels • Two 8-bit DAC • 10 touch sensors • Four SPI interfaces • Two I2S interfaces • Two I2C interfaces • Three UART interfaces • One host (SD/MMC/SDIO) • One slave (SDIO/SPI) • Pulse count controller • Ethernet MAC interface with dedicated DMA and IEEE 1588 support • TWAI®, compatible with ISO 11898-1 (CAN Specification 2.2) • RMT (TX/RX) 	<p>Espressif Systems 3 Submit Documentation Feedback</p> <p style="text-align: center;">ESP32 Series Datasheet v4.9</p>	<p>Espressif Systems 4 Submit Documentation Feedback</p> <p style="text-align: center;">ESP32 Series Datasheet v4.9</p>
	<ul style="list-style-type: none"> • Motor PWM • LED PWM up to 16 channels <p>Power Management</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fine-resolution power control through a selection of clock frequency, duty cycle, Wi-Fi operating modes, and individual power control of internal components • Five power modes designed for typical scenarios: Active, Modem-sleep, Light-sleep, Deep-sleep, Hibernation • Power consumption in Deep-sleep mode is 10 µA • Ultra-Low-Power (ULP) coprocessors • RTC memory remains powered on in Deep-sleep mode <p>Security</p> <ul style="list-style-type: none"> • Secure boot • Flash encryption • 1024-bit OTP, up to 768-bit for customers • Cryptographic hardware acceleration: <ul style="list-style-type: none"> - AES - Hash (SHA-2) - RSA - ECC - Random Number Generator (RNG) <p>Applications</p> <p>With low power consumption, ESP32 is an ideal choice for IoT devices in the following areas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Smart Home • Industrial Automation • Health Care • Consumer Electronics • Smart Agriculture • POS Machines • Service Robot • Audio Devices • Generic Low-power IoT Sensor Hubs • Generic Low-power IoT Data Loggers • Cameras for Video Streaming • Speech Recognition • Image Recognition • SDIO Wi-Fi + Bluetooth Networking Card 		

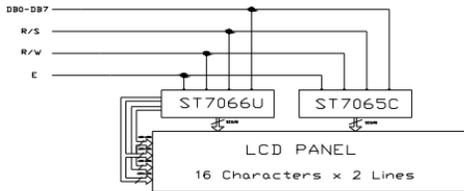
Datasheet LCD I2C 16x2

SHENZHEN BONE ELECTRONICS CO., LTD

5.0 PIN ASSIGNMENT

No.	Symbol	Level	Function
1	Vss	--	0V
2	Vdd	--	+5V
3	V0	--	for LCD
4	RS	H/L	Register Select: H-Data Input L-Instruction Input
5	R/W	H/L	H-Read L-Write
6	E	H,H-L	Enable Signal
7	DB0	H/L	Data bus used in 8 bit transfer
8	DB1	H/L	
9	DB2	H/L	
10	DB3	H/L	
11	DB4	H/L	Data bus for both 4 and 8 bit transfer
12	DB5	H/L	
13	DB6	H/L	
14	DB7	H/L	
15	BLA	--	BLACKLIGHT +5V
16	BLK	--	BLACKLIGHT 0V-

6.0 BLOCK DIAGRAM



7.0 POWER SUPPLY BLOCK DIAGRAM

SHENZHEN BONE ELECTRONICS CO., LTD

1.0 FEATURES

- Display Mode: STN, BLUB
- Display Format: 16 Character x 2 Line
- Viewing Direction: 6 O'Clock
- Input Data: 4-Bits or 8-Bits interface available
- Display Font : 5 x 8 Dots
- Power Supply : Single Power Supply (5V±10%)
- Driving Scheme : 1/16Duty,1/5Bias
- BACKLIGHT (SIDE) : LED (WHITE)

2.0 ABSOLUTE MAXIMUM

Item	Symbol	Min.	Max.	Unit
Power Supply for logic	Vdd	-0.3	+7.0	V
Power supply for LCD Drive	Vlcd	Vdd-10.0	Vdd+0.3	V
Input Voltage	Vi	-0.3	Vdd+0.3	V
Operating Temperature	Ta	0	+50	°C
Storage Temperature	Tstg	-10	+60	°C

3.0 ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(Ta=25°C;Vdd=3.0V±10%,otherwise specified)

Item	Symbol	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Unit
Power Supply for Logic	Vdd	--	4.7	5.0	5.5	V
Operating Voltage for LCD	Vdd-Vo	--	--	5.0	--	V
Input High voltage	Vih	--	2.2	--	Vdd	V
Input Low voltage	Vil	--	-0.3	--	0.6	V
Output High voltage	Voh	-Ioh=0.2mA	2.4	--	--	V
Output Low voltage	Vol	Iol=1.2mA	--	--	0.4	V
Power supply current	Idd	Vdd=3.0v	--	1.1	--	mA

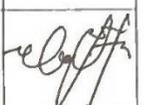
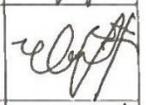
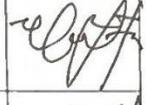
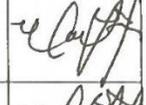
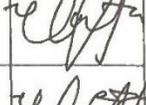
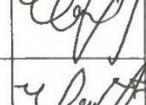
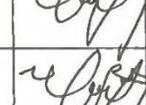
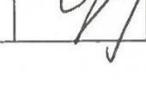
4.0 MECHANICAL PARAMETERS

Item	Description	Unit
PCB Dimension	80.0*36.0*1.6	mm
View Dimension	69.5*14.5	mm

Lampiran 5 Form Bimbingan Tugas akhir 1

**HALAMAN BIMBINGAN
LAPORAN TUGAS AKHIR**

NAMA : GILANG PERMADI
 NIM : 22010005
 JUDUL : RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN
 BIODIGESTER PORTABEL DENGAN MENGGUNAKAN
 MIKROKONTROLER ESP32 DAN INTERNET OF THINGS (IOT)
 PEMBIMBING 1 : ULIL ALBAB, M.T

No	Tanggal	Uraian	TTD
1	22/4 2025	- Acc Judul - Revisi Bab I dan Bab II	
2	23/5 2025	- Acc Bab I - Acc Bab II	
3	23/6 2025	- flowchart sistem - Alur proses IOT - Rangkaian / Wiring Diagram alat	
4	11/7 2025	- cara kerja alat - Proses IOT	
5	15/7 2025	- Acc Bab III	
6	18/7 2025	- proyek alat Blynk di cantumkan	
7	25/7 2025	- Pengukuran Alat di lengkapi	
8	28/7 2025	- Kesimpulan Revisi - Daftar pustaka minimal 10 referensi	
9	30/7 2025	Acc sidang TA	

Lampiran 6 Form Bimbingan Tugas akhir 2

HALAMAN BIMBINGAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : GILANG PERMADI
 NIM : 22010005
 JUDUL : RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN
 BIODIGESTER PORTABEL DENGAN MENGGUNAKAN
 MIKROKONTROLER ESP32 DAN INTERNET OF THINGS (IOT)
 PEMBIMBING : MARTSELANI ADIAS SABARA, M.Kom.

No	Tanggal	Uraian	TTD
1	Senin 2 Juni 2025	Judul tdk sesuai dgn proyek simbol tdk boleh di pargurakan -> lpp	
2	23 Juli 2025	acc bab I	
3	25 Juli 2025	revisi bab Judul tabel tdk boleh dipisah	
4	23 Juli 2025	acc bab II	
5	24 Juli 2025	revisi Bab III keterangan Gambar tdk ada	
6	29 Juli 2025	acc bab III	
7	26 Juli 2025	revisi bab TU keterangan tabel uji coba tdk sesuai dgn isi tabel	

HALAMAN BIMBINGAN
LAPORAN TUGAS AKHIR

NAMA : GILANG PERMADI
NIM : 22010005
JUDUL : RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN
BIODIGESTER PORTABEL DENGAN MENGGUNAKAN
MIKROKONTROLER ESP32 DAN INTERNET OF THINGS (IOT)
PEMBIMBING 2 : MARTSELANI ADIAS SABARA, M.Kom.

No	Tanggal	Uraian	TTD
1	29 Juli 2025	ACC bab II	
2	29 Juli 2025	ACC bab I	
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

Lampiran 7 Penilaian Bimbingan Tugas Akhir Individu

PENILAIAN BIMBINGAN TUGAS AKHIR INDIVIDU

Judul : RANCANG BANGUN SISTEM KEAMANAN BIODIGESTER PORTABEL DENGAN MENGGUNAKAN MIKROKONTROLER ESP32 DAN INTERNET OF THINGS (IOT)
 Nama : Gilang Permadi
 NIM : 22010005
 Kelas : 6A / D3 Teknik Elektronika

I. Nilai Bimbingan Tugas Akhir (Pembimbing I)

No	Unsur Yang Dinilai	Nilai
1	Kedisiplinan dalam bimbingan	70
2	Kreativitas pemecahan dalam bimbingan	75
3	Penguasaan materi tugas akhir	85
4	Kelengkapan dan referensi tugas akhir	80
Total Nilai = (Jumlah Nilai / 4)		77,5

II. Nilai Bimbingan Tugas Akhir (Pembimbing II)

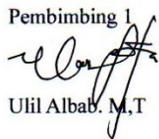
No	Unsur Yang Dinilai	Nilai
1	Kedisiplinan dalam bimbingan	70
2	Kreativitas pemecahan dalam bimbingan	70
3	Penguasaan materi tugas akhir	80
4	Kelengkapan dan referensi tugas akhir	80
Total Nilai = (Jumlah Nilai / 4)		75

$$\text{Nilai Bimbingan} = \frac{77,5 + 75}{2} = 76,25$$

Tegal, 29 Juli 2025

Mengetahui,

Pembimbing 2

Pembimbing 1

 Ulil Albab, M.T


 Martselani Adias Sabara, M.KOM

Lampiran 8 Tesk Plagiasi

ELK_GILANG_TUGAS_AKHIR (6).pdf

ORIGINALITY REPORT

20%
SIMILARITY INDEX

18%
INTERNET SOURCES

7%
PUBLICATIONS

9%
STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1 eprints.poltektegal.ac.id **7%**
Internet Source

2 Submitted to Westcliff University **1%**
Student Paper
