



Perancangan dan Implementasi Sistem Smart Waste Bin Berbasis ESP32 dengan Integrasi Multi-Sensor

Muhammad Aris¹, Nehemia Fernando Danamik², Kelvin Adventino Purba³ David Rio Manalu⁴ Eka Dodi Suryanto⁵ Dian Putra Saragi⁶

¹ pendidikan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Medan, Jalan Willem Iskandar Pasar V Medan Estate, Kota Medan, Sumatra Utara, 20222

Penulis Korespondensi: mhdaris.5231230012@mhs.unimed.ac.id, nehemiadamanik53@gmail.com, kelvinpurba.5233530021@mhs.unimed.ac.id, davidrio2356@gmail.com, ekadodisuryanto@unimed.ac.id, dianpsaragi@unimed.ac.id

Abstrak The increasing volume of waste has become a serious problem, as conventional waste management systems are still inefficient. This study aims to design a smart waste bin based on ESP32 with multi-sensor integration to improve efficiency. The system uses ultrasonic, infrared, MQ-2, and DHT11 sensors, with a servo as the actuator and a buzzer as an indicator. The results show that the system works well, is responsive, and improves waste condition monitoring. This system provides a practical solution to support environmental cleanliness.

Keywords: Automation, DHT11, ESP32, MQ-2 Gas Sensor, Smart Waste Bin.

Abstract: Peningkatan volume sampah menjadi masalah serius karena sistem pengelolaan konvensional masih belum efisien. Penelitian ini merancang tempat sampah pintar berbasis ESP32 dengan multi-sensor untuk meningkatkan efisiensi.

Sistem menggunakan sensor ultrasonik, infrared, MQ-2, dan DHT11, dengan servo sebagai aktuator dan buzzer sebagai indikator. Hasil menunjukkan sistem bekerja baik, responsif, dan mampu meningkatkan pemantauan kondisi sampah.

Sistem ini menjadi solusi praktis untuk mendukung kebersihan lingkungan.

Kata kunci: Automation, DHT11, ESP32, MQ-2 Gas Sensor, Smart Waste Bin

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk dan perubahan pola konsumsi menyebabkan peningkatan volume sampah yang menjadi masalah serius, terutama di kawasan perkotaan. Pengelolaan sampah yang belum optimal dapat berdampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan, yang juga dipengaruhi oleh keterbatasan fasilitas serta rendahnya kesadaran masyarakat.

Sistem pengelolaan sampah konvensional yang mengandalkan jadwal tetap sering tidak efisien karena tidak mempertimbangkan kondisi aktual, sehingga dapat terjadi penumpukan atau pengangkutan yang tidak diperlukan. Beberapa penelitian telah mengembangkan tempat sampah otomatis berbasis sensor, namun umumnya masih menggunakan satu sensor sehingga informasi yang diperoleh kurang optimal.

B. Rumusan Masalah

Oleh karena itu, diperlukan sistem berbasis multi-sensor yang mampu memantau kondisi sampah secara lebih menyeluruh. Integrasi sensor ultrasonik, infrared, MQ-2, dan DHT11 diharapkan dapat memberikan data yang lebih akurat. Sistem ini juga dilengkapi dengan motor servo dan buzzer sebagai aktuator dan indikator.

Kebaruan penelitian ini terletak pada penggunaan sistem multi-sensor berbasis ESP32 yang bekerja secara otomatis tanpa koneksi internet, sehingga lebih sederhana namun tetap efektif.

1. Bagaimana merancang sistem tempat sampah pintar berbasis ESP32 yang dapat bekerja secara otomatis?
2. Bagaimana mengintegrasikan sensor ultrasonik, infrared, MQ-2, dan DHT11 untuk mendeteksi kondisi tempat sampah secara akurat?
3. Bagaimana mengimplementasikan mekanisme buka-tutup otomatis menggunakan motor servo berdasarkan data sensor?
4. Bagaimana memanfaatkan buzzer sebagai indikator peringatan pada kondisi tertentu, seperti gas berbahaya atau tempat sampah penuh?
5. Sejauh mana sistem dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah dibandingkan metode konvensional?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang dan membangun sistem tempat sampah pintar berbasis ESP32 yang dapat bekerja secara otomatis.
2. Mengintegrasikan berbagai sensor, yaitu sensor ultrasonik, sensor inframerah, sensor gas MQ-2, dan sensor DHT11 untuk mendeteksi kondisi tempat sampah secara menyeluruh.
3. Mengimplementasikan mekanisme buka-tutup otomatis pada tempat sampah menggunakan motor servo berdasarkan data dari sensor.
4. Menerapkan buzzer sebagai indikator peringatan untuk memberikan notifikasi terhadap kondisi tertentu, seperti adanya gas berbahaya atau tingkat keterisian sampah.
5. Mengevaluasi kinerja sistem dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan sampah dibandingkan dengan metode konvensional

D. Batasan Penelitian

1. sistem yang dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengendali utama.
2. Sensor yang digunakan dalam penelitian ini meliputi sensor ultrasonik, sensor inframerah, sensor gas MQ-2, dan sensor DHT11.
3. Sistem hanya berfungsi untuk mendeteksi keberadaan objek, tingkat keterisian sampah, kondisi gas, serta suhu dan kelembapan di sekitar tempat sampah.
4. Mekanisme otomatisasi yang diterapkan terbatas pada buka-tutup penutup tempat sampah menggunakan motor servo.
5. Buzzer digunakan sebagai indikator peringatan pada kondisi tertentu, seperti terdeteksinya gas atau kondisi tempat sampah penuh.
6. Sistem tidak menggunakan konektivitas internet atau fitur Internet of Things (IoT).
7. Sistem tidak dilengkapi dengan fitur pemilahan jenis sampah (organik dan anorganik).
8. Pengujian sistem dilakukan pada skala prototipe dan belum diterapkan pada skala lingkungan yang luas.

2. KAJIAN TEORITIS

A. Mikrokontroler ESP32

ESP32 merupakan mikrokontroler yang memiliki performa tinggi dan fitur lengkap, seperti GPIO, ADC, dan PWM, sehingga mudah diintegrasikan dengan berbagai sensor dan aktuator. Dengan prosesor dual-core, ESP32 mampu memproses data secara cepat, stabil, dan real-time, serta mendukung multitasking untuk mengelola beberapa sensor sekaligus. Dalam penelitian ini, ESP32 berfungsi sebagai pusat kendali yang mengolah data dari sensor ultrasonik, infrared, MQ-2, dan DHT11, kemudian mengontrol motor servo untuk membuka dan menutup penutup tempat sampah serta mengaktifkan buzzer sebagai indikator. Dengan kemampuannya tersebut, ESP32 sangat mendukung penerapan sistem otomatis berbasis multi-sensor sehingga meningkatkan kinerja dan keandalan sistem.



Gambar 2.1 ESP-32

B. Motor Servo SG90

Motor servo SG90 merupakan aktuator yang digunakan dalam sistem otomatis karena mampu mengatur posisi sudut secara presisi menggunakan sinyal PWM. Servo ini umumnya dapat berputar pada rentang 0° hingga 180° dan memiliki respon yang cepat serta stabil. Dalam penelitian ini, servo (MG995) digunakan untuk menggerakkan mekanisme buka-tutup penutup tempat sampah secara otomatis berdasarkan data dari sensor. Ketika objek terdeteksi, servo membuka penutup, dan akan menutup kembali setelah beberapa waktu atau saat tidak ada objek. Dengan karakteristik tersebut, motor servo berperan penting dalam mendukung sistem otomatisasi karena mampu memberikan pergerakan yang presisi, responsif, dan cukup kuat.



Gambar 2.2 Motor Servo SG90

C. Sensor Ultrasonik HC-SR04

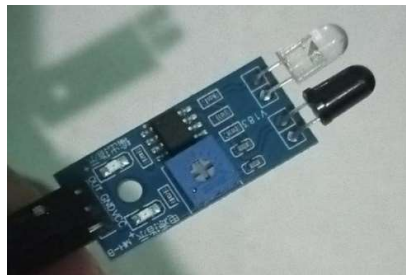
Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi jarak objek tanpa kontak langsung menggunakan gelombang suara. Dalam sistem ini, sensor mengirimkan sinyal ke ESP32 untuk membuka penutup secara otomatis saat objek terdeteksi, dan menutup kembali saat tidak ada objek. Penggunaan sensor ini meningkatkan kenyamanan karena memungkinkan pembuangan sampah tanpa menyentuh tempat sampah.



Gambar 2.3 Sensor Ultrasonik HC-SR04

D. Sensor Infrared (IR)

Sensor infrared (IR) bekerja dengan memanfaatkan cahaya inframerah untuk mendeteksi keberadaan objek melalui pantulan atau penghalangan sinar. Sensor ini memiliki respon cepat dan efektif untuk jarak dekat. Dalam penelitian ini, sensor IR digunakan untuk mendeteksi sampah yang masuk ke dalam tempat sampah. Ketika objek terdeteksi, sinyal dikirim ke ESP32 untuk mengaktifkan buzzer sebagai indikator bunyi. Penggunaan sensor ini bertujuan memberikan umpan balik kepada pengguna serta meningkatkan interaksi dengan sistem tempat sampah pintar.



Gambar 2.4 Sensor Infrared (IR)

E. Buzzer

Buzzer merupakan komponen output yang digunakan untuk menghasilkan suara sebagai indikator atau peringatan. Buzzer bekerja dengan mengubah sinyal listrik menjadi gelombang suara dan mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler. Dalam penelitian ini, buzzer dikendalikan oleh ESP32 menggunakan sinyal digital untuk memberikan notifikasi. Buzzer akan berbunyi ketika sensor infrared mendeteksi adanya sampah yang masuk sebagai tanda bahwa sistem bekerja. Penggunaan buzzer bertujuan memberikan umpan balik kepada pengguna serta membuat sistem lebih interaktif dan informatif.



Gambar 2.5 Buzzer

F. Sensor MQ-135

Sensor gas MQ-2 digunakan untuk mendeteksi gas mudah terbakar seperti butana, metana, LPG, dan asap dengan prinsip perubahan resistansi yang menghasilkan sinyal analog. Dalam penelitian ini, sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi gas hasil pembusukan sampah. Ketika gas terdeteksi, sensor mengirimkan sinyal ke ESP32 yang kemudian mengaktifkan buzzer sebagai peringatan. Penggunaan sensor ini bertujuan meningkatkan keamanan serta memberikan informasi kondisi lingkungan, sehingga berfungsi sebagai sistem peringatan dini terhadap potensi bahaya.



Gambar 2.6 Sensor MQ-2

G. Sensor DHT11

Sensor DHT11 merupakan sensor digital yang digunakan untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. Sensor ini mudah diintegrasikan dengan mikrokontroler seperti ESP32 serta memiliki konsumsi daya yang rendah, meskipun akurasi terbatas. Dalam penelitian ini, DHT11 digunakan untuk memantau kondisi suhu dan kelembapan di sekitar tempat sampah. Data yang diperoleh diproses oleh ESP32 sebagai informasi kondisi lingkungan. Penggunaan sensor ini bertujuan mendukung pemantauan lingkungan karena suhu dan kelembapan dapat mempengaruhi proses pembusukan sampah serta munculnya gas berbahaya.



Gambar 2.7 Sensor DHT11

METODOLOGI PENELITIAN

A. Jenis dan Pendekatan Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode prototipe, yang memungkinkan perancangan dan pengujian sistem secara bertahap. Tahapan meliputi studi literatur, perancangan hardware dan software, implementasi sistem, serta pengujian kinerja komponen dan sistem secara keseluruhan. Tahap akhir adalah evaluasi untuk mengetahui keberhasilan sistem dan sebagai dasar pengembangan lebih lanjut.

B. Alat dan Bahan

Komponen-komponen yang digunakan dalam perancangan Dan Implementasi Sistem Smart Waste Bin Berbasis ESP-32 dengan Multi Sensor dapat dikategorikan sebagai berikut:

1. *Komponen Hardware*

1.ESP32

ESP32 digunakan sebagai mikrokontroler utama yang berfungsi sebagai pusat pengendali sistem. Komponen ini bertugas untuk menerima data dari berbagai sensor, memproses data tersebut, serta mengendalikan aktuator sesuai dengan program yang telah dibuat.

2.Sensor Ultrasonik (HC-SR04)

Sensor ini berfungsi untuk mendeteksi keberadaan objek di depan tempat sampah. Ketika objek terdeteksi dalam jarak tertentu, sensor akan mengirimkan sinyal ke ESP32 untuk mengaktifkan motor servo sehingga penutup tempat sampah dapat terbuka secara otomatis.

3.SensorInfrared

Sensor infrared digunakan untuk mendeteksi keberadaan sampah yang masuk ke dalam tempat sampah. Sensor ini akan memberikan sinyal ke ESP32 yang kemudian digunakan untuk mengaktifkan buzzer sebagai indikator.

4.SensorGasMQ2

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi gas yang dihasilkan dari sampah, seperti butana dan metana. Ketika gas terdeteksi, sensor akan mengirimkan sinyal ke ESP32 untuk mengaktifkan buzzer sebagai peringatan.

5.DHT11

Sensor DHT11 berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan di sekitar tempat sampah. Data yang diperoleh digunakan untuk mengetahui kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi proses pembusukan sampah.

6.MotorServo(MG995)

Motor servo digunakan sebagai aktuator untuk membuka dan menutup penutup tempat sampah secara otomatis berdasarkan sinyal dari ESP32.

7.Buzzer

Buzzer digunakan sebagai indikator suara untuk memberikan peringatan ketika terdeteksi kondisi tertentu, seperti adanya gas atau sampah yang masuk.

2. *Komponen Software*

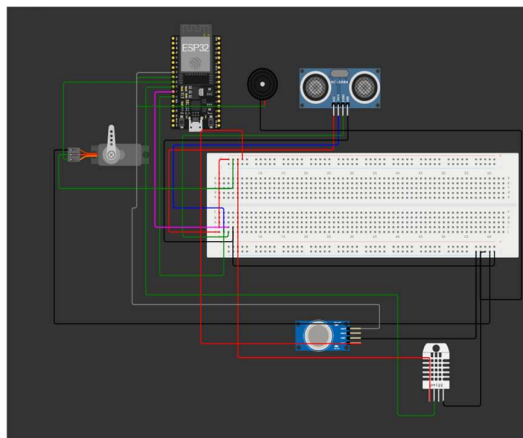
Komponen software mengatur kerja sistem dan mengendalikan perangkat keras secara otomatis. Program dibuat menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C/C++ untuk memproses data dari sensor ultrasonik, infrared, MQ-2, dan DHT11. Berdasarkan data tersebut, sistem mengontrol servo dan buzzer sesuai kondisi yang terdeteksi. Dengan software yang terstruktur, sistem dapat bekerja cepat, efektif, dan responsif.

C. Desain dan Arsitektur Sistem

Sistem menggunakan pendekatan input–process–output yang menghubungkan sensor, ESP32, dan aktuator. Input berasal dari sensor ultrasonik, infrared, MQ-2, dan DHT11 yang dikirim ke ESP32 untuk diproses. ESP32 kemudian mengontrol servo untuk membuka penutup serta buzzer sebagai indikator. Output berupa pergerakan servo dan bunyi buzzer. Sistem bekerja secara real-time, responsif, dan lebih akurat karena menggunakan multi-sensor.

D. Perancangan Mekanik

Perancangan mekanik bertujuan menentukan bentuk dan tata letak komponen agar sistem bekerja optimal. Wadah dibuat dari material ringan dan kuat dengan penutup otomatis yang digerakkan motor servo di bagian atas. Sensor ditempatkan secara strategis, yaitu ultrasonik di depan/atas, infrared di area masuk, serta MQ-2 dan DHT11 di dalam wadah. Buzzer diletakkan di luar agar suara terdengar jelas.

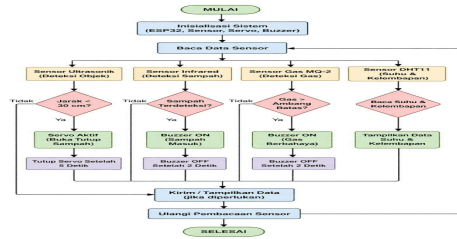


Gambar 3.1 Skema Rangkaian

E. Alur Kerja Sistem (Flowchart)

Alur kerja sistem dimulai dari proses inialisasi seluruh komponen, kemudian sistem secara terus-menerus membaca data dari sensor:

1. **Sensor Ultrasonik**
Mendeteksi objek (tangan pengguna)
→ Jika terdeteksi → servo membuka tutup
→ Setelah beberapa detik → tutup kembali
2. **Sensor Infrared**
Mendeteksi sampah masuk
→ Buzzer berbunyi 1 kali
3. **Sensor Gas (MQ-2)**
Mendeteksi gas berbahaya
→ Buzzer berbunyi sebagai peringatan
4. **Sensor DHT11**
Membaca suhu dan kelembapan
→ Digunakan sebagai informasi kondisi lingkungan



Gambar 3.2 Perancangan dan Implementasi Sistem Smart Waste Bin Berbasis ESP32 dengan Integrasi Multi-Sensor

F. Sistematis

Sistematika kerja sistem menggambarkan proses operasional tempat sampah pintar berbasis ESP32 yang berjalan otomatis. Proses diawali dengan inisialisasi seluruh komponen, seperti sensor ultrasonik, infrared, MQ-2, DHT11, motor servo, dan buzzer. Selanjutnya, sistem membaca data sensor secara terus-menerus. Sensor ultrasonik mendeteksi objek untuk membuka penutup menggunakan servo, yang akan menutup kembali setelah beberapa waktu. Sensor infrared mendeteksi sampah masuk dan mengaktifkan buzzer satu kali, sedangkan sensor MQ-2 mendeteksi gas berbahaya dan memicu buzzer sebagai peringatan. Sensor DHT11 membaca suhu dan kelembapan sebagai informasi kondisi lingkungan. Seluruh proses berjalan berulang (looping), sehingga sistem dapat bekerja secara otomatis, responsif, dan efisien dalam memantau kondisi tempat sampah.

G Teknik Pengujian

Teknik pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja sistem secara menyeluruh, mulai dari pengujian masing-masing komponen hingga sistem terintegrasi. Pengujian sensor meliputi sensor ultrasonik untuk akurasi deteksi jarak, sensor infrared untuk mendeteksi sampah dan respon buzzer, sensor MQ-2 untuk mendeteksi gas berbahaya, serta sensor DHT11 untuk membaca suhu dan kelembapan. Selain itu, dilakukan pengujian aktuator, yaitu motor servo untuk mekanisme buka-tutup otomatis dan buzzer sebagai indikator suara. Tahap akhir adalah pengujian sistem secara keseluruhan untuk mengetahui sinkronisasi, kecepatan respon, dan kestabilan kerja. Parameter yang diamati meliputi akurasi sensor, respon aktuator, dan keandalan sistem.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Kinerja Sistem

Analisis kinerja menunjukkan sistem memiliki keakuratan sensor, respon cepat, dan kestabilan yang baik. Sensor ultrasonik, infrared, dan MQ-2 bekerja efektif, sedangkan DHT11 cukup stabil meskipun akurasinya terbatas. Aktuator seperti servo dan buzzer juga berfungsi sesuai perintah. Secara keseluruhan, sistem bekerja otomatis, responsif, dan terintegrasi dengan baik. Namun, masih terdapat keterbatasan pada sensitivitas sensor gas dan akurasi DHT11, sehingga sistem masih dapat dikembangkan lebih lanjut.

```
#include <ESP32Servo.h>

#include <DHT.h>

// ===== PIN =====

#define IR 13
```

```
#define TRIG 12

#define ECHO 14

#define SERVO_PIN 26

#define BUZZER 25

#define GAS 33

#define DHTPIN 27

#define DHTTYPE DHT11

Servo servo;

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

// ===== SETTING =====

int batasGas = 700;

bool kondisiServo = false;

// ===== BUZZER GAS =====

unsigned long waktuTerakhirBuzzer = 0;

bool statusBuzzer = false;

// ===== IR STATE =====

bool irSebelumnya = HIGH;

// ===== DHT =====

unsigned long waktuDHT = 0;

float suhu = 0;

float kelembapan = 0;

void setup() {

  Serial.begin(115200);

  pinMode(IR, INPUT);

  pinMode(TRIG, OUTPUT);
```

```
pinMode(ECHO, INPUT);

pinMode(BUZZER, OUTPUT);

servo.setPeriodHertz(50);

servo.attach(SERVO_PIN, 500, 2400);

servo.write(0);

dht.begin();

Serial.println("Pemanasan sensor gas...");

delay(20000);

}

void loop() {

    // ===== IR =====

    int ir = digitalRead(IR);

    // ===== BUZZER IR (HANYA BUNYI, TIDAK GERAKKAN SERVO) =====

    if (ir == LOW && irSebelumnya == HIGH) {

        digitalWrite(BUZZER, HIGH);

        delay(200);

        digitalWrite(BUZZER, LOW);

    }

    irSebelumnya = ir;

    // ===== ULTRASONIK =====

    long duration;

    float jarak;

    digitalWrite(TRIG, LOW);

    delayMicroseconds(2);

    digitalWrite(TRIG, HIGH);
```

```
delayMicroseconds(10);

digitalWrite(TRIG, LOW);

duration = pulseIn(ECHO, HIGH, 30000);

if (duration == 0) {

    jarak = 999;

} else {

    jarak = duration * 0.034 / 2;

}

// ===== SERVO (HANYA DARI ULTRASONIK) =====

if (jarak < 10 && kondisiServo == false) {

    servo.write(90);

    kondisiServo = true;

}

else if (jarak >= 10 && kondisiServo == true) {

    servo.write(0);

    kondisiServo = false;

}

// ===== DHT =====

if (millis() - waktuDHT >= 2000) {

    waktuDHT = millis();

    float t = dht.readTemperature();

    float h = dht.readHumidity();

    if (!isnan(t) && !isnan(h)) {

        suhu = t;

        kelembapan = h;

    }

}
```

```
    }  
  }  
  
  // ===== GAS =====  
  
  int gas = analogRead(GAS);  
  
  // ===== DEBUG =====  
  
  Serial.print("IR: "); Serial.print(ir);  
  
  Serial.print(" | Jarak: "); Serial.print(jarak);  
  
  Serial.print(" | Gas: "); Serial.print(gas);  
  
  Serial.print(" | Suhu: "); Serial.print(suhu);  
  
  Serial.print(" | Hum: "); Serial.println(kelembapan);  
  
  // ===== BUZZER GAS =====  
  
  unsigned long sekarang = millis();  
  
  if (gas > batasGas) {  
  
    if (sekarang - waktuTerakhirBuzzer >= 100) {  
  
      waktuTerakhirBuzzer = sekarang;  
  
      statusBuzzer = !statusBuzzer;  
  
      digitalWrite(BUZZER, statusBuzzer);  
  
    }  
  
  } else {  
  
    digitalWrite(BUZZER, LOW);  
  
  }  
  
  delay(10);  
  
}
```

C. Hasil Rangkaian dan Pengujian Sistem

1. Kondisi Tong Sampah Terbuka

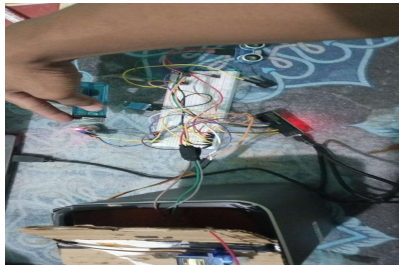
Pada kondisi ini penutup tong sampah terbuka karena pada sensor ultrasonik ada objek di depan dan sensor ultrasonik memberi sinyal ke motor servo untuk bergerak dan membuka penutupnya dan jika tidak ada objek maka penutupnya akan kembali seperti semula.



Gambar 4.1 Kondisi Tong Sampah Terbuka

2. Kondisi Pada Saat Ada GAS

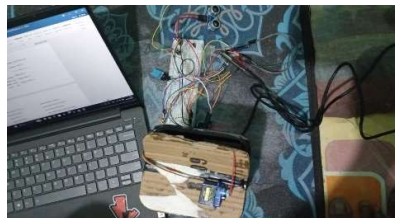
Pada kondisi ini jika terdeteksi suatu gas maka sensor MQ2 atau sensor gasnya akan memberi sinyal ke buzzer untuk berbunyi karena ada gas dan jika tidak terdeteksi maka sensor kembali diam dan buzzernya kembali tidak aktif.



Gambar 4.2 Kondisi jika terdeteksi suatu Gas

3. Kondisi Jika ada SAMPAH

Pada kondisi ini sensor infrared aktif jika terdeteksi suatu objek atau sampah kemudian akan memberikan sinyal kepada buzzer untuk berbunyi, jadi setiap sampah masuk atau terdeteksi maka sensor infrarednya menyala dan buzzer berbunyi



Gambar 4.3 Kondisi jika ada sampah

D. Tabel Hasil Pengujian

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan setiap komponen bekerja sesuai dengan fungsi yang diharapkan, yaitu penutup tong sampah otomatis, deteksi gas, dan deteksi sampah menggunakan sensor infrared. Berikut hasil pengujian pada setiap kondisi:

1. Kondisi Tong Sampah Terbuka

No	Kondisi	Hasil Pengujian
1	Ada objek di depan sensor	Penutup tong sampah terbuka secara otomatis
2	Tidak ada objek	Penutup tong sampah menutup kembali secara otomatis

2. Kondisi Pada Saat Terdeteksi Gas

No	Kondisi	Hasil Pengujian
1	Gas terdeteksi oleh sensor MQ-2	Buzzer berbunyi sebagai alarm gas
2	Tidak ada gas	Sensor diam, buzzer tidak aktif

3. Kondisi Jika Ada Sampah

No	Kondisi	Hasil Pengujian
1	Sampah melewati sensor infrared	Buzzer berbunyi sebagai tanda sampah masuk
2	Tidak ada sampah	Sensor tidak aktif, buzzer tidak berbunyi

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian, sistem tempat sampah otomatis berbasis sensor ultrasonik, MQ-2, dan infrared dapat bekerja dengan baik sesuai tujuan. Sensor ultrasonik mengontrol buka-tutup otomatis, sensor infrared mendeteksi sampah masuk, dan sensor MQ-2 mendeteksi gas berbahaya dengan indikator buzzer. Seluruh komponen bekerja secara terintegrasi, stabil, dan responsif. Sistem ini mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan sampah serta memberikan kenyamanan dan keamanan, sehingga layak diterapkan dan masih dapat dikembangkan lebih lanjut.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Damayanti and Z. M. Noer, "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dan Notifikasi Telegram," *MALCOM: Indonesian Journal of Machine Learning and Computer Science*, vol. 5, no. 1, Feb. 2025.
- [2] Singh, A., dkk. (2019). IoT Based Smart Dustbin Prototype. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 9(2), 120-125.
- [3] R. K. Abdullah, S. Rosmiati, and M. Z. S. Katili, "Rancang Bangun Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler ESP32," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering (JEEEE)*, vol. 3, no. 2, pp. 61-66, Okt. 2021.
- [4] M. A. Saputra, dkk., "Sistem Monitoring Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Mikrokontroler ESP32," *JTIKA: Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, dan Aplikasinya*, vol. 3, no. 1, pp. 110-117, Mar. 2021.
- [5] R. A. Pratama, dkk., "Rancang Bangun Sistem Monitoring Tempat Sampah Pintar Berbasis IoT Menggunakan Mikrokontroler ESP32," *SENAFTI (Seminar Nasional Mahasiswa Fakultas Teknologi Informasi)*, vol. 1, no. 1, pp. 984-993, 2022.

- [6] M. A. Saputra, dkk., "Sistem Monitoring Tempat Sampah Pintar Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan Mikrokontroler ESP32," *JTIKA: Jurnal Teknologi Informasi, Komputer, dan Aplikasinya*, vol. 3, no. 1, pp. 110-117, Mar. 2021.
- [7] M. Minarwati, "Sistem monitoring tempat sampah berbasis IoT menggunakan ESP32," *Jurnal Informatika Komputer, Bisnis dan Manajemen*, vol. 20, no. 1, pp. 67-79, 2022.
- [8] D. Laksmiati and I. Fariansyah, "Rancang bangun alat pendeteksi sampah logam dan non logam secara otomatis berbasis mikrokontroler ESP32," *Jurnal Ilmiah Giga*, vol. 28, no. 1, pp. 25-39, 2025.
- [9] A. Roihan, H. Kusumah, and M. N. Khairudin, "Perancangan sistem smart trash berbasis ESP32 pada Kelurahan Manis Jaya," *Prosiding Seminar Nasional Multidisiplin Ilmu (SEMNAS CORISINDO)*, vol. 1, no. 1, 2021.
- [10] A. M. Alfaidz, *Pembangunan sistem smart trash bin berbasis IoT untuk optimalisasi pemilahan sampah organik dan anorganik dalam bentuk buku karya ilmiah*. Bandung: Universitas Telkom, 2025.