

Sistem Integrasi dan Implementasi Alat Produksi Biogas Berbasis Internet of Things (IoT)

1st Michael
*Fakultas Teknik Elektro
 Universitas Telkom
 Bandung, Indonesia*
 mekelhanry@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Meta Kallista
*Fakultas Teknik Elektro
 Universitas Telkom
 Bandung, Indonesia*
 metakallista@telkomuniversity.ac.id

3rd Ig. Prasetya Dwi Wibawa
*Fakultas Teknik Elektro
 Universitas Telkom
 Bandung, Indonesia*
 prasdewibawa@telkomuniversity.ac.id

Abstrak – Produksi biogas dari limbah organik merupakan solusi energi terbarukan yang potensial, namun menghadapi tantangan seperti pemantauan suhu, kelembapan, dan produksi gas, serta pengelolaan limbah dan ketersediaan bahan bakar. Internet of Things (IoT) dapat membantu memantau fermentasi dan ketersediaan limbah, meskipun biaya dan integrasi data menjadi kendala. Pengujian menunjukkan hasil positif meskipun ada hambatan seperti kebutuhan daya konstan dan masalah sensor. Optimalisasi lebih lanjut diperlukan untuk meningkatkan kinerja dan efisiensi sistem.

Kata kunci – Bot Telegram, Deteksi metana, Internet of Things (IoT), Limbah organik, Pemantauan sensor, Produksi biogas.

I. PENDAHULUAN

Pembuatan biogas dari limbah organik adalah metode yang menjanjikan untuk menghasilkan energi terbarukan. Namun, teknologi konvensional sering menghadapi masalah seperti perlunya memantau kondisi fermentasi yang ketat, termasuk suhu, kelembaban, dan produksi gas, untuk memastikan produksi biogas yang efisien. Pengelolaan limbah yang buruk dapat menyebabkan polusi dan bau tidak sedap. Teknologi Internet of Things (IoT) menawarkan solusi dengan memungkinkan pemantauan dan pengendalian kondisi fermentasi secara otomatis menggunakan sensor, sehingga menjaga kondisi fermentasi tetap ideal tanpa intervensi manusia yang intensif.[1]

Pembuatan biogas dari limbah organik merupakan solusi menjanjikan untuk energi terbarukan, tetapi terdapat beberapa tantangan yang perlu diatasi. Internet of Things (IoT) berperan penting dalam memantau parameter fermentasi secara menyeluruh, memungkinkan pemantauan real-time dan pengendalian otomatis untuk menjaga kondisi ideal. Namun, tantangan seperti investasi awal yang tinggi, analisis ekonomi yang kompleks, dan masalah lingkungan harus diatasi. Selain itu, keterbatasan integrasi data dan biaya perangkat keras perlu diperhatikan. Mengatasi masalah ini adalah

langkah penting menuju solusi berkelanjutan yang memberikan manfaat dalam energi terbarukan dan perlindungan lingkungan. Penggunaan IoT dalam produksi biogas dapat ditingkatkan dengan pendekatan dan inovasi yang tepat.

Dengan menggunakan Internet of Things, produksi biogas dari limbah organik diharapkan dapat menyelesaikan masalah saat ini, meningkatkan manajemen limbah, dan memenuhi kebutuhan pengguna dengan cepat dan efisien. Diharapkan kontribusi ini akan menjadi dasar yang kuat untuk pembuatan dan peluncuran produk rumah tangga yang memenuhi kebutuhan dengan sukses.

II. KAJIAN TEORI

Biogas adalah campuran gas yang terdiri terutama dari metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2), yang dihasilkan dari pembusukan anaerobik bahan organik seperti limbah pertanian, sisa makanan, atau kotoran hewan. Perangkat biogas dirancang untuk mengumpulkan metana yang dihasilkan dari proses ini.

Internet of Things (IoT) adalah konsep di mana objek fisik dilengkapi dengan sensor dan perangkat lunak untuk memungkinkan komunikasi dan pertukaran data dengan perangkat lain melalui internet. IoT erat kaitannya dengan komunikasi machine-to-machine (M2M), di mana perangkat cerdas (smart devices) diharapkan dapat meningkatkan efisiensi kerja manusia.[2]

Proyek Internet of Things (IoT) untuk produksi biogas dari limbah organik dimulai dengan perancangan sistem yang mengintegrasikan berbagai komponen perangkat keras dan lunak. Sistem ini memanfaatkan sensor untuk memantau suhu, gas, dan tekanan pada tutup biodigester, memungkinkan pemantauan kondisi fermentasi secara real-time. Data sensor dikirim ke aplikasi Telegram, memudahkan pengguna dalam memantau kondisi. Sensor-sensor ini dipasang di dalam biodigester untuk memastikan pengukuran variabel penting secara akurat, dan mikrokontroler dihubungkan

dengan sensor melalui konektor dan kabel yang sesuai untuk memastikan pengumpulan data yang konsisten. Pengujian awal dilakukan untuk memastikan semua komponen berfungsi dengan baik.

Sistem ini juga melibatkan proses pengolahan limbah organik menjadi biogas melalui fermentasi anaerobik.[3] Limbah organik yang sudah diproses dimasukkan ke dalam tangki biogas melalui pipa, dan proses ini dipantau oleh sistem yang telah dirancang. Komponen utama yang digunakan meliputi berbagai sensor, mikrokontroler, dan perangkat penyimpanan biogas, sementara bahan seperti limbah organik dan air digunakan untuk mengoptimalkan fermentasi. Implementasi ini bertujuan untuk menciptakan solusi berkelanjutan yang memanfaatkan limbah organik rumah tangga sebagai sumber energi alternatif berupa biogas, mendukung pengelolaan limbah yang lebih ramah lingkungan.

III. METODE

Proyek Internet of Things (IoT) untuk produksi biogas dari limbah organik dimulai dengan merancang sistem yang mengintegrasikan berbagai komponen perangkat lunak dan perangkat keras. Sensor untuk suhu, gas, dan tekanan dipasang pada biodigester guna memantau kondisi fermentasi secara real-time. Mikrokontroler dihubungkan ke sensor melalui konektor dan kabel yang tepat untuk memastikan pengumpulan data yang konsisten.

Proses fermentasi anaerobik diawasi dengan cermat, dan setiap komponen diuji untuk memastikan fungsionalitasnya. Limbah organik dimasukkan ke dalam tangki biogas melalui pipa yang dirancang untuk mengoptimalkan produksi biogas.

A. Rangkaian Pengaduk Otomatis

Proyek ini melibatkan berbagai macam alat:

1. Wemos D1 R32: Sebuah microcontroller berbasis ESP32 yang berfungsi sebagai pengendali utama dalam proyek ini.
2. L298N Motor Driver: Modul driver motor yang digunakan untuk mengontrol motor DC. L298N mampu mengendalikan dua motor DC secara independen atau satu motor stepper[5]
3. DC Motor 775: Motor DC 12V yang digunakan untuk aplikasi yang memerlukan torsi besar.
4. Baterai 12V (8x baterai AA) berfungsi sebagai sumber daya eksternal untuk motor DC, yang terhubung ke GPIO16 (pin digital 16) pada Wemos D1 R32. Pin ENA digunakan untuk mengaktifkan atau menonaktifkan motor, dan PWM memungkinkan pengguna mengontrol kecepatan motor.
5. Pin IN1 terhubung ke GPIO27 (pin digital 27) pada Wemos D1 R32 dan digunakan untuk mengontrol arah putaran motor, dengan HIGH mengarahkan motor maju.
6. Pin IN2 terhubung ke GPIO14 (pin digital 14) pada Wemos D1 R32 dan digunakan untuk mengontrol arah putaran motor, dengan LOW membuat motor maju saat dipasangkan dengan IN1.

Wemos D1 R32 berperan sebagai pengendali utama dalam sistem pengoperasian motor dengan mengirimkan sinyal kontrol melalui pin ENA, IN1, dan IN2 ke modul L298N. Pin ENA (Enable) digunakan untuk mengatur kecepatan motor melalui sinyal PWM (Pulse Width Modulation), sementara pin IN1 dan IN2 digunakan untuk mengendalikan arah putaran motor. Modul L298N Motor Driver menerima sinyal kontrol tersebut dari Wemos D1 R32 dan mengelola distribusi daya ke motor DC 775. Terminal output OUT1 dan OUT2 pada L298N mengalirkan daya ke motor berdasarkan sinyal kontrol yang diterima dari Wemos D1 R32. Selain itu, baterai 12V digunakan untuk memberikan daya yang cukup kepada motor DC 775, memastikan motor dapat beroperasi pada torsi dan kecepatan yang diinginkan.

```

import java.util.*;
import java.lang.*;

public class Robot {
    String name;
    DCMotor motor;
    int ena;

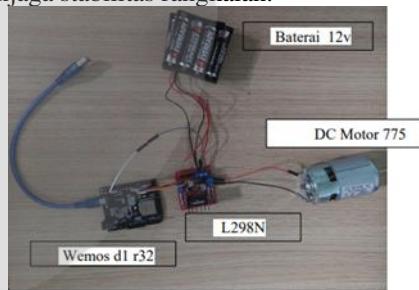
    public Robot(String name) {
        this.name = name;
        motor = new DCMotor();
        ena = 100;
    }

    public void start() {
        System.out.println("Hello, " + name);
        while (true) {
            motor.drive(100);
            if (name != null) {
                System.out.println("Name changed to " + name);
                name = null;
                motor.stop();
            }
        }
    }
}

```

Gambar 3.1
Rangkaian Pengaduk Otomatis

Penting untuk memastikan bahwa semua kabel terhubung dengan kuat untuk mencegah terputusnya koneksi akibat konektor yang longgar. Memastikan polaritas baterai 12V terhubung dengan benar, yaitu kutub positif (+) dan kutub negatif (-) pada modul L298N, adalah langkah penting untuk menjaga kelancaran operasi sistem. Selain itu, pastikan bahwa pin GND dari Wemos D1 R32 terhubung ke GND pada modul L298N untuk memastikan referensi yang sama dan menjaga stabilitas rangkaian.



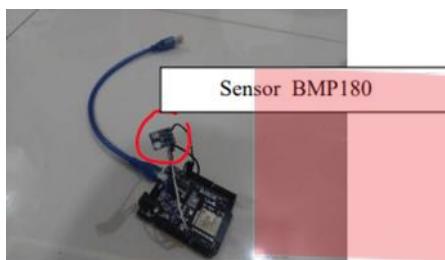
GAMBAR 3.2
Program Rangkaian Produk

Fungsi `handleMixeron` dipanggil dengan parameter `chat_id` dan `from_name` untuk mengaktifkan pengaduk. Pengaduk diaktifkan dengan mengatur pin `IN1` dan `IN2` untuk menentukan arah putaran serta pin `ENA` untuk mengalirkan daya ke motor. Setelah pengaduk diaktifkan, bot Telegram mengirimkan pesan ke chat yang relevan untuk memberitahukan bahwa pengaduk telah diaktifkan oleh pengguna. Program kemudian menunggu selama 10 detik agar pengaduk beroperasi. Setelah periode tersebut, pin `ENA` diatur ke LOW untuk mematikan pengaduk.

B. Rangkaian Sensor DHT22

Dalam proyek ini, sensor dibangun menggunakan beberapa alat utama. Wemos D1 R32, sebuah mikrokontroler berbasis ESP32, sebagai pengendali utama. Sensor DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban dengan akurasi lebih tinggi dibandingkan DHT11.[4]

Wemos D1 R32 bertanggung jawab untuk mengendalikan dan membaca data dari sensor DHT22, dengan GPIO17 digunakan untuk menerima data dari sensor tersebut. Sumber daya untuk sensor DHT22 disuplai oleh pin 3V3, sementara pin GND memberikan referensi ground yang sama untuk seluruh sistem.



GAMBAR 3.3
Rangkaian Sensor DHT22

Untuk memastikan kinerja yang optimal, beberapa langkah perlu diperhatikan. Pertama, koneksi yang kuat harus dipastikan dengan memastikan semua kabel terhubung dengan baik dan tidak longgar, guna mencegah terputusnya sambungan. Kedua, polaritas yang benar harus dipastikan dengan memeriksa bahwa pin VCC dan GND dari sensor DHT22 terhubung sesuai dengan kutub `+` dan `-` yang tepat pada sensor tersebut. Terakhir, penting untuk memastikan bahwa pin GND dari Wemos D1 R32 terhubung dengan pin GND pada sensor DHT22, sehingga memberikan referensi ground yang sama dan konsisten.

```
const unsigned int SENSOR_PIN_DHT22 = 17; // DHT22 Sensor pin
AM2302::AM2302_Sensor am2302(SENSOR_PIN_DHT22);

void handleTemp(String chat_id)
{
    float temperature = am2302.get_Temperature();
    float humidity = am2302.get_Humidity();

    String message = "Suhu: " + String(temperature, 2) + "C\n";
    message += "Kelembapan: " + String(humidity, 2) + "%";
    bot.sendMessage(chat_id, message);
}
```

GAMBAR 3.4
Program Rangkaian Sensor DHT22

C. Rangkaian Sensor BMP180

Pembuatan sensor BMP180 memerlukan alat-alat berikut: Wemos D1 R32, sebuah mikrokontroler berbasis ESP32 yang berfungsi sebagai pengendali utama, dan BMP180, sebuah sensor yang mengukur tekanan udara dan suhu. BMP180 beroperasi dengan menggunakan komunikasi I2C untuk berinteraksi dengan mikrokontroler.[5]

Wemos D1 R32 mengendalikan dan membaca data dari sensor BMP180 melalui beberapa pin. GPIO26 menerima data dari sensor, sementara pin 5V menyediakan daya dan GND memberikan referensi ground yang konsisten untuk seluruh sistem.

I2C, sementara GPIO22 (SCL) menyinkronkan data dengan clock dari sensor BMP180. Pin 3V3 menyediakan daya untuk sensor, dan pin GND memastikan referensi ground yang konsisten untuk seluruh sistem.



GAMBAR 3.5
Rangkaian Sensor BMP180

Pastikan semua kabel terhubung dengan baik untuk mencegah masalah koneksi. Periksa juga polaritas pin VCC dan GND dari sensor BMP180 agar terhubung dengan benar. Selain itu, pastikan pin GND dari Wemos D1 R32 terhubung dengan GND sensor BMP180 untuk menjaga referensi ground yang konsisten.

```
const unsigned long ALERT_CHECK_INTERVAL = 30000; // Check alert every 5 Minutes
unsigned long lastAlertCheckTime = 0; // Last time alerts were checked
String chat_id_global = "#0223720"; // Chat ID to store chat ID for sending notifications

void checkLowPressure(float pressure_kPa, String chat_id) {
    if (pressure_kPa < 1000.0) { // Check if air pressure is low
        String message = "Air pressure is low (" + String(pressure_kPa, 2) + " kPa). Possible damage or
        // Potential formation process."
        bot.sendMessage(chat_id, message);
        Serial.println("Alert: Low air pressure sent.");
    }
}

void checkHighPressure(float pressure_kPa, String chat_id) {
    if (pressure_kPa > 1000.0) { // Check if air pressure is high
        String message = "Air pressure is high (" + String(pressure_kPa, 2) + " kPa). High gas production,
        use it immediately."
        bot.sendMessage(chat_id, message);
        Serial.println("Alert: High air pressure sent.");
    }
}

if (millis() - lastAlertCheckTime > ALERT_CHECK_INTERVAL) {
    float pressure_kPa = bmp.readPressure(); // Read air pressure in kPa
    float pressure_mbar = pressure_kPa * 1000.0; // Convert pressure to mbar
    Serial.println("Checking air pressure alert: " + String(pressure_kPa) + " kPa");

    if (chat_id_global.length() > 0) { // If there is a global chat ID
        checkLowPressure(pressure_kPa, chat_id_global);
        checkHighPressure(pressure_kPa, chat_id_global);
    } else {
        Serial.println("No chat_id_global set, skipping alert.");
    }

    lastAlertCheckTime = millis(); // Update last alert check time
}
```

GAMBAR 3.6
Program Rangkaian Sensor BMP180

D. Rangkaian Sensor MQ4

Alat yang digunakan untuk sensor MQ4 yaitu. Wemos D1 R32, yang merupakan mikrokontroler berbasis ESP32, berfungsi sebagai pengendali utama dalam proyek ini. Selain itu, sensor MQ4 digunakan untuk mendeteksi berbagai gas, termasuk LPG, asap, metana, dan gas berbahaya lainnya.[6]

Wemos D1 R32 mengendalikan dan membaca data dari sensor MQ4. GPIO26 menerima data dari sensor, sementara pin 5V menyediakan daya dan GND memberikan referensi ground yang konsisten untuk seluruh sistem.



GAMBAR 3.7
Rangkaian Sensor MQ4

Pastikan semua kabel terhubung dengan baik dan kuat untuk mencegah koneksi longgar. Verifikasi bahwa pin VCC dan GND dari sensor MQ4 terhubung dengan benar (kutub `+` dan `-`). Selain itu, pastikan GND dari Wemos D1 R32 terhubung ke GND pada sensor MQ4 untuk referensi ground yang konsisten.

```
● ● ●
const unsigned int SENSOR_PIN_MQ4_DIGITAL = 14;

void handleGas(String chat_id) {
    int gasState = digitalRead(SENSOR_PIN_MQ4_DIGITAL);

    String message;
    if (gasState == LOW) {
        message = "Gas detected!";
    } else {
        message = "No gas detected.";
    }
    bot.sendMessage(chat_id, message);
}

pinMode(SENSOR_PIN_MQ4_DIGITAL, INPUT_PULLUP);
```

GAMBAR 3.8
Program Rangkaian Sensor MQ4

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi sistem biodigester berbasis Internet of Things (IoT) melibatkan penggunaan sensor utama seperti DHT22 (AM2302) untuk suhu dan kelembaban, BMP180 (BMP085) untuk tekanan udara, dan MQ4 untuk deteksi gas. Semua sensor terhubung ke Wemos D1 R32, mikrokontroler berbasis ESP32 yang berfungsi sebagai pengendali utama. Sensor ini terintegrasi dengan bot Telegram untuk pemantauan dan kontrol jarak jauh. Pin GPIO17 pada DHT22 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban, dengan data dikirim melalui fungsi 'handleTemp'. Sensor BMP180 terhubung via I2C pada pin GPIO21 (SDA) dan GPIO22 (SCL), mengirim data tekanan udara melalui fungsi 'handlePressure'. Sensor MQ4 terhubung ke pin GPIO26 untuk mendeteksi gas dan mengirim informasi melalui fungsi 'handleGas'.

Sistem ini mengutamakan keamanan dengan koneksi 'WiFiClientSecure' ke server Telegram, dan pengoperasian dimulai dengan perintah /mixeron untuk mengaktifkan pengaduk selama 10 detik. Pengguna dapat memantau suhu (/temp), tekanan udara (/pressure), dan gas (/gas) melalui bot Telegram. Panduan pengoperasian mencakup langkah-langkah dari pemasukan bahan baku hingga penggunaan biogas,

dengan monitoring rutin dan pengaturan alarm untuk kondisi abnormal disarankan. Analisis menunjukkan bahwa sistem dirancang secara terstruktur, mengikuti prinsip pengembangan IoT yang andal dan efisien.

Bot Telegram bertugas untuk mengirimkan pesan peringatan yang tepat, dan produksi biogas berjalan dengan efisien. Untuk mencapai hal ini, berbagai pengujian dilakukan. Pertama, setiap menu bot Telegram diuji selama tujuh hari untuk memastikan pengambilan data harian yang konsisten. Kedua, kondisi lingkungan dipantau dan disesuaikan untuk optimasi produksi biogas. Ketiga, pengujian keterlambatan pesan notifikasi dilakukan untuk mengukur waktu pemrosesan perintah oleh bot Telegram. Pengujian dilakukan di luar ruangan, dengan penyesuaian waktu dari siang ke malam untuk mengevaluasi dampak perubahan suhu pada produksi biogas. Data dikumpulkan setiap hari pada waktu yang berbeda untuk memahami kinerja sistem dalam berbagai kondisi suhu. Pengujian dilakukan oleh para peneliti tanpa bantuan pihak luar untuk menjaga konsistensi dan kontrol.

Pengujian menunjukkan bahwa integrasi perangkat keras dan perangkat lunak berhasil dengan baik. Wemos ESP32 memungkinkan dinamo DC motor 775 untuk mengoperasikan pengaduk sesuai jadwal yang diprogram, dan sistem otomatisasi dapat mengirimkan notifikasi ke bot Telegram. Meskipun demikian, ada tantangan seperti kebutuhan akan daya konstan dan perawatan rutin.

Sensor MQ4 tidak mendeteksi gas metana akibat penyetelan potensiometer yang salah, memerlukan penyesuaian untuk meningkatkan sensitivitas. Sementara sensor tekanan udara BMP180 dan sensor suhu DHT22 berfungsi dengan baik dalam melacak kondisi biogas, terdapat masalah dengan resolusi dan akurasi pengukuran. Secara keseluruhan, meskipun tujuan penelitian tercapai, perbaikan teknis seperti penyetelan sensor dan stabilitas pasokan daya diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan kinerja sistem.

Optimalisasi sistem dan pengujian dalam berbagai kondisi lingkungan penting untuk kemajuan dalam pengolahan limbah dan produksi biogas.

V. KESIMPULAN

Platform Wemos D1 R32, bersama dengan sensor seperti DHT22, BMP180, dan MQ4, digunakan untuk mengembangkan sistem biodigester berbasis Internet of Things (IoT) yang dirancang untuk memantau fermentasi sampah organik menjadi biogas. Pengujian menunjukkan bahwa integrasi dengan bot Telegram memungkinkan kontrol, pemantauan, dan laporan status sistem secara real-time dari jarak jauh. Namun, terdapat beberapa masalah teknis, seperti perlunya panduan lebih rinci untuk pengguna yang kurang berpengalaman dan ketergantungan pada koneksi internet yang stabil, terutama di area dengan jaringan yang tidak konsisten. Sensor BMP180, meskipun memiliki resolusi terbatas

dalam mendeteksi perubahan kecil pada tekanan udara, memberikan data akurat mengenai suhu, tekanan gas, dan komposisi gas.

Secara keseluruhan, sistem ini menunjukkan potensi besar sebagai solusi energi terbarukan yang dapat diakses dan diperluas melalui teknologi seperti Telegram. Meskipun pengguna dapat mengelola dan memanfaatkan biogas untuk berbagai aplikasi, dari rumah tangga hingga industri kecil, ada kebutuhan untuk perbaikan agar sistem lebih efisien dan andal, terutama dalam mengatasi ketergantungan pada internet dan keterbatasan sensor. Pengembangan lebih lanjut dapat mendukung teknologi ramah lingkungan dan upaya global untuk mengurangi emisi karbon serta meningkatkan ketahanan energi lokal.

REFERENSI

- [1] Syahputra, A. B. (2019). *Pengembangan model biogas rumahan untuk mereduksi sampah (limbah) ternak di desa kananga kecamatan bolo kabupaten bima*. Administrasi Negara, 2.
- [2] Setiawan, R. (2021, September 8). *Memahami Apa Itu Internet of ThingsMemahami Apa Itu Internet of Things*. Retrieved from

Dicoding.com:

<https://www.dicoding.com/blog/apa-itu-internet-of-things/>

- [3] O. B. Otanocha, R. Oyovwikefe, M. O. Okwu, and L. K. Tartibu, "Modified biogas digester tank for production of gas from decomposable organic wastes," *Biomass Convers Biorefin*, pp. 1–11, 2021
- [4] P. Peerzada, W. H. (2021). *DC motor speed control through arduino and L298N motor driver using PID controller*. *International Journal of Electrical Engineering & Emerging Technology*, 21-24.
- [5] D.R. Arivalahan, S. B. (2021). *Development of Arduino based microcontroller through Internet of Things (IoT) for the measurement and monitoring of process environmental parameters*. *Journal of Electrical Engineering and Technology (IJEET)*, 50-61.
- [6] H. Gusdevi, P. A. (2021). *Prototype of LPG gas leakage detector using flame sensor and MQ-2 sensor*. *APTIKOM Journal on Computer Science and Information Technologies (CSIT)*, 28.