

SISTEM MONITORING KUALITAS UDARA DALAM RUANGAN MELALUI DETEKSI GAS, SUHU, DAN KELEMBABAN BERBASIS IOT

M. Ramadhan Syahrul Al Qodr¹, Hudzaifah Nabil Amrullah², Faris Fadhil Dhiaulhaq³, Susilawati Sobur⁴

Universitas Singaperbangsa Karawang^{1,2,3,4}

Email: 2210631170078@student.unsika.ac.id

ABSTRACT

This study aims to design and implement an indoor air quality monitoring system based on the Internet of Things (IoT) using the MQ-135 and DHT11 sensors. The MQ-135 sensor is employed to detect hazardous gases such as carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), and volatile organic compounds (VOCs), while the DHT11 sensor measures temperature and humidity. Data from both sensors are processed by an ESP32 microcontroller and displayed locally through an OLED screen, as well as transmitted to the Blynk platform for remote monitoring. Testing was conducted in a room measuring approximately 8×6 meters under three conditions: normal air, cigarette smoke exposure, and post-smoking. The results show that gas concentration levels increased from 150–200 ppm (normal) to 800–900 ppm during smoking, then decreased to 450–550 ppm five minutes after the smoke dissipated. The system successfully monitored air quality changes in real-time with high sensitivity. These findings indicate that integrating IoT-based sensors provides an efficient and low-cost solution for indoor air quality monitoring.

Keywords : Internet of Things (IoT); MQ-135; DHT11; ESP32; Air quality.

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan sensor MQ-135 dan DHT11. Sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), dan senyawa organik volatil (VOC), sedangkan DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Data dari kedua sensor diolah oleh mikrokontroler ESP32 dan ditampilkan secara lokal melalui layar OLED serta dikirimkan ke platform Blynk untuk pemantauan jarak jauh. Pengujian dilakukan pada ruangan berukuran 8×6 meter dengan kondisi berbeda – normal, saat ada perokok, dan setelah rokok padam. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan nilai konsentrasi gas dari 100–300 ppm (normal) menjadi 1350 – 1450 ppm (saat merokok), serta menurun menjadi 800–900 ppm setelah 5 menit. Sistem berhasil memantau perubahan kualitas udara secara real-time dengan tingkat sensitivitas tinggi. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi sensor berbasis IoT dapat menjadi solusi efisien dan ekonomis untuk pemantauan kualitas udara dalam ruangan.

Kata Kunci : Internet of Things (IoT); MQ-135; DHT11; ESP32; Kualitas udara.

A. PENDAHULUAN

Kualitas udara merupakan faktor penting yang mempengaruhi kesehatan dan kenyamanan manusia^[1]. Menurut WHO (2023), paparan polusi udara atau *indoor air pollution* (IAP) menyebabkan sekitar tujuh juta kematian prematur setiap tahunnya^[2]. Dampak dari IAP tidak hanya menimbulkan gangguan pernapasan, tetapi juga dapat memicu penyakit kronis seperti kanker paru-paru, asma, dan penyakit jantung. Beberapa studi juga menyimpulkan bahwa IAP dapat mengurangi fungsi kognitif dan tingkat konsentrasi seseorang, sehingga produktivitas penghuni ruangan akan terpengaruh^[3].

Dalam beberapa dekade terakhir, perhatian terhadap kualitas udara tidak hanya berfokus terhadap lingkungan luar ruangan, tetapi juga pada lingkungan dalam ruangan. Hal ini didorong oleh perubahan gaya hidup masyarakat modern yang cenderung lebih banyak beraktivitas di dalam ruangan. Di Indonesia, lebih dari 49% tenaga kerja bekerja di sektor jasa, yang sebagian besar beraktivitas dalam ruangan tertutup seperti perkantoran^[4], dan juga lebih dari 47% dari populasi milenial di Indonesia yang tinggal dalam kosan, apartemen, atau ruangan kecil lainnya^[5].

Data pemantauan kualitas udara menunjukkan bahwa banyak kota besar di Indonesia seperti Batam, Medan, dan Jakarta termasuk ke dalam 50 kota dengan kualitas udara terburuk di dunia^[6]. Konsentrasi partikel halus (PM2.5) di beberapa area perkotaan bahkan mencapai $60-70 \mu\text{g}/\text{m}^3$, jauh di atas ambang batas aman WHO yaitu $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Kualitas udara luar yang buruk berpotensi memperburuk kondisi udara di dalam ruangan, terutama jika ventilasi tidak memadai. Oleh karena itu, diperlukan upaya untuk memantau dan mengendalikan kualitas udara dalam ruangan secara berkelanjutan agar risiko kesehatan dapat diminimalkan.

Alat pendekripsi kualitas udara dalam ruangan memiliki harga yang cukup tinggi, maka dengan menggunakan Internet of Things (IoT) memungkinkan untuk mendekripsi IAQ pada suatu ruangan dengan harga yang lebih rendah. Dengan mengintegrasikan sensor DHT11 untuk memantau kelembaban dan suhu udara serta dan MQ-135 untuk mendekripsi gas berbahaya seperti karbon monoksida, karbon dioksida, dan senyawa organik volatil (VOC) sistem ini memungkinkan

pengumpulan data lingkungan secara real-time melalui jaringan nirkabel menggunakan modul ESP32.

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengimplementasikan IoT untuk pemantauan kualitas udara, baik di lingkungan perkotaan maupun di area industri. Namun, penerapannya di lingkungan dalam ruangan di Indonesia masih terbatas, terutama dalam konteks hunian kecil dan perkantoran yang padat. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem berbasis IoT untuk pemantauan kualitas udara dalam ruangan menggunakan sensor DHT11 dan MQ-135. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi yang terjangkau, efisien, dan aplikatif untuk meningkatkan kesadaran masyarakat terhadap pentingnya menjaga kualitas udara dalam ruangan.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kualitas Udara dalam Ruangan

Kualitas udara dapat diukur dengan menghitung konsentrasi partikel halus dengan diameter kurang dari atau sama dengan 2.5 mikrometer (PM2.5). Polutan ini berasal dari berbagai sumber termasuk emisi kendaraan, industri, spora tanaman, dan pembakaran. Paparan PM2.5 dapat menyebabkan masalah kesehatan seperti iritasi pernapasan, asma, serta membuat kulit kusam. Kualitas udara yang dapat dikatakan sehat dan tidak akan menimbulkan penyakit berdasarkan PP No. 22 Tahun 2021 Lampiran VII dimana udara di ruangan tersebut tidak memiliki PM2.5 melebihi $55 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dan gas berbahaya seperti karbon monoksida (CO) tidak melebihi $1000\mu\text{g}/\text{m}^3$ [7]. Sensor MQ-135 akan digunakan untuk mendeteksi partikulat dan senyawa organik yang volatil (VOC)

2.2 Suhu

Suhu ruangan yang tidak ideal, baik terlalu tinggi atau terlalu rendah dapat mengganggu kesehatan dan kenyamanan seseorang. Suhu yang terlalu tinggi mengurangi kadar oksigen di udara dan menyebabkan dehidrasi. Sedangkan pada ruangan yang suhunya terlalu rendah dapat meningkatkan pertumbuhan jamur dan bakteri apabila kelembabannya tinggi, dan membuat sistem pernapasan dan kulit iritasi^[8]. Maka pemantauan suhu ruangan merupakan hal yang penting untuk menjaga kesehatan penghuni ruangan, maka digunakan sensor DHT11 untuk

mengidentifikasi fluktuasi suhu.

2.3 Kelembaban

Kelembaban udara menggambarkan jumlah uap air yang terkandung di atmosfer dalam ruangan dan memiliki pengaruh besar terhadap kualitas udara dan kesehatan pernapasan. Kelembaban relatif yang terlalu tinggi ($>70\%$) dapat menyebabkan pernapasan lebih berat dan meningkatkan pertumbuhan jamur, bakteri dan lumut, sedangkan kelembaban terlalu rendah dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan dan kulit kering^[9]. Penelitian Widjaja et al. (2023) juga menekankan bahwa kelembaban memiliki korelasi erat dengan konsentrasi polutan udara seperti formaldehida dan karbon dioksida, di mana kelembaban tinggi dapat mempercepat proses kimia pembentukan gas berbahaya di udara tertutup.

2.4 DHT11

Sensor suhu dan kelembaban yang paling sering digunakan untuk aplikasi pemantauan suhu dan kelembaban. Sensor ini dapat memantau suhu dengan menggunakan Negative Temperature coefficient thermistor, yang mengurangi nilai hambatan arus listrik yang dapat diubah menjadi bentuk nilai digital.

Kelembaban diukur dengan menggunakan kapasitor yang memiliki dua elektrode dengan bahan dielektrik diantaranya yang dapat menampung kelembaban, sehingga nilai hambatan berkurang ketika kelembaban meningkat.

2.5 MQ-135

MQ-135 dapat mendeteksi banyak senyawa gas seperti ammonia, alkohol, benzene, asap, karbon monoksida, dan lain lain. Sensor ini menggunakan supply 5V dan menggunakan 150mA. Sensor MQ-135 dapat mendeteksi senyawa gas tersebut dengan semiconductor yang SnO_2 (tin dioxide) yang dipanaskan dengan heater coil agar reaksi kimia antara gas dan SnO_2 terjadi optimal pada suhu tinggi^[10].

2.6 ESP32

ESP32 merupakan chip microcontroller yang memiliki Wi-Fi dan dual mode bluetooth. ESP32 merupakan komponen paling penting pada penelitian ini. Terdapat papan microcontroller yang digunakan untuk menyambungkan semua alat sensor. Papan microcontroller diprogram menggunakan source code untuk menjalankan operasi proyek. Source code disimpan dalam memori on-chip yang

tersedia pada ESP32. Blok ini dapat dianggap sebagai antarmuka pemrograman dan pengguna. Rentang tegangan operasi ESP32 adalah 2,2 hingga 3,6V. Dalam operasi normal, ESP32 akan memberi daya pada chip pada tegangan 3,3V.

2.7 Arduino IDE

Arduino IDE merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menulis, mengompilasi, dan mengunggah program ke berbagai jenis mikrokontroler seperti Arduino UNO, ESP32, dan ESP8266. IDE ini berbasis dari bahasa C++ dengan struktur sederhana yang terdiri dari dua fungsi utama: `setup()` untuk inisialisasi awal dan `loop()` untuk proses berulang yang dijalankan secara terus-menerus.

Kelebihan utama Arduino IDE adalah kemudahan penggunaan dan kompatibilitas luas terhadap berbagai modul dan sensor, sehingga sangat mendukung pengembangan sistem Internet of Things (IoT). Menurut Fajar et al. (2023), Arduino IDE menjadi pilihan utama dalam sistem pemantauan udara karena kemampuannya untuk membaca data sensor, memproses, dan mengirimkan hasil ke platform cloud atau aplikasi monitoring secara *real-time*^[11].

2.8 Blynk

Blynk merupakan platform IoT yang dirancang untuk mempermudah pengembangan sistem monitoring dan kontrol jarak jauh melalui antarmuka berbasis handphone atau web dashboard. Platform ini menyediakan Blynk Cloud sebagai server penghubung antara perangkat IoT dan pengguna, serta aplikasi Blynk IoT App untuk visualisasi data secara *real-time*^[12]

B. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini digunakan model Prototype, yaitu pendekatan pengembangan sistem yang memungkinkan setiap tahapannya dilakukan secara lebih terstruktur. Model Prototype didasarkan pada konsep working model atau model kerja, di mana peneliti dapat berinteraksi langsung dengan pengguna atau pihak terkait selama proses perancangan dan pengembangan sistem berlangsung.

3.1 Perancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan membangun sistem Internet of Things (IoT) untuk memantau kualitas udara dalam ruangan secara *real-time*. Sistem ini terdiri atas modul ESP32 sebagai mikrokontroler utama, sensor MQ-

135 untuk mendekripsi konsentrasi gas berbahaya, serta sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Hasil pembacaan sensor ditampilkan pada layar LED dan dikirim ke platform Blynk serta ThingSpeak melalui koneksi Wi-Fi.

Desain sistem ini mengacu pada prinsip implementasi sensor gas berbasis IoT sebagaimana dijelaskan oleh Fauzi dan Sukarno^[13], yang menggunakan mikrokontroler dengan koneksi Wi-Fi untuk mengirimkan data gas secara real-time. Dalam penelitian ini, pendekatan serupa diterapkan dengan mengganti modul ESP8266 menjadi ESP32, serta menambahkan sensor MQ-135, serta sensor DHT11 untuk mengukur suhu dan kelembaban udara. Hasil pembacaan sensor ditampilkan pada layar LED dan dikirim ke platform Blynk serta ThingSpeak melalui koneksi Wi-Fi.

OLED display sebagai media pemantauan langsung.

3.1.1 Prinsip Kerja Alat

Sistem IoT pemantau kualitas udara ini bekerja dengan cara mendekripsi parameter lingkungan menggunakan dua sensor, yaitu DHT11 dan MQ-135.

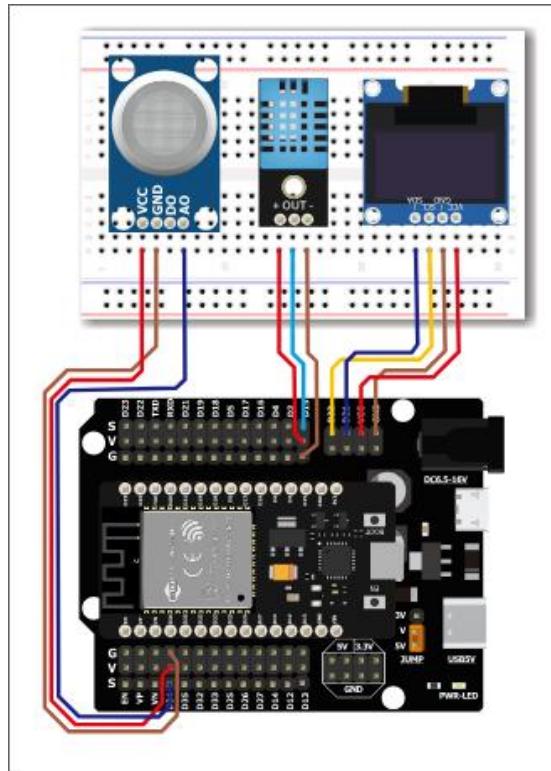
Sensor DHT11 yang mengukur suhu dan kelembaban ruangan, serta sensor MQ-135 yang mendekripsi keberadaan gas berbahaya, menghasilkan data digital yang dikirim ke mikrokontroler ESP32.

Data yang diperoleh ESP32 kemudian diolah menggunakan Arduino IDE yang kemudian dikonversi menjadi nilai numerik yang dapat dibaca.

Selanjutnya data dikirim melalui jaringan Wi-Fi ke platform pemantauan daring seperti Blynk atau ThingSpeak untuk analisis dan penyimpanan data secara real-time, data tersebut juga ditampilkan pada layar OLED 0.96" sebagai indikator lokal.

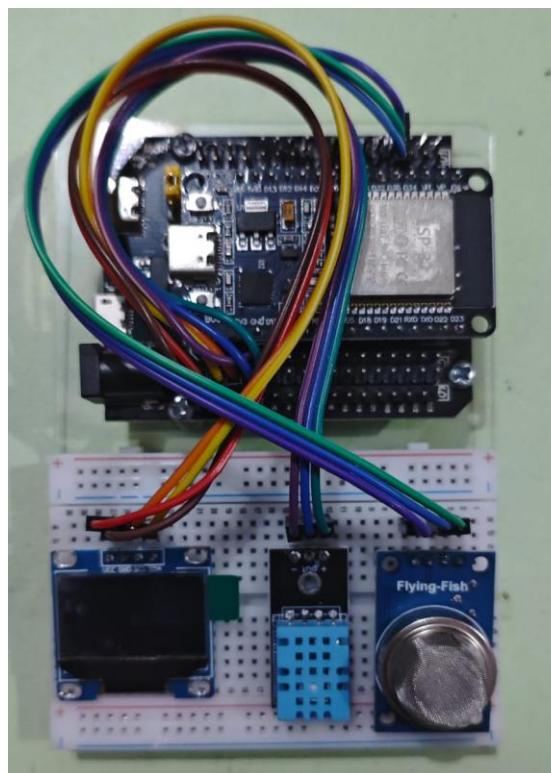
3.1.2 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras dirancang untuk mendukung proses pengambilan data lingkungan secara terus - menerus.



Gambar 3.1. Skematik IoT

Gambar 3.1 menunjukkan diagram blok sistem yang terdiri dari ESP32 sebagai pemrosesan, sensor DHT11 dan MQ-135 sebagai input, serta OLED sebagai perangkat output.



Gambar 2. Rancangan IoT

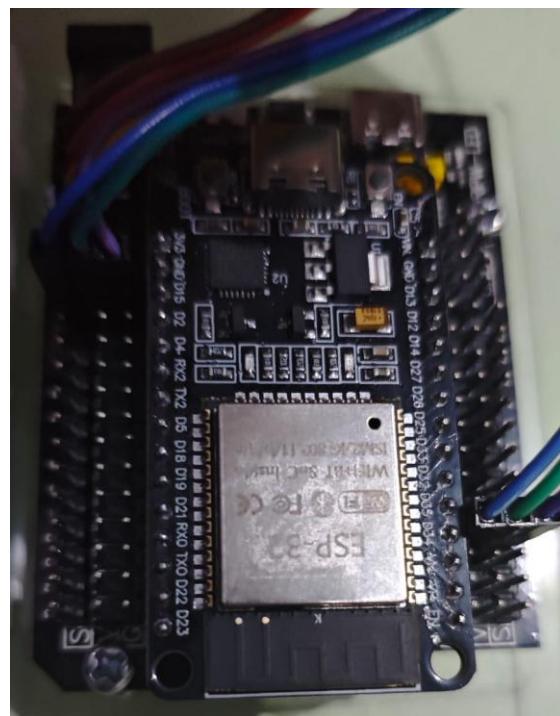
Hubungan antar-komponen sistem dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Sensor DHT11 dan MQ-135 terhubung ke pin input ESP32 untuk pengambilan data lingkungan.
2. OLED 0.96" dihubungkan melalui jalur komunikasi I²C dengan pin SDA dan SCL.
3. ESP32 dihubungkan ke sumber daya 5V melalui adaptor atau port USB.

Sistem ini dirancang menggunakan breadboard agar fleksibel dalam pengujian dan mudah untuk perubahan.

3.1.2.1 ESP32

Mikrokontroler ESP32 berfungsi sebagai central processing unit (CPU) yang mengelola pembacaan sensor, pemrosesan data, serta pengiriman informasi melalui jaringan Wi-Fi.



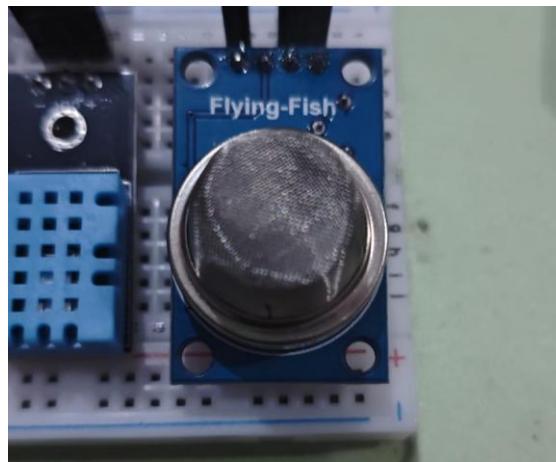
Gambar 3. ESP32

ESP32 dipilih karena memiliki prosesor dual-core 32-bit, kapasitas RAM 520Kb, serta modul Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi. Modul ini mampu beroperasi pada tegangan 3.3V hingga 5V dengan komunikasi digital dan analog yang luas.

Dalam sistem ini, ESP32 menerima input dari sensor MQ-135 (pin analog GPIO34) dan DHT11 (pin digital GPIO15). Setelah proses pengolahan, data dikirim ke OLED dan disiapkan untuk dikirim ke platform IoT.

Kelebihan ESP32 dibanding mikrokontroler lain seperti Arduino UNO adalah kemampuannya melakukan komunikasi jaringan langsung tanpa modul tambahan (built-in Wi-Fi), sehingga lebih efisien untuk sistem IoT.

3.1.2.2 MQ-135



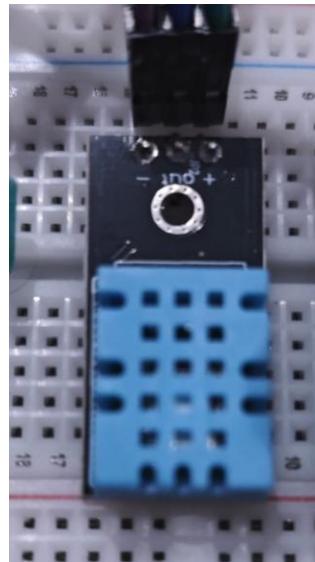
Gambar 4. MQ-135

Sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi gas berbahaya dalam ruangan. Sensor ini bekerja berdasarkan perubahan resistansi bahan semikonduktor SnO_2 yang bereaksi dengan gas-gas tertentu. Ketika gas seperti NH_3 , CO_2 , atau CO berada di sekitar sensor, molekul-molekul tersebut bereaksi dengan oksigen pada permukaan sensor, menyebabkan perubahan resistansi yang kemudian dikonversi menjadi sinyal tegangan analog.

Nilai keluaran sensor dihubungkan ke pin analog ESP32 untuk dikonversi menjadi nilai digital menggunakan Analog-to-Digital converter (ADC) internal. Hasil konversi dinyatakan dalam satuan parts-per-million (ppm) setelah melalui proses kalibrasi berdasarkan nilai resistansi udara bersih (R_0). Konfigurasi kabel jumper untuk MQ-135 adalah sebagai berikut:

- VCC terhubung ke pin 5V ESP32 untuk sumber daya sensor
- GND terhubung ke pin GND (ground).
- A0 dihubungkan ke GPIO34 (analog input) ESP32

3.1.2.3 DHT11



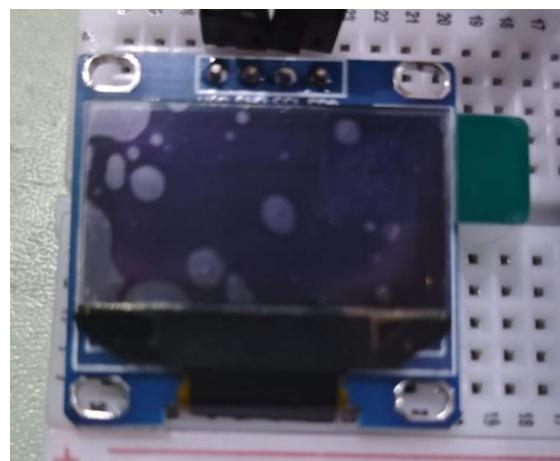
Gambar 5. DHT11

Sensor DHT11 digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara dalam ruangan. Sensor ini terdiri atas elemen termistor NTC untuk mendeteksi suhu dan sensor kelembaban kapasitif untuk mendeteksi kadar air di udara.

Data yang dihasilkan DHT11 berupa sinyal digital 8-bit yang dikirimkan ke ESP32 melalui satu jalur data. DHT11 memiliki waktu pembaruan (sampling rate) sekitar 1 Hz atau satu pembacaan per detik. Konfigurasi kabel jumper untuk DHT11 adalah sebagai berikut:

- VCC terhubung pada pin 3.3V ESP32 sebagai sumber daya sensor.
- DATA disambungkan ke GPIO15 (digital input) ESP32.
- GND terhubung ke pin GND (ground).

3.1.2.4 OLED 0.96"



Gambar 6. OLED 0.96"

Layar OLED 0.96" berfungsi untuk menampilkan hasil pengukuran dari sensor secara lokal. Layar ini menggunakan komunikasi I²C (Inter-Integrated Circuit) yang terhubung ke pin SDA (GPIO21) dan SCL (GPIO22) pada ESP32. Tampilan OLED membantu proses verifikasi langsung tanpa harus membuka aplikasi monitoring. Konfigurasi kabel jumper adalah sebagai berikut:

- VCC terhubung pada pin 3.3V ESP32 sebagai sumber daya utama.
- GND terhubung ke pin GND ESP32 (ground).
- SDA terhubung ke pin GPIO21 ESP32 sebagai jalur data I²C.
- SCL terhubung ke pin GPIO22 ESP32 sebagai jalur clock I²C.

3.1.2.5 *Breadboard*

Breadboard digunakan untuk media perakitan rangkaian elektronika tanpa perlu penyolderan. Komponen seperti sensor, mikrokontroler, dan display dihubungkan menggunakan kabel jumper. Breadboard dipilih karena mudahnya modifikasi konfigurasi pin dan pengujian rangkaian sebelum proses pembuatan perangkat permanen. Dalam penelitian ini, breadboard tipe 830 hole digunakan untuk mendukung koneksi antara ESP32, MQ-135, DHT11, dan OLED.

3.1.2.6 *Power Supply*

Sumber daya listrik sistem ini berasal dari adaptor 5V/2A yang disambungkan ke port USB ESP32. Tegangan ini kemudian diatur secara internal oleh ESP32 menjadi 3.3V untuk mendukung komponen sensitif seperti DHT11 dan OLED.

Selain adaptor, sistem juga dapat menggunakan daya dari power bank untuk aplikasi portabel. Penggunaan sumber daya yang stabil sangat penting agar pembacaan sensor tidak mengalami fluktuasi akibat penurunan tegangan.

3.1.3 *Perancangan Perangkat Lunak*

Perancangan perangkat lunak bertujuan untuk mengatur proses pembacaan data sensor, pengolahan data, serta pengiriman hasil ke platform Internet of Things (IoT) Blynk. Sistem dikembangkan menggunakan Arduino IDE yang berbasis bahasa pemrograman C++, serta beberapa library pendukung seperti MQ235.h, DHT.h, Adafruit_SSD1306.h, Adafruit_GFX.h, dan BlynkSimpleESP32.h.

Perangkat lunak terdiri atas tiga bagian utama, yaitu inisialisasi program, proses input sensor, dan output data.

3.1.3.1 Inisialisasi Program

Pada tahap ini dilakukan deklarasi library, inisialisasi variabel, serta pengaturan koneksi jaringan Wi-Fi dan autentikasi ke platform Blynk.

Kode Inisialisasi dimulai dengan mendefinisikan token Blynk, SSID, dan Password Wi-Fi, kemudian memanggil library pendukung untuk komunikasi dengan sensor dan modul tampilan.

```
#define BLYNK_TEMPLATE_ID
"TMPL6Syx5V6p2"
#define BLYNK_TEMPLATE_NAME
"Monitoring Kualitas Udara"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN
"vGB1syW3i5x1dS-
24qMMy1Iy29T2AYB3"

#define BLYNK_PRINT Serial
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
```

Kode diatas melakukan konfigurasi template Blynk yang digunakan untuk antarmuka monitoring. Library BlynkSimpleESP32 memungkinkan komunikasi antara ESP32 dengan cloud Blynk, sedangkan BLYNK_PRINT Serial digunakan untuk debugging melalui serial monitor.

ESP32 dikonfigurasi untuk berkomunikasi dengan:

- Sensor MQ-135 melalui pin analog GPIO34,
- Sensor DHT11 melalui pin digital GPIO15,
- Layar OLED 0.96" melalui komunikasi I²C (SDA = GPIO21, SCL = GPIO22).

Selama tahap setup(), sistem akan:

- Menginisialisasi komunikasi serial pada baud rate 115200 untuk debugging.
- Menguji fungsi dasar tiap komponen (MQ-135, DHT11, OLED, Wi-Fi, dan Blynk).
- Menampilkan status sistem pada serial monitor untuk memastikan semua perangkat terhubung dengan baik.

Inisialisasi sensor dan display

```

#define PIN_MQ135 34
#define DHTPIN 15
#define DHTTYPE DHT11

MQ135 mq135_sensor(PIN_MQ135);
Adafruit_SSD1306
display(OLED_WIDTH, OLED_HEIGHT);
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

```

Jika salah satu sensor tidak terdeteksi, sistem memberikan pesan kesalahan (error handling) tanpa menghentikan eksekusi program, sehingga perangkat tetap beroperasi menggunakan nilai default. Fungsi `setup()` bertanggung jawab untuk inisialisasi semua komponen dan konektivitas:

```

void setup() {
    Serial.begin(115200);
    delay(1000);

    // Debug: Test OLED Display

    if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, OLED_ADDR)) {
        Serial.println("ERROR: OLED
tidak terdeteksi di address
0x3C!");
        oledError = true;
    } else {
        Serial.println("OK: OLED
terdeteksi");
        // Display startup message
    }
}

```

3.1.3.2 Pembacaan Sensor

A. Sensor DHT11

Sistem menggunakan sensor DHT11 untuk mengukur. Fungsi `readDHT11()` mengangani pembacaan suhu dan kelembaban:

```

void readDHT11() {
    humi = dht.readHumidity();
    temp = dht.readTemperature();

    if (isnan(humi) || isnan(temp))
    {
        Serial.println("ERROR: DHT11
tidak terbaca!");
        dhtError = true;
        // Set default values untuk
menjaga sistem tetap berjalan
        temp = 25.0;
        humi = 50.0;
    } else {
        dhtError = false;
    }
}

```

```

    }
}
```

Fungsi ini dilengkapi dengan error handling yang memastikan sistem tetap berjalan meskipun terjadi kegagalan pada pembacaan sensor.

B. Sensor MQ-135

Fungsi readMQ135() melakukan pembacaan dan koreksi data kualitas udara:

```

void readMQ135() {
    int rawValue =
analogRead(PIN_MQ135);

    rzero =
mq135_sensor.getRZero();
    correctedRZero =
mq135_sensor.getCorrectedRZero(te
mp, humi);
    resistance =
mq135_sensor.getResistance();
    ppm =
(mq135_sensor.getPPM()/10);
    correctedPPM =
(mq135_sensor.getCorrectedPPM(tem
p, humi)/10);
}
```

Koreksi menggunakan data suhu dan kelembaban dari DHT11 meningkatkan akurasi pembacaan MQ-135, mengkompensasi pengaruh lingkungan.

3.1.3.3 Pengiriman Data

Sistem akan mengklasifikasi kualitas udara berdasarkan nilai PPM yang dideteksi oleh MQ-135 yang terkoreksi. Sistem menampilkan informasi monitoring secara real-time pada OLED display 0.96" dengan layout yang terstruktur. Implementasi kode untuk update tampilan adalah sebagai berikut:

```

void updateOLEDDisplay() {
    if (!oledError) {
        display.clearDisplay();

        // Header: Status Kualitas
        // Udara
        display.setTextSize(1);
        display.setTextColor(WHITE);
        display.setCursor(0,0);

        // Menentukan status
        // berdasarkan nilai PPM
        String airQualityStatus;
        if (correctedPPM < 700) {
            airQualityStatus = "BAIK";
        } else if (correctedPPM >=
700 && correctedPPM < 1000) {
```

```

    airQualityStatus =
"SEDANG";
} else if (correctedPPM >=
1000 && correctedPPM < 2000) {
    airQualityStatus = "TIDAK
SEHAT";
} else {
    airQualityStatus =
"BAHAYA";
}
display.println("KUALITAS: " +
+ airQualityStatus);

// Baris 1: Nilai PPM
display.setCursor(0,16);
display.setTextSize(1);

display.print("KONSENTRASI:");
display.setCursor(0,26);
display.setTextSize(2);
display.print(correctedPPM);
display.setTextSize(1);
display.println(" PPM");

// Baris 2: Suhu
display.setCursor(0,40);
display.setTextSize(1);
display.print("SUHU:");
display.setCursor(0,50);
display.setTextSize(2);
display.print(temp);
display.setTextSize(1);
display.println(" C");

// Baris 3: Kelembaban
display.setCursor(65,40);
display.setTextSize(1);
display.print("LEMBAB:");
display.setCursor(65,50);
display.setTextSize(2);
display.print(humi);
display.setTextSize(1);
display.println(" %");

display.display();
}
}

```

Layout tampilan OLED diorganisir dalam empat bagian utama:

1. Header, yang menampilkan status kualitas udara (BAIK, SEDANG, TIDAK SEHAT, BAHAYA)
2. Konsentrasi, yang menampilkan nilai PPM terkoreksi dengan ukuran font besar untuk mempermudah pembacaan.
3. Suhu, yang menampilkan nilai suhu dalam Celsius.
4. Kelembaban, yang menampilkan nilai kelembaban relatif dalam persen.

Penggunaan kombinasi text size (1 dan 2) menciptakan hirarki visual yang jelas, dimana data utama (PPM) ditampilkan lebih menonjol dibandingkan parameter pendukung. Implementasi ini memberikan feedback visual yang mudah untuk dibaca, dengan update periodik setiap 3 detik sesuai interval pembacaan sensor.

C. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan di dalam ruangan berukuran $\pm 8 \times 6$ m dengan satu jendela terbuka sebagai ventilasi alami. Sistem yang terdiri dari sensor MQ-135, DHT11, dan ESP32 dioperasikan selama proses pengujian berlangsung.

Data diambil untuk tiga kondisi udara yang berbeda, yaitu:

1. Kondisi normal (tanpa sumber polutan),
2. Kondisi terpapar asap rokok,
3. Kondisi pasca-rokok (sekitar 5 menit setelah sumber asap dihilangkan).

Hasil pembacaan konsentrasi gas (parts per million, ppm) ditunjukkan pada Tabel 1.

Kondisi Udara	Kisaran Nilai PPM	Keterangan Kualitas Udara
Normal / Kontrol	100 – 300	Good Air
Saat Ada Perokok	1350 – 1450	Unhealthy
5 Menit Setelah Rokok Habis	800 – 900	Moderate

Tabel 1. Hasil pengukuran kadar gas dalam ruangan menggunakan MQ-135



Gambar 7. Hasil monitoring pada aplikasi Blynk

Selama pengujian, suhu udara yang terbaca berada di kisaran 30–33 °C, dan kelembapan relatif berada pada 66–70 %RH. Nilai suhu dan kelembaban tersebut menunjukkan kondisi lingkungan ruangan yang stabil dan sesuai untuk pengukuran gas berbasis sensor semikonduktor seperti MQ-135, karena sensor bekerja optimal pada suhu ruang (20–35 °C).

4.2 Analisis Hasil Pengukuran

Dari hasil pada Tabel 1 terlihat bahwa sistem mampu mendeteksi perubahan konsentrasi gas secara signifikan ketika terdapat sumber polutan (asap rokok). Nilai ppm meningkat dari kisaran 150–200 ppm menjadi 800–900 ppm, atau sekitar 4–5 kali lipat dari kondisi normal. Setelah sumber asap dihilangkan, nilai kembali turun menjadi 450–550 ppm dalam waktu sekitar 5 menit, menunjukkan kemampuan sistem untuk mendeteksi proses pemulihan kualitas udara secara real-time.

Hasil ini menegaskan bahwa sensor MQ-135 sensitif terhadap keberadaan gas hasil pembakaran tembakau, yang mengandung karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), dan senyawa organik volatil (VOC).

Hal ini sesuai dengan prinsip kerja MQ-135 yang menggunakan material semikonduktor SnO_2 , di mana perubahan konsentrasi gas memengaruhi resistansi sensor dan menghasilkan variasi tegangan yang dikonversi menjadi nilai ppm.

4.3 Diskusi Hasil

Peningkatan kadar gas saat aktivitas merokok mengindikasikan terjadinya penurunan kualitas udara dalam ruangan. Berdasarkan klasifikasi pada sistem, rentang 700–1000 ppm termasuk dalam kategori Unhealthy (tidak sehat), sedangkan nilai di bawah 300 ppm tergolong Good Air.

Dengan demikian, nilai 800–900 ppm menunjukkan bahwa udara dalam ruangan dengan aktivitas merokok telah melewati ambang batas aman untuk udara sehat.

Hasil ini sejalan dengan penelitian Fauzi dan Sukarno^[13] pada sistem pendeteksi gas LPG berbasis IoT, yang juga menunjukkan peningkatan signifikan pada pembacaan sensor ketika sumber gas aktif, diikuti penurunan setelah sumber dihilangkan. Kedua penelitian menunjukkan efektivitas integrasi sensor gas dan mikrokontroler berbasis IoT dalam pemantauan lingkungan secara real-time.

Selain itu, jika dibandingkan dengan baku mutu udara ambien nasional berdasarkan P No. 22 Tahun 2021 Lampiran VII, kadar karbon monoksida (CO) pada udara sehat dibatasi hingga 8.73 ppm untuk waktu paparan 8 jam. Meskipun nilai ppm pada MQ-135 tidak dapat langsung dibandingkan satu-banding-satu dengan baku mutu ambien (karena mendeteksi campuran gas), kenaikan hingga >800 ppm menunjukkan potensi peningkatan konsentrasi CO dan VOC yang signifikan di udara.

Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa sistem IoT ini mampu memberikan indikasi dini penurunan kualitas udara dalam ruangan akibat aktivitas merokok, serta dapat digunakan untuk pemantauan kondisi udara secara berkelanjutan.

4.3 Diskusi Hasil

Hasil penelitian ini menunjukkan potensi besar penerapan sistem IoT sederhana untuk monitoring kualitas udara di area tertutup seperti ruang kerja, laboratorium, atau rumah. Dengan biaya rendah dan kemudahan integrasi jaringan nirkabel, sistem ini dapat dijadikan prototipe awal untuk pengembangan sistem peringatan kualitas udara.

1. Pada pengembangan selanjutnya, sistem dapat ditingkatkan dengan:
2. Penambahan sensor khusus seperti PM2.5 untuk mendeteksi partikel halus,
3. Kalibrasi nilai sensor MQ-135 terhadap konsentrasi gas tertentu,
4. Penggunaan basis data daring untuk pencatatan jangka panjang.

Secara keseluruhan, hasil eksperimen menunjukkan bahwa rancangan sistem telah berhasil menjawab tujuan penelitian, yaitu memonitor kadar gas berbahaya dalam ruangan secara real-time dengan dukungan teknologi IoT.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, penelitian, dan pengujian sistem monitoring kualitas, suhu, dan kelembaban udara pada kondisi dalam ruangan berbasis IoT menggunakan ESP32, MQ-135, DHT11, dan aplikasi Blynk, maka dapat disimpulkan:

1. Sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT yang dikembangkan menggunakan sensor MQ-135, DHT11, dan ESP32 berhasil berfungsi dengan

baik dalam mendeteksi perubahan kadar gas, suhu, dan kelembapan udara secara real-time.

2. Hasil pengujian menunjukkan bahwa konsentrasi gas meningkat secara signifikan ketika ada sumber polutan (rokok) dan kembali menurun setelah sumber polutan dihilangkan, menunjukkan kemampuan sistem untuk mendeteksi dinamika kualitas udara.
3. Kelebihan sistem ini adalah efisiensi biaya, kemudahan integrasi jaringan nirkabel, serta kemampuan pemantauan jarak jauh melalui aplikasi Blynk.
4. Keterbatasan sistem terdapat pada kalibrasi sensor MQ-135 yang belum spesifik terhadap jenis gas tertentu, sehingga hasil ppm bersifat umum.
5. Pengembangan lebih lanjut dapat mencakup integrasi sensor PM2.5, penambahan alarm otomatis, dan penyimpanan data historis berbasis cloud untuk analisis jangka panjang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah memberi dukungan terhadap penelitian ini.

E. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ana, G.R.; Alli, A.S.; Uhiara, D.C.; Shendell, D.G. Indoor air quality and reported health symptoms among hair dressers in salons in Ibadan, Nigeria. *J. Chem. Health Saf.* 2019, 26, 23–30. <https://doi.org/10.1016/j.jchas.2018.09.004> [Accessed: 28 Oct. 2025]
- [2] World Health Organization, “7 million premature deaths annually linked to air pollution,” News Release, 25 Mar. 2014. [Online]. Available: <https://www.who.int/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution>. [Accessed: 28 Oct. 2025]
- [3] Saini, J., Dutta, M. & Marques, G. A comprehensive review on indoor air quality monitoring systems for enhanced public health. *Sustain Environ Res* 30, 6 (2020). <https://doi.org/10.1186/s42834-020-0047-y> [Accessed: 28 Oct. 2025]
- [4] “World Air Quality Ranking,” [Online]. Available: <https://www.iqair.com/world-air-quality-ranking>. [Accessed: 28 Oct. 2025]
- [5] TradingEconomics.com, “Indonesia – Employment in services (% of total

employment)," World Bank data. [Online]. Available: <https://tradingeconomics.com/indonesia/employment-in-services-percent-of-total-employment-wb-data.html>. [Accessed: 28 Oct. 2025]

[6] "Survei IPW: Generasi milenial lebih pilih kos ketimbang apartemen," *Tempo.co*, [Online]. Available: <https://www.tempo.co/ekonomi/survei-ipw-generasi-milenial-lebih-pilih-kos-ketimbang-apartemen-826207>. [Accessed: 28 Oct. 2025].

[7] Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), "Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup," Lampiran VII: Baku Mutu Udara Ambien Nasional, 2021. [Accessed: 28 Oct. 2025].

[8] Widjaja, M., Halim, D. K., & Andarini, R. (2022). The Development of an IoT-based Indoor Air Monitoring System Towards Smart Energy Efficient Classroom. Ultima Computing : Jurnal Sistem Komputer, 14(1), 28-35. <https://doi.org/10.31937/sk.v14i1.2565> [Accessed: 28 Oct. 2025].

[9] World Health Organization (WHO), "7 million premature deaths annually linked to air pollution," Mar. 25, 2014. [Online]. Available: <https://www.who.int/news/item/25-03-2014-7-million-premature-deaths-annually-linked-to-air-pollution> [Accessed: 28 Oct. 2025].

[10] D. Sitanggang, C. S. Sitompul, et al., "Analysis of Air Quality Measuring Device Using Internet of Things-Based MQ-135 Sensor," Sinkron: Jurnal dan Penelitian Teknik Informatika, vol. 7, no. 3, pp. 543-550, 2023. [Accessed: 29 Oct. 2025].

[11] M. F. B. Fajar, F. D. Lestary, A. Hidayat, D. Fadhilatunisa, and A. Eka, "Prototype Sistem Monitoring Pendekripsi dan Penyaringan Udara pada Ruangan Berbasis Internet of Things (IoT)," Jurnal MediaTIK, vol. 6, no. 2, pp. 66-73, 2023. [Accessed: 29 Oct. 2025].

[12] A. Q. Burhan and S. Islami, "Implementation of the Internet of Things using Blynk Platform for Smart Home," Journal of Industrial Automation and Electrical Engineering, vol. 2, no. 1, pp. 32-38, 2023. [Accessed: 30 Oct. 2025].

[13] M. A. Fauzi and S. A. Sukarno, "PENGEMBANGAN SISTEM PENDETEKSI

KEBOCORAN GAS LPG BERBASIS IoT: INTEGRASI SENSOR MQ-02 DAN DHT11 UNTUK PEMANTAUAN REAL-TIME," *J. Informatika dan Teknik Elektro Terapan (JITET)*, vol. 13, no. 1, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5980>. [Accessed: 30 Oct. 2025].

- [14] A. R. Firmansyah, M. Hidayat, and R. Wibowo, "IoT-Based Air Quality Monitoring System Using ESP32 and Blynk," *Jurnal Teknologi Informasi dan Komputer (JTIK)*, vol. 10, no. 2, pp. 112–119, 2024.
- [15] L. Prasetyo, D. Permana, and E. Nugraha, "Rancang Bangun Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembapan Ruangan Berbasis ESP32 dan DHT11," *Jurnal Elektro dan Komputer Terapan (JEKT)*, vol. 12, no. 1, pp. 45–52, 2023.