

PERANCANGAN SISTEM MONITORING DAN NOTIFIKASI OTOMATIS KUALITAS UDARA RUANG KELAS BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)

Diterima Redaksi: 5 November 2025; Revisi Akhir: 11 Februari 2026; Diterbitkan Online: 31 Mei 2026

Jouvanytha Aswar Afendy¹⁾, Muhammad Hanif²⁾, Allya Putri Nadila Gustin³⁾, Susilawati⁴⁾

^{1, 2, 3, 4)} Program Studi Informatika, Fakultas Ilmu Komputer dan Universitas Singaperbangsa Karawang
^{1, 2, 3, 4)} Jalan HS.Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat, kode pos: 41361
e-mail: 2210631170024@student.unsika.ac.id¹⁾, 2210631170084@student.unsika.ac.id²⁾,
2210631170111@student.unsika.ac.id³⁾, susilawati.sobur@staff.unsika.ac.id⁴⁾

Abstrak: Kesehatan dan konsentrasi belajar dapat terpengaruh oleh kualitas udara yang buruk di ruang kelas. Karena tidak dapat memberikan data secara real-time, pengawasan manual seringkali kurang efektif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem yang berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat melacak dan melaporkan kualitas udara secara cepat dan akurat. Mikrokontroler ESP32 digunakan dalam sistem, yang terhubung dengan sensor MQ135 untuk mengidentifikasi gas berbahaya, sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan, dan LCD 16x2 dan LED untuk memberikan tampilan visual. Diuji melalui simulasi Wokwi, data sensor dikirim secara real-time ke aplikasi Blynk melalui jaringan Wi-Fi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu menampilkan data dengan stabil, memberikan notifikasi otomatis ketika nilai udara melewati ambang batas aman, dan bekerja secara responsif dengan jeda waktu pembaruan sekitar dua hingga tiga detik. Dinilai bahwa sistem ini adalah cara yang efektif, efisien, dan mudah digunakan untuk memantau kualitas udara di ruang kelas.

Kata Kunci— *Internet of Things, ESP32, MQ135, DHT22, Blynk*

Abstract: Health and learning concentration can be affected by poor air quality in the classroom. Because it cannot provide real-time data, manual monitoring is often less effective. The purpose of this research is to develop an Internet of Things (IoT)-based system that can quickly and accurately track and report air quality. The ESP32 microcontroller is used in the system, connected to the MQ135 sensor for identifying harmful gasses, the DHT22 sensor for measuring temperature and humidity, and the 16x2 LCD and LED for providing a visual display. Tested through Wokwi simulation, sensor data is sent in real-time to the Blynk application via Wi-Fi network. The test results show that the system is able to display data stably, provide automatic notifications when air values exceed safe thresholds, and respond responsively with an update delay of approximately two to three seconds. It is considered that this system is an effective, efficient, and easy-to-use way to monitor air quality in classrooms.

Keywords— *Internet of Things, ESP32, MQ135, DHT22, Blynk*

Penulis Korespondensi:

Jouvanytha Aswar Afendy
Program Studi Informatika
Universitas Singaperbangsa Karawang
Email: 2210631170024@student.unsika.ac.id
Orchid ID: -

I. PENDAHULUAN

KESEHATAN dan kenyamanan manusia sangat dipengaruhi oleh kualitas udara dalam ruangan, khususnya di tempat pendidikan. Kadar karbon dioksida (CO₂), kelembapan yang tidak seimbang, dan suhu yang tidak ideal dapat terjadi di ruang kelas yang memiliki sirkulasi udara terbatas dan tingkat kepadatan tinggi. Kondisi ini dapat menyebabkan siswa menjadi tidak fokus, lelah, dan tidak efektif dalam belajar [1].

Pemantauan kualitas udara yang dilakukan secara manual sering kali tidak efektif karena hasilnya hanya diketahui setelah kondisi udara menjadi lebih buruk, sehingga tindakan perbaikan tidak dapat dilakukan segera karena keterlambatan ini. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan sistem pemantauan otomatis yang dapat mengumpulkan data kualitas udara secara *real-time* dan menunjukkan sinyal langsung apabila kualitas udara berada di bawah batas aman.

Dengan berkembangnya teknologi *Internet of Things* (IoT), proses pemantauan udara menjadi lebih terintegrasi. Berbagai sensor dapat menerima data dari mikrokontroler, yang kemudian menunjukkan hasilnya pada perangkat digital. Sistem serupa telah digunakan dalam beberapa penelitian sebelumnya.

Fuad Hasyim dan Imam Suharjo (2024) membuat sistem pemantauan kualitas udara yang menggunakan ESP8266 dan sensor GP2Y1010AU0F dan Blynk. Sensor ini memiliki kemampuan untuk menunjukkan hasil deteksi debu dan memberikan peringatan dini [2]. Rodhotul Muttaqin dkk. (2024) mengembangkan sistem monitoring berbasis NodeMCU ESP32 yang menggunakan sensor MQ-135 dan DHT11. Sistem ini dapat menggunakan Blynk untuk menampilkan suhu, kelembapan, dan kadar gas berbahaya secara *real-time* [3]. Selain itu, Hendi Budianto dan Budi Sumanto (2024) membuat sistem pemantauan yang berbasis ESP8266 dan sensor MQ135, yang memiliki tampilan hasil deteksi gas pada LCD 16x2 [1].

Sebagian besar sistem yang dikembangkan hanya berkonsentrasi pada satu jenis parameter, seperti gas atau debu, dan belum memasukkan indikator visual langsung (LED) atau notifikasi otomatis melalui aplikasi *mobile*. Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan IoT dalam pemantauan udara berhasil. Selain itu, sangat jarang digunakan untuk lingkungan kelas yang membutuhkan stabilitas udara dan kenyamanan belajar.

Dengan demikian, penelitian ini menyarankan sistem yang berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat memantau dan melaporkan kualitas udara ruang kelas dengan menggunakan sensor MQ135 yang mengukur kadar gas CO₂ dan polusi udara serta sensor DHT22 yang mengukur suhu dan kelembapan. Mikrokontroler ESP32 mengolah data sensor dan menampilkannya pada LCD 16x2 sebelum dikirim ke aplikasi Blynk untuk pemantauan jarak jauh. Selain itu, sistem memiliki indikator LED yang menyala secara otomatis ketika kualitas udara di bawah ambang batas aman.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat sistem pemantauan kualitas udara ruang kelas berbasis *Internet of Things* (IoT) yang dapat bekerja secara *real-time* dan memantau kondisi udara secara langsung dan akurat. Sistem ini juga dimaksudkan untuk menampilkan data pengukuran melalui LCD 16x2 dan aplikasi Blynk, sehingga pengguna dapat melihat suhu, kelembapan, dan kadar gas di udara baik secara lokal maupun jarak jauh.

Sementara secara teoritis, penelitian ini berkontribusi pada pengembangan sistem *Internet of Things* untuk pemantauan lingkungan dalam ruangan. Secara praktis, sistem yang dikembangkan diharapkan dapat membantu lembaga pendidikan memantau kondisi udara di ruang kelas dengan cepat dan efisien serta membantu menciptakan lingkungan belajar yang sehat, nyaman, dan produktif.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kualitas Udara dan Parameter Pengukuran

Salah satu komponen penting yang memengaruhi kesehatan dan kenyamanan manusia adalah kualitas udara. Jumlah *karbon dioksida* (CO₂), *karbon monoksida* (CO), *partikel debu* (PM), suhu, dan kelembapan adalah faktor utama yang menentukan kualitas udara [1].

Peningkatan kadar CO₂ dan CO dapat menyebabkan gangguan konsentrasi, kelelahan, dan penurunan efektivitas pembelajaran. Di sisi lain, suhu dan kelembapan yang tidak sesuai dapat menyebabkan ketidaknyamanan termal di ruangan [2]. Oleh karena itu, sangat penting untuk memantau kualitas udara secara terus-menerus, terutama di tempat belajar seperti ruang kelas.

2.2 *Internet of Things (IoT)*

Konsep yang dikenal sebagai "*Internet of Things*" (IoT) adalah teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat fisik ke jaringan internet sehingga mereka dapat saling bertukar data secara otomatis satu sama lain [3]. IoT memungkinkan sensor dalam sistem monitoring kualitas udara untuk melacak kondisi lingkungan secara *real-time*. Kemudian, data ini dikirim ke aplikasi monitoring seperti Blynk, yang dapat diakses pengguna melalui *smartphone* mereka. Teknologi ini meningkatkan kecepatan, efisiensi, dan ketepatan dalam pemantauan dan pengambilan keputusan lingkungan [4].

2.3 *Mikrokontroler ESP32*

ESP32 adalah mikrokontroler dengan prosesor ganda dan dilengkapi dengan konektivitas *Wi-Fi* dan *Bluetooth*. Karena mendukung integrasi berbagai sensor dan perangkat tampilan, komponen ini sering digunakan dalam proyek *Internet of Things* (IoT). ESP32 berfungsi sebagai pusat pengendali, mengumpulkan data dari sensor, mengaturnya, dan menampilkan hasil ke LCD 16x2. Selain itu, data dapat dikirim ke aplikasi Blynk untuk pemantauan jarak jauh [3].

2.4 *Sensor MQ135*

Sensor MQ135 digunakan untuk mendeteksi berbagai gas berbahaya seperti *karbon dioksida* (CO₂), *amonia* (NH₃), dan *nitrogen oksida* (NO₂) [2]. Sensor ini bekerja berdasarkan prinsip perubahan resistansi material *semikonduktor* (SnO₂) ketika terpapar gas. Nilai tegangan *output* sensor akan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi gas, sehingga dapat digunakan untuk menilai tingkat pencemaran udara di ruangan.

2.5 *Sensor DHT22*

Sensor DHT22 mengukur suhu dan kelembapan udara. Ini memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi daripada DHT11 dan memiliki jangkauan pengukuran yang lebih luas, mencakup suhu antara -40 derajat *Celsius* hingga 80 derajat *Celsius* dan kelembapan antara 100 persen hingga 100 persen RH [4]. Dalam sistem ini, DHT22 digunakan untuk mengukur kondisi termal dan kelembapan di ruang kelas, yang berdampak pada kenyamanan dan kualitas udara.

2.6 *LCD 16x2*

Modul tampilan LCD 16x2 memiliki kemampuan untuk menampilkan dua baris teks dengan masing-masing 16 karakter. Fungsi komponen ini adalah untuk menampilkan data hasil pembacaan sensor secara langsung di perangkat tanpa membuka aplikasi. Dengan adanya LCD, pengguna dapat secara instan melihat kondisi udara melalui tampilan fisik alat [1].

2.7 *LED*

Light Emitting Diode (LED) digunakan sebagai indikator visual dalam sistem pemantauan kualitas udara. LED akan menyala dengan warna tertentu sebagai tanda kondisi udara misalnya, hijau untuk udara baik dan merah untuk udara tidak sehat. Penggunaan LED membantu pengguna dalam mengenali perubahan kondisi udara secara cepat dan intuitif, tanpa harus melihat tampilan digital [2].

2.8 *Blynk*

Blynk adalah platform IoT yang memungkinkan pengguna memantau dan mengontrol perangkat dari jarak jauh melalui aplikasi *mobile*. Dengan antarmuka grafis yang mudah digunakan, Blynk memungkinkan pengguna untuk menampilkan data sensor, menambah tombol kontrol, dan memberikan notifikasi otomatis saat parameter udara melewati batas aman. Dalam sistem ini, Blynk berfungsi sebagai media pemantauan kondisi udara *real-time* untuk pengguna mengetahui kondisi udara kapan pun dan di mana pun [4].

III. METODE PENELITIAN

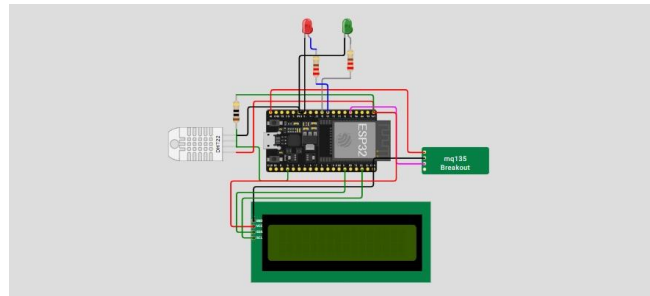
3.1 *Rancangan Penelitian*

Dengan menggunakan pendekatan *Internet of Things* (IoT), penelitian ini merancang sistem Monitoring dan Notifikasi Otomatis Kualitas Udara Ruang Kelas yang otomatis. Sistem ini beroperasi

dengan sensor MQ135 dan DHT22 mengumpulkan data, yang kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32.

Hasil pembacaan disajikan secara real-time pada LCD 16x2 lokal dan dikirim ke aplikasi Blynk melalui perangkat seluler. Selain itu, indikator LED dapat digunakan untuk menunjukkan kualitas udara. LED hijau menunjukkan udara normal, sedangkan LED merah menunjukkan udara tercemar.

Sistem pemantauan yang efisien, mudah diakses, dan memiliki kemampuan untuk melakukan notifikasi otomatis adalah alasan mengapa pendekatan berbasis Internet of Things dipilih [5][6]. Dalam beberapa penelitian, ide pemantauan kualitas udara melalui sensor IoT telah terbukti bermanfaat untuk meningkatkan kesehatan lingkungan belajar [7][8].



Gambar 1 Rancangan Sistem

3.1 Analisis Sistem

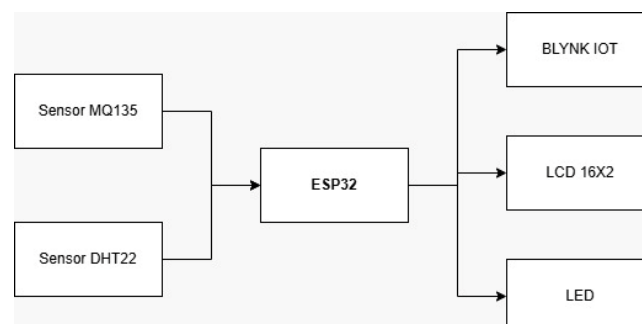
Analisis dilakukan untuk menentukan parameter udara yang akan dipantau serta logika sistem yang diterapkan.

1. MQ135 adalah sensor yang dirancang untuk mendeteksi gas berbahaya seperti amonia, benzena, dan karbon dioksida (CO₂) [2][9].
2. Sensor DHT22 dipilih karena lebih akurat daripada DHT11, dapat mengukur suhu dan kelembapan sekaligus [10].
3. Mikrokontroler ESP32 dipilih karena lebih baik dalam pemrosesan dan konektivitas Wi-Fi dibandingkan dengan Arduino UNO dan ESP8266 [11][12].
4. LCD 16x2 menampilkan informasi langsung di lokasi, Blynk berfungsi sebagai antarmuka digital yang memungkinkan pengguna melihat data secara real-time dan menerima notifikasi [13].
5. LED memberikan notifikasi visual, yaitu hijau untuk kondisi udara normal dan merah untuk kondisi udara berbahaya.

Studi sebelumnya menggunakan platform dan protokol lain seperti MQTT [14], Telegram [13], atau ThingSpeak [4], tetapi Blynk dipilih karena antarmuka pengguna yang lebih mudah digunakan dan kemudahan penggunaan.

3.2 Arsitektur Sistem

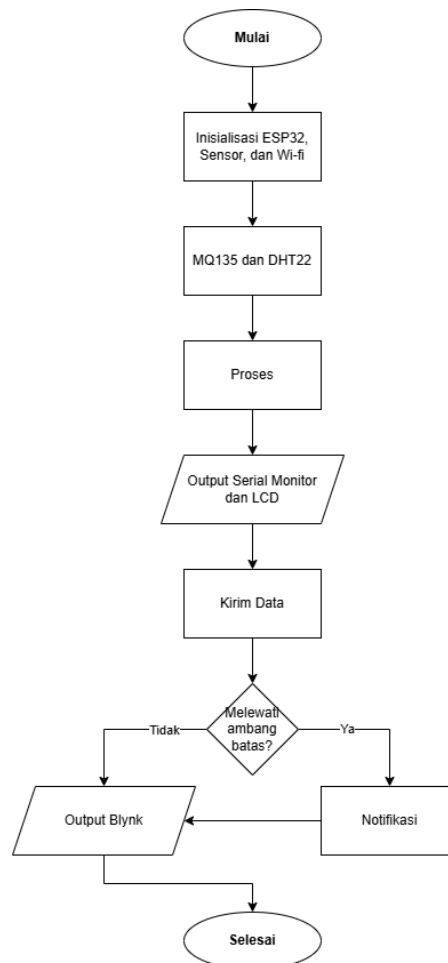
Arsitektur sistem ditunjukkan pada Gambar 2, dimana sensor MQ135 dan DHT22 berperan sebagai input utama. Setelah data dibaca, ESP32 mengolah dan mengirimkannya ke dua jalur output, yaitu LCD 16x2 untuk tampilan langsung dan Blynk untuk tampilan real-time pada perangkat mobile. Selain itu, ESP32 mengontrol indikator LED untuk menunjukkan kondisi udara normal dan berbahaya.



Gambar 2 Arsitektur Sistem

Secara keseluruhan, sistem dibuat untuk bekerja secara otomatis dan terhubung ke jaringan nirkabel, memungkinkan penggunaan tanpa bantuan tangan.

3.3 Implementasi Sistem



Gambar 3 Flowchart alur kerja sistem

Sistem diterapkan melalui beberapa tahapan:

3.4.1 Perancangan dan Simulasi Rangkaian

Wokwi, sebuah simulator berbasis web untuk perangkat ESP32, digunakan untuk merancang dan menguji rangkaian sistem untuk memastikan kompatibilitas antar komponen seperti MQ135, DHT22, LCD, dan LED.

3.4.2 Pemrograman Mikrokontroler

Program ini dibuat langsung di Wokwi menggunakan bahasa C++ dengan library Arduino. Ini mencakup mengaktifkan sensor, membaca data, mengirim data ke Blynk, dan mengontrol LED berdasarkan hasil pengukuran.

3.4.3 Integrasi dengan Aplikasi Blynk

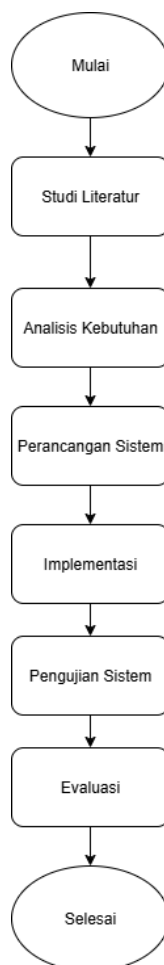
Token autentikasi Blynk terhubung ke mikrokontroler ESP32. Data dikirimkan secara berkala dan ditampilkan dalam format numerik dan grafik melalui aplikasi. Ketika nilai sensor melebihi ambang batas, sistem secara otomatis mengirimkan notifikasi push ke pengguna.

3.4.4 Pengujian dan Evaluasi

Pengujian dilakukan dengan memvariasikan kondisi udara pada simulasi untuk menilai kestabilan pembacaan sensor, kecepatan pengiriman data, dan efektivitas notifikasi.

3.4 Tahapan Penelitian

Penelitian dilakukan secara sistematis dan terdiri dari enam langkah utama, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3



Gambar 4 Flowchart tahapan penelitian

3.5.1 Studi Literatur

Mengevaluasi teori dan penelitian sebelumnya tentang sensor IoT, DHT22, MQ135, dan Blynk [5][6][7][8][2][15].

3.5.2 Analisis Kebutuhan

Determinasikan parameter kualitas udara, serta perangkat keras dan lunak yang diperlukan

3.5.3 Perancangan Sistem

Membuat diagram blok, flowchart, dan rancangan rangkaian sistem.

3.5.4 Implementasi Sistem

Menulis program dan melakukan simulasi sistem secara virtual.

3.5.5 Pengujian Sistem

Uji akurasi sensor, kestabilan data, dan notifikasi otomatis melalui aplikasi Blynk.

3.5.6 Evaluasi

Melihat hasil sistem dan memperbaiki kesalahan pembacaan atau keterlambatan respons.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Implementasi Sistem

Simulasi Wokwi digunakan untuk menerapkan sistem. Ini memungkinkan pengujian virtual kinerja ESP32, sensor MQ135, DHT22, LCD 16x2, dan LED indikator.

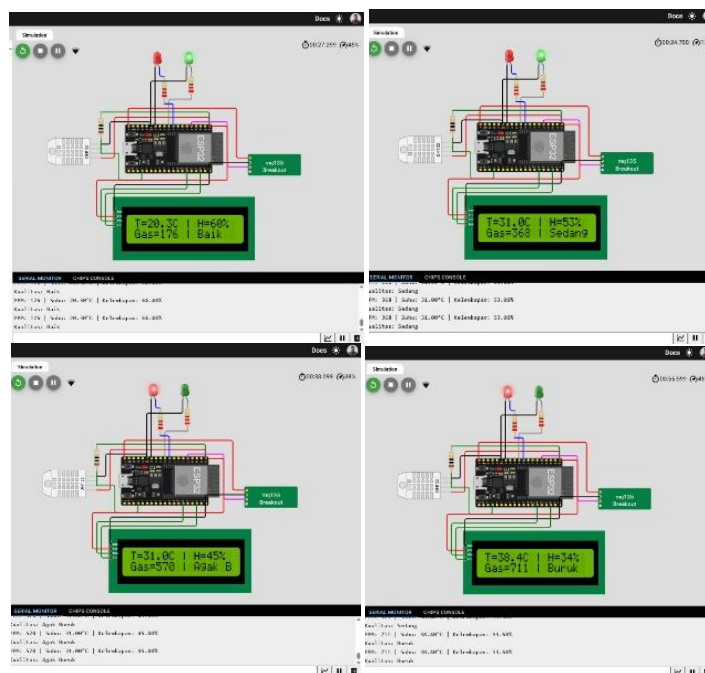
Pada tahap implementasi sistem, dilakukan perancangan dan pengembangan perangkat lunak untuk mengintegrasikan ESP32 dengan sensor MQ135, DHT22, LCD 16x2, LED indikator, serta platform Blynk IoT. Simulasi Wokwi digunakan sebagai media pengujian virtual guna memastikan setiap komponen bekerja sesuai dengan fungsinya sebelum diterapkan pada perangkat keras sebenarnya. Program dikembangkan menggunakan bahasa C++ pada Arduino IDE, yang berfungsi untuk membaca data sensor, mengolah nilai kualitas udara dan suhu, menampilkan informasi pada LCD, serta mengirimkan data secara real-time ke aplikasi Blynk. Penjelasan detail mengenai fungsi dan kegunaan setiap bagian kode program disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Penjelasan Kode Program

Kode Program	Penjelasan Kode Program
<pre>#define BLYNK_TEMPLATE_NAME "Monitoring Room Quality" #define BLYNK_TEMPLATE_ID "YOUR_TEMPLATE_ID" #define BLYNK_AUTH_TOKEN "YOUR_AUTH_TOKEN"</pre>	Bagian ini digunakan untuk menghubungkan ESP32 dengan platform Blynk. BLYNK_TEMPLATE_NAME dan BLYNK_TEMPLATE_ID berfungsi sebagai identitas proyek di aplikasi Blynk, sedangkan BLYNK_AUTH_TOKEN digunakan sebagai kunci autentikasi agar perangkat dapat terhubung ke dashboard Blynk.
<pre>#include <Wire.h> #include <WiFi.h> #include <BlynkSimpleEsp32.h> #include <DHT.h> #include <LiquidCrystal_I2C.h></pre>	Library yang mendukung komunikasi I2C (LCD), koneksi WiFi dan Blynk, pembacaan sensor DHT22, serta tampilan LCD.
<pre>#define DHTPIN 15 #define DHTTYPE DHT22 #define PPM_PIN 34 #define LED_RED 25 #define LED_GREEN 26</pre>	Pendefinisian pin yang digunakan untuk sensor DHT22, sensor gas (PPM), serta LED merah dan hijau sebagai indikator kualitas udara.
<pre>char auth[] = BLYNK_AUTH_TOKEN; char ssid[] = "Wokwi-GUEST"; char pass[] = "";</pre>	Konfigurasi token Blynk dan data WiFi yang digunakan ESP32 untuk terhubung ke internet dan server Blynk.
<pre>DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);</pre>	Inisialisasi objek sensor DHT22 dan LCD I2C agar ESP32 dapat membaca data dan menampilkannya.
<pre>void setup() { dht.begin(); lcd.init(); Blynk.begin(auth, ssid, pass); }</pre>	Fungsi setup() digunakan untuk menginisialisasi sensor, LCD, dan menghubungkan ESP32 ke Blynk.
<pre>int mappedppmValue = (analogRead(PPM_PIN) / 4.095); float suhu = dht.readTemperature(); float lembab = dht.readHumidity();</pre>	Membaca nilai sensor gas, suhu, dan kelembapan sebagai data utama sistem monitoring.
<pre>if (mappedppmValue <= 200) { kategoriUdara = "Baik"; } else if (mappedppmValue <= 400) { kategoriUdara = "Sedang"; } else { kategoriUdara = "Buruk"; }</pre>	Menentukan kategori kualitas udara berdasarkan nilai PPM yang terbaca dari sensor gas dengan cara mengelompokkan hasil pembacaan ke dalam beberapa tingkat kondisi udara, mulai dari baik hingga buruk.
<pre>Blynk.virtualWrite(V0, mappedppmValue); Blynk.virtualWrite(V1, suhu); Blynk.virtualWrite(V2, lembab); Blynk.virtualWrite(V4, kategoriUdara);</pre>	Mengirim data sensor dan kategori kualitas udara ke aplikasi Blynk secara real-time.
<pre>lcd.print("T="); lcd.print(suhu);</pre>	Menampilkan informasi suhu dan kualitas udara pada LCD sebagai monitoring langsung di lokasi.

Kode Program	Penjelasan Kode Program
<pre>lcd.print(" Gas="); lcd.print(mappedppmValue);</pre>	

Gambar 5 menunjukkan bagaimana rangkaian sistem disusun. Sensor MQ135 dan DHT22 dihubungkan ke pin input mikrokontroler ESP32. Hasil analisis data diproses untuk mengetahui kondisi udara di ruang kelas. Selain menampilkan nilai secara langsung pada LCD 16x2, informasi ini dikirim ke aplikasi Blynk untuk melacak nilai secara real-time.



Gambar 5 Implementasi simulasi sistem di Wokwi

Bahasa pemrograman C++ digunakan di Wokwi dengan library Arduino Framework. Setelah terhubung ke jaringan virtual, ESP32 dikonfigurasi untuk menggunakan token autentikasi aplikasi Blynk. Dengan mengirimkan setiap pembacaan sensor secara berkala melalui koneksi Wi-Fi, data aplikasi Blynk selalu diperbarui secara otomatis tanpa intervensi manual.

Dua indikator LED digunakan oleh sistem:

1. Ketika udara dalam kondisi normal, LED hijau menyala.
2. Ketika kualitas udara turun atau melewati ambang batas aman, LED merah menyala.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat beroperasi dengan baik dalam simulasi, menampilkan nilai sensor pada LCD dan secara konsisten mengirim data ke Blynk setiap 2 hingga 3 detik.

4.2 Tampilan Aplikasi Blynk

Aplikasi Blynk menampilkan data kualitas udara secara real-time melalui antarmuka pengguna (UI) aplikasi.

Gambar 9 memperlihatkan antarmuka aplikasi Blynk IoT untuk pemantauan kualitas udara ruangan secara real-time. Aplikasi menampilkan kategori kualitas udara “Baik” berdasarkan nilai sensor suhu (20,3 °C), kelembapan (60%), dan kadar gas (176 ppm) yang disajikan dalam bentuk indikator gauge.

Gambar 10 menunjukkan tampilan aplikasi Blynk IoT saat kualitas udara berada pada kategori “Sedang”. Nilai yang ditampilkan meliputi suhu sebesar 25,6 °C, kelembapan 45%, dan kadar gas 316 ppm, yang divisualisasikan menggunakan indikator gauge sebagai hasil pemantauan sensor secara real-time.



Gambar 6 Tampilan Blynk IoT menunjukkan kategori udara Baik



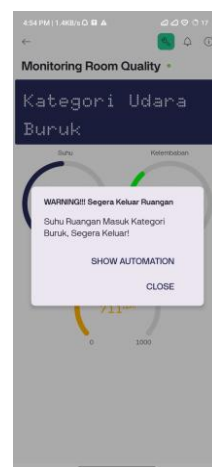
Gambar 7 Tampilan Blynk IoT menunjukkan kategori udara Sedang

Gambar 11 menampilkan kondisi kualitas udara pada kategori “Agak Buruk” pada aplikasi Blynk IoT. Sistem secara otomatis menampilkan peringatan (warning) ketika kadar gas melebihi ambang batas (>400 ppm), sebagai bentuk notifikasi kepada pengguna bahwa kualitas udara berada pada kondisi tidak optimal.

Gambar 12 menampilkan kondisi kualitas udara pada kategori “Buruk” pada aplikasi Blynk IoT. Pada kondisi ini, sistem mendeteksi suhu ruangan yang masuk ke dalam kategori tidak aman sehingga secara otomatis menampilkan pesan peringatan (warning) berupa anjuran “Segera Keluar Ruangan”. Peringatan ini bertujuan untuk memberikan informasi kepada pengguna agar segera mengambil tindakan pencegahan demi keselamatan.



Gambar 8 Tampilan Blynk IoT menunjukkan kategori udara Agak Buruk



Gambar 9 Tampilan Blynk IoT menunjukkan kategori udara Buruk



Gambar 10 Tampilan notifikasi pada smartphphone

Gambar 13 menunjukkan tampilan notifikasi peringatan pada smartphphone. Notifikasi ini dikirim secara otomatis oleh sistem ketika kualitas udara terdeteksi berada pada kategori buruk atau melewati ambang batas yang telah ditentukan. Dengan adanya notifikasi ini, pengguna dapat menerima informasi secara real-time meskipun aplikasi tidak sedang dibuka, sehingga respons terhadap kondisi lingkungan dapat dilakukan dengan lebih cepat.

Beberapa widget utama termasuk dalam dashboard:

1. Gauge Widget untuk menampilkan nilai suhu, kelembapan, dan kadar gas dari sensor DHT22 dan MQ135.
2. LCD 16x2 Virtual Widget untuk menampilkan status kualitas udara secara keseluruhan, seperti “Baik,” “Agak Buruk,” atau “Buruk.”
3. Notification Automation Widget yang secara otomatis mengirimkan notifikasi ke perangkat pengguna ketika kondisi udara berada di luar batas aman.

Jika nilai CO₂ atau debu melebihi ambang batas (misalnya, lebih dari 1000 ppm untuk CO₂), sistem akan mengirimkan notifikasi ke smartphone pengguna melalui Blynk. Studi Andi Seppewali, Farly Fitrian Dwiputra, dan Warseno Hari Mulyo [2] dan Muzakirin dan Mirza [13] menunjukkan bahwa Blynk adalah platform IoT yang ringan dengan delay rendah yang stabil.

4.3 Hasil Pengujian Sensor

Proses pengujian dilakukan untuk menjamin keakuratan pembacaan sensor terhadap kondisi udara yang disimulasikan. Ambang batas umum kualitas udara dalam ruangan digunakan untuk menentukan nilai referensi. Pengujian ini menggunakan dua jenis sensor, yaitu MQ135 untuk mendeteksi kadar gas (CO₂), dan DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan udara.

Tabel 2 Hasil pengujian sensor

Kondisi Udara	Nilai MQ135 (ppm)	Suhu (°C)	Kelembapan (%)	LED	Status
Normal	176	20,3	60%	Hijau	Baik
Sedang	316	25.6	45%	Hijau	Sedang
Agak buruk	570	31	45%	Merah	Waspada
Buruk	711	38.4	33,5%	Merah	Tidak Sehat

Berdasarkan hasil pengujian tersebut, sistem mampu mengenali perubahan kadar gas secara akurat dan memberikan respons sesuai kondisi udara. Ketika nilai sensor MQ135 mencapai kategori Agak Buruk (≥ 400 ppm) dan Buruk (≥ 1000 ppm), sistem secara otomatis menyalakan LED merah serta mengirimkan notifikasi peringatan melalui aplikasi Blynk.

Notifikasi yang dikirim berisi pesan seperti pada Gambar 11 dan Gambar 12 untuk memperingatkan pengguna agar meningkatkan ventilasi atau menyalakan pendingin ruangan. Sementara itu, pada kondisi Baik dan Sedang, sistem menampilkan status normal dengan LED hijau tanpa notifikasi peringatan.

Hasil ini menunjukkan bahwa sistem memiliki akurasi deteksi yang konsisten terhadap perubahan kadar gas, serta mampu memberikan respon cepat dan relevan terhadap kondisi udara. Temuan ini juga sejalan dengan penelitian oleh Faturrahman et al. [7] dan Morin & Santi [9], yang menyatakan bahwa peningkatan kadar gas di atas ambang batas normal dapat menurunkan kualitas udara dan kenyamanan pengguna ruangan.

4.4 Analisis Kinerja Sistem

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem berhasil memenuhi semua parameter fungsional, yang meliputi:

1. Monitoring Real-Time

Pembacaan data sensor berlangsung stabil dengan keterlambatan rata-rata 2 hingga 3 detik saat data dikirim ke aplikasi Blynk.

2. Notifikasi Otomatis

Jika parameter udara melampaui ambang batas, sistem dapat mengirimkan notifikasi secara otomatis dalam waktu kurang dari 1 detik.

3. Akurasi Sensor

Sensor DHT22 menunjukkan deviasi pembacaan suhu sebesar $\pm 0,5^\circ\text{C}$ dari nilai simulasi ideal, sedangkan MQ135 sangat peka terhadap perubahan nilai gas CO₂.

4. Kemudahan Akses

Aplikasi Blynk membuat pemantauan udara lebih mudah dengan antarmuka mobile.

Secara keseluruhan, hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu beroperasi dengan efisiensi, stabilitas, dan responsif dalam hal pembacaan dan pengiriman data dari sensor.

4.5 Pembahasan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem yang menggunakan Internet of Things untuk monitoring kualitas udara di ruang kelas dapat beroperasi dengan baik. Sementara DHT22 menunjukkan pengukuran suhu dan kelembapan yang stabil, sensor MQ135 dapat mendeteksi perubahan kadar gas dengan tepat.

Sistem mengklasifikasikan kondisi udara menjadi Baik, Sedang, Agak Buruk, dan Buruk. Ketika kondisi udara Baik atau Sedang, LED hijau menyala dan tidak mengeluarkan peringatan. Ketika kondisi udara Agak Buruk atau Buruk, LED berubah menjadi merah, dan sistem secara otomatis mengirimkan peringatan melalui aplikasi Blynk.

Data sensor ditampilkan secara real-time dengan pembaruan setiap dua hingga tiga detik, dan dashboard Blynk memungkinkan pengguna melihat kondisi udara melalui grafik dan tampilan gauge. Secara keseluruhan, sistem berjalan dengan baik, responsif, dan dapat memberikan peringatan dini untuk memastikan bahwa kualitas udara di ruang kelas tetap aman.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil dari proses perancangan, implementasi, dan pengujian sistem Monitoring dan Notifikasi Otomatis Kualitas Udara Ruang Kelas Berbasis IoT menghasilkan beberapa kesimpulan berikut:

1. *Simulasi Sistem Berbasis IoT Efektif untuk Pemantauan Kualitas Udara*
Penggunaan ESP32 sebagai mikrokontroler inti, bersama dengan sensor MQ135 dan DHT22, telah menunjukkan kemampuan untuk mengukur kadar gas, suhu, dan kelembapan secara real-time dengan hasil yang akurat dan stabil.
2. *Blynk Efisien sebagai Platform Monitoring dan Notifikasi*
Aplikasi Blynk menampilkan data sensor dengan baik dan memberi tahu pengguna ketika kualitas udara melampaui ambang batas aman. Pengujian menunjukkan keterlambatan pengiriman data rata-rata hanya 2 hingga 3 detik, dan notifikasi dikirim dalam waktu kurang dari 1 detik setelah mengidentifikasi kondisi tercemar.
3. *Sistem Tanggap dan Informatif*
Kombinasi LCD 16x2 dan indikator LED memberikan informasi visual secara langsung di lokasi. LED merah aktif saat udara tercemar, dan LED hijau menunjukkan kondisi normal, sehingga pengguna dapat mengetahui kondisi tanpa membuka aplikasi.
4. *Simulasi Wokwi Efektif dalam Pengembangan Sistem*
Implementasi simulasi dengan Wokwi mempercepat pengembangan dan mengurangi risiko kesalahan perangkat keras dengan memungkinkan pengujian dilakukan tanpa perangkat fisik.

Hasilnya menunjukkan bahwa sistem yang dirancang dapat memantau kualitas udara di ruang kelas dan memberikan peringatan dini kepada pengguna.

Untuk menguji kestabilan sensor dan akurasi data dalam situasi nyata, pengembangan sistem masa depan mungkin berkonsentrasi pada penerapan sistem langsung pada perangkat fisik di ruang kelas. Selain itu, sistem dapat dikembangkan dengan menambahkan jenis sensor lain untuk memantau lebih banyak udara, seperti sensor karbon monoksida atau debu. Sehingga hasil pengukuran dapat dianalisis secara historis, penelitian lanjutan harus memasukkan fitur penyimpanan data berbasis cloud. Mungkin ada peningkatan sistem ini menjadi sistem otomatis yang dapat mengontrol pendingin atau ventilasi ruangan sendiri saat kualitas udara menurun. Selain itu, antarmuka aplikasi Blynk dapat ditingkatkan untuk menjadi lebih interaktif dan dapat diakses melalui berbagai perangkat, termasuk versi web.

DAFTAR RUJUKAN

- [1] H. Budianto and B. Sumanto, “Perancangan Sistem Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan Berbasis Internet of Things,” vol. 5, no. 1, 2024.
- [2] Andi Seppewali, Farly Fitrian Dwiputra, and Warseno Hari Mulyo, “Sistem Notifikasi Monitoring Kualitas Udara dalam Ruangan Produksi Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan ESP8266,” *Pixel :Jurnal Ilmiah Komputer Grafis*, vol. 17, no. 1, pp. 134–148, Jul. 2024, doi: 10.51903/pixel.v17i1.1990.
- [3] R. Muttaqin, W. Sakti, W. Prayitno, N. E. Setyaningsih, and U. Nurbaiti, “Rancang Bangun Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis Iot (Internet Of Things) dengan Sensor DHT11 dan Sensor MQ135,” 2024.
- [4] N. Ningsih, A. D. Ramadhani, A. Nurcahya, and N. Azizah, “Klasifikasi dan Monitoring Kualitas Udara Dalam Ruangan menggunakan Thingspeak,” 2022. [Online]. Available: <https://journal.trunojoyo.ac.id/triac>
- [5] A. Pariama and R. Efendi, “Pengembangan Sistem Deteksi Kualitas Udara Berbasis Sensor IoT Menggunakan Fitur Notifikasi Telegram di Terminal Tingkir, Salatiga,” 2025. [Online]. Available: <https://journal.stmiki.ac.id>
- [6] S. Rivangga, R. Yanuarti, and A. Nilogiri, “Implementasi Cloud Computing Pada Prediksi Tingkat Kualitas Udara Berbasis Internet Of Things,” *JUSTINDO (Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi Indonesia)*, vol. 9, no. 2, pp. 77–86, Aug. 2024, doi: 10.32528/justindo.v9i2.1574.
- [7] L. A. Faturrahman, B. F. Tanjung, and Y. Saragih, “Sistem Monitoring dan Deteksi Dini Kualitas Udara Berbasis Internet Of Things,” *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, vol. 13, no. 3, Jul. 2025, doi: 10.23960/jitet.v13i3.6598.
- [8] M. H. Alfirdaus and Martiano, “Perancangan dan Implementasi Sistem Monitoring Kualitas Udara Berbasis IoT,” *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Jaringan*, vol. 5, pp. 24–30, Mar. 2024, [Online]. Available: <https://bit.ly/SISFOTEKJAR>
- [9] J. V. Morin and D. Santi, “Perancangan Sistem Monitoring Parameter Kualitas Udara (Suhu, CO, LPG dan Debu) berbasis IOT,” 2021.
- [10] M. Iqbal, N. Putri Puspita, R. Rasyid, and M. Yusfi, “Sistem Monitoring Kualitas Udara Jarak Jauh Berbasis Sensor MQ-2, MQ-6 dan Sensor DHT11,” *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, vol. 14, no. 2, pp. 137–144, 2025, doi: 10.25077/jfu.14.3.137-144.2025.
- [11] H. B. Surbakti, J. G. A. Ginting, S. Romadhona, M. B. Ginting, and K. Ni’amah, “Sistem Monitoring Kualitas Udara Ruangan dengan Protokol Mqtt Berbasis Internet Of Things,” *Jurnal SINTA: Sistem Informasi dan Teknologi Komputasi*, vol. 1, no. 3, Aug. 2024, doi: 10.61124/sinta.v1i3.25.
- [12] M. Sadali, Y. K. Putra, L. Kertawijaya, and I. Gunawan, “Sistem Monitoring dan Notifikasi Kualitas Udara Dijalan Raya Dengan Platform IOT,” *Infotek: Jurnal Informatika dan Teknologi*, vol. 5, no. 1, pp. 11–21, Jan. 2022, doi: 10.29408/jit.v5i1.4384.
- [13] M. Muzakirin and A. H. Mirza, “Implementasi Monitoring Dan Notifikasi Kualitas Udara Menggunakan Arduino Berbasis IoT,” *Journal of Computer and Information Systems Ampera*, May 2022.
- [14] M. G. Khairi, M. I. A. Gurning, and M. Furqan, “Design of an Automatic Room Air Conditioner Control System Based on Room Temperature Using Arduino,” Jan. 2024. [Online]. Available: <https://jurnal.unity-academy.sch.id/index.php/jirsi/index>
- [15] Y. Irdyanti, J. Alrasyid, and A. Azzahra, “Sistem Monitoring dan Pengaturan Kualitas Udara Dalam Ruangan Berbasis Internet of Things,” *Jurnal Ampere*, vol. 10, no. 1, pp. 76–91, Jun. 2025, doi: 10.31851/ampere.