

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].



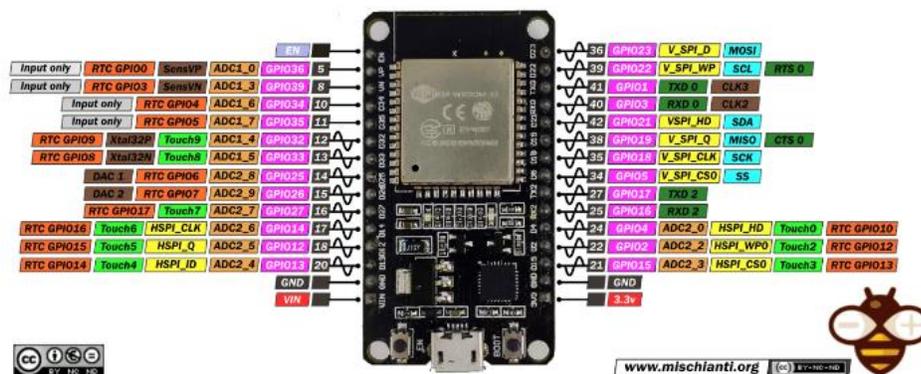
SYSTEM
MONITORING

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

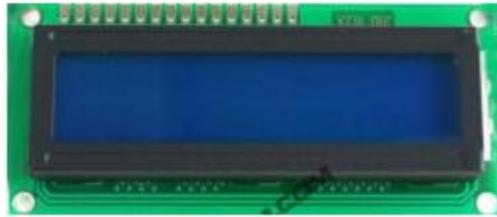
Saat sensor gas aktif, sinyal yang dihasilkan dikirim ke mikrokontroler, yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data. Mikrokontroler ini mengubah sinyal menjadi data yang dapat ditampilkan melalui Aplikasi Blynk dan WhatsApp.

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(CH4)	
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 5000ppmCH4)≥5
	Output Voltage	V _S	2.5V~4.0V (in 5000ppm CH4)
	Concentration Slope	α	≤0.6(R5000ppm/R1000ppm CH4)
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	kisar 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)