



Sistem Monitoring Gas, Suhu dan Kelembapan Ruangan Berbasis IoT (Studi Kasus Apotek Waras Barokah)

Aldo Raditya Pangestu¹, Danang², Iman Saufik Suasana³, Sulartopo⁴, Nuris Dwi Setiawan⁵

¹Progdi Sistem Komputer, Sekolah Tinggi Elektronika dan Komputer (STEKOM), Indonesia

²⁻⁵ Universitas Sains dan Teknologi Komputer, Indonesia

Email: aldoradpa@gmail.com¹, danang@stekom.ac.id², saufik@stekom.ac.id³, sulartopo@stekom.ac.id⁴, setyawan_dw@stekom.ac.id⁵

Alamat: Jl. Majapahit 605, Semarang, telp/fax : (024) 6723456

Korespondensi penulis: aldoradpa@gmail.com

Abstract. Maintaining optimal environmental conditions in pharmacies is crucial for preserving the quality of pharmaceutical products and ensuring the well-being of staff and patients. This study presents the development of a real-time environmental monitoring system based on Internet of Things (IoT) technology, specifically implemented at Apotek Waras Barokah. The system is equipped with a DHT22 sensor to measure ambient temperature and humidity, as well as an MQ-135 sensor to detect harmful gases such as ammonia, carbon monoxide, and carbon dioxide. These sensors are integrated with the NodeMCU ESP8266 microcontroller, which transmits data via WiFi to the Blynk platform for continuous observation. In addition, the system incorporates an automatic notification feature through the Telegram application to promptly alert users when critical thresholds are exceeded. Two fans are activated through relay modules to stabilize room conditions when necessary, while real-time data is also displayed locally using an LCD I2C. Test results indicate that the system performs reliably in detecting environmental anomalies and provides responsive control actions. This research contributes an efficient and scalable prototype that supports safer pharmaceutical storage and has the potential to be adopted in various healthcare settings.

Keywords: Blynk, DHT22 Sensor, Internet of Things (IoT), MQ-135, Telegram.

Abstrak. Menjaga kondisi lingkungan yang optimal di dalam apotek sangat penting untuk memastikan kualitas obat tetap terjaga serta menciptakan kenyamanan bagi staf dan pasien. Penelitian ini merancang dan mengembangkan sistem pemantauan lingkungan secara real-time berbasis Internet of Things (IoT) yang diterapkan di Apotek Waras Barokah. Sistem ini menggunakan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan, serta sensor MQ-135 untuk mendeteksi keberadaan gas berbahaya seperti amonia, karbon monoksida, dan karbon dioksida. Seluruh sensor dihubungkan dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 yang mengirimkan data secara nirkabel ke platform Blynk. Fitur tambahan berupa notifikasi otomatis melalui aplikasi Telegram ditambahkan untuk memberikan peringatan dini kepada pengguna jika terdeteksi kondisi lingkungan di luar ambang batas aman. Dua buah kipas yang dikendalikan oleh modul relay diaktifkan secara otomatis untuk menstabilkan kondisi ruangan, dan informasi secara lokal ditampilkan melalui LCD I2C. Hasil implementasi menunjukkan bahwa sistem ini mampu mendeteksi perubahan lingkungan secara akurat, memberikan peringatan cepat, serta merespons kondisi berbahaya secara efisien. Sistem ini dapat menjadi solusi prototipe yang layak digunakan pada fasilitas kesehatan lain untuk meningkatkan pengelolaan lingkungan penyimpanan obat.

Kata kunci: Internet of Things (IoT), DHT22 Sensor, MQ-135, Blynk, Telegram.

1. LATAR BELAKANG

Kondisi lingkungan yang tidak stabil, seperti suhu tinggi, kelembapan ekstrem, dan keberadaan gas berbahaya, dapat berdampak langsung terhadap kualitas penyimpanan obat-obatan di fasilitas kesehatan seperti apotek. Obat yang disimpan dalam lingkungan yang tidak sesuai berisiko mengalami degradasi senyawa aktif, yang pada akhirnya dapat menurunkan efektivitas terapi dan membahayakan kesehatan pasien. Selain itu, keberadaan

gas seperti karbon monoksida, amonia, dan karbon dioksida di dalam ruangan juga dapat mengancam keselamatan staf apotek apabila tidak terdeteksi secara dini.

Saat ini, sebagian besar sistem pemantauan lingkungan di apotek masih dilakukan secara manual atau semi-otomatis, sehingga rentan terhadap keterlambatan respons jika terjadi kondisi yang membahayakan. Oleh karena itu, dibutuhkan sistem monitoring yang dapat bekerja secara real-time, mampu memberikan peringatan otomatis, dan dapat diakses dari jarak jauh.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) membuka peluang besar dalam pengembangan sistem pemantauan lingkungan yang cerdas dan efisien. Dengan memanfaatkan sensor dan mikrokontroler yang terhubung ke internet, data suhu, kelembapan, serta kualitas udara dapat dikumpulkan dan dianalisis secara otomatis. Dalam penelitian ini, dikembangkan sebuah sistem monitoring lingkungan berbasis IoT menggunakan sensor DHT22 untuk mengukur suhu dan kelembapan, serta sensor MQ-135 untuk mendeteksi gas beracun. Data yang dikumpulkan kemudian dikirim melalui mikrokontroler NodeMCU ESP8266 ke platform Blynk untuk ditampilkan secara real-time, serta dikirimkan melalui Telegram dalam bentuk notifikasi saat terjadi kondisi tidak normal.

Sistem ini juga dilengkapi dengan modul relay dan kipas yang akan aktif secara otomatis ketika nilai sensor melebihi ambang batas yang ditentukan. Dengan demikian, selain memberikan notifikasi dini, sistem juga mampu merespons secara aktif untuk menjaga kestabilan lingkungan penyimpanan.

Penelitian ini dilakukan di Apotek Waras Barokah sebagai studi kasus. Sistem yang dikembangkan bertujuan untuk meningkatkan efektivitas pengawasan lingkungan, mengurangi risiko kerusakan obat, serta mendukung pemenuhan standar keamanan dan kualitas penyimpanan obat.

2. KAJIAN TEORITIS

Internet of Things (IoT)

IoT adalah sistem yang menghubungkan berbagai perangkat elektronik melalui jaringan internet sehingga mampu saling bertukar data secara otomatis. Konsep ini digunakan dalam penelitian untuk menciptakan sistem monitoring lingkungan yang dapat diakses secara real-time dari jarak jauh.

NodeMCU ESP8266

NodeMCU ESP8266 merupakan mikrokontroler yang memiliki koneksi WiFi bawaan. Perangkat ini berfungsi sebagai pusat pengolahan data yang diperoleh dari sensor dan mengirimkannya ke aplikasi monitoring (Blynk & Telegram). Dengan ukuran kecil dan konsumsi daya rendah, NodeMCU sangat cocok untuk sistem monitoring berbasis IoT.

Sensor DHT22

Sensor DHT22 berfungsi untuk mengukur suhu dan kelembapan udara. Sensor ini memiliki akurasi tinggi, output digital, dan stabilitas jangka panjang. Dalam sistem ini, DHT22 membantu memastikan bahwa suhu dan kelembapan dalam ruang penyimpanan obat berada dalam batas aman.

Sensor MQ-135

Sensor ini digunakan untuk mendeteksi gas-gas berbahaya seperti amonia (NH_3), karbon monoksida (CO), dan karbon dioksida (CO_2). MQ-135 sangat penting dalam menjamin kualitas udara di ruang penyimpanan obat, karena keberadaan gas beracun dapat merusak kandungan obat.

Modul Relay

Relay berfungsi sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh NodeMCU untuk mengaktifkan atau mematikan kipas secara otomatis berdasarkan pembacaan sensor. Relay digunakan karena mampu mengontrol arus listrik yang lebih besar daripada yang mampu ditangani langsung oleh mikrokontroler.

Kipas DC

Kipas dalam sistem ini berperan sebagai aktuator yang mengatur sirkulasi udara. Ketika suhu atau konsentrasi gas melebihi ambang batas, relay akan mengaktifkan kipas secara otomatis untuk menurunkan suhu atau membuang gas berbahaya dari ruangan.

LCD I2C 16x2

LCD digunakan sebagai tampilan lokal yang menunjukkan informasi suhu, kelembapan, dan status gas di lokasi. Komunikasi I2C membuat perangkat ini lebih hemat pin dan cocok untuk digunakan dengan NodeMCU yang jumlah pinnya terbatas.

Platform Blynk

Blynk adalah aplikasi mobile IoT yang memungkinkan pengguna memantau data sensor secara real-time melalui antarmuka visual di smartphone. Dengan Blynk, pengguna bisa melihat grafik suhu, kelembapan, dan status gas tanpa harus hadir langsung di lokasi.

Aplikasi Telegram

Telegram dimanfaatkan untuk mengirimkan notifikasi otomatis saat terjadi kondisi berbahaya, seperti suhu tinggi atau gas terdeteksi. Hal ini memungkinkan pengelola apotek segera melakukan tindakan korektif walau tidak berada di tempat.

Arduino IDE

Arduino IDE digunakan untuk menulis, mengunggah, dan memprogram sistem. Bahasa pemrograman C/C++ digunakan untuk mengontrol sensor, relay, dan mengintegrasikan sistem dengan Blynk serta Telegram.

Komponen Pendukung

- Base Plate ESP8266: Mempermudah koneksi antara NodeMCU dan komponen lainnya.
- Power Supply: Memberikan daya stabil ke seluruh rangkaian.
- Kabel jumper (male-male, female-male, female-female): Untuk menghubungkan sensor, modul relay, dan kipas dengan NodeMCU secara fleksibel.

3. METODE PENELITIAN

Sistem berbasis Internet of Things (IoT) yang mengawasi gas, suhu, dan kelembapan di Apotek Waras Barokah dirancang, diimplementasikan, dan diuji melalui metode penelitian dan pengembangan (R&D). Metodologi ini mencakup beberapa tahap utama, termasuk identifikasi masalah, perancangan sistem, pengujian, dan evaluasi kinerja sistem secara menyeluruh.

Objek dan Lokasi Penelitian

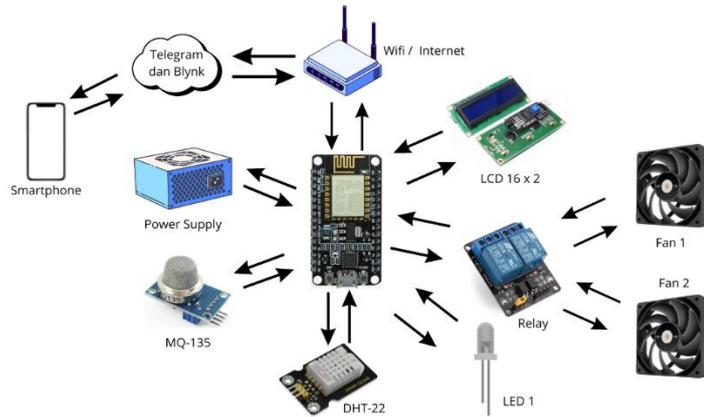
Sistem monitoring lingkungan berbasis Internet of Things (IoT) digunakan di ruang penyimpanan obat di Apotek Waras Barokah. Apotek ini terletak di kawasan perkotaan yang ramai, yang memungkinkan perubahan kondisi lingkungan yang signifikan.

Perancangan Sistem Monitoring

Perangkat sistem dirancang menggunakan pendekatan modular agar setiap komponen memiliki fungsi spesifik dan mudah dikembangkan:

- Sensor DHT22 dipilih karena kemampuannya mengukur suhu dan kelembapan sekaligus, dengan tingkat akurasi tinggi dan kestabilan data.
- Sensor MQ-135 digunakan untuk memantau kualitas udara ruangan, khususnya mendeteksi gas seperti CO₂, amonia, formaldehida, dan uap organik lainnya. Sensor ini mampu memberikan data kadar gas dalam satuan PPM (part per million).
- NodeMCU ESP8266 berperan sebagai mikrokontroler dan penghubung ke jaringan Wi-Fi. Keunggulan utamanya adalah ukurannya yang kecil, hemat daya, dan sudah terintegrasi modul Wi-Fi.
- LCD digunakan untuk menampilkan data suhu, kelembapan, dan status gas secara lokal. Hal ini memudahkan pengamatan langsung tanpa perlu membuka aplikasi.
- Modul relay digunakan sebagai sakelar elektronik untuk mengendalikan kipas DC berdasarkan sinyal digital dari mikrokontroler.
- Kipas DC 12V sebagai aktuator untuk menurunkan suhu dan mengontrol kelembapan atau mengurangi konsentrasi gas dengan meningkatkan sirkulasi udara.
- LED 1 menyala ketika terjadi kondisi darurat atau saat kipas aktif, berfungsi sebagai indikator visual tambahan bagi pengguna yang berada di lokasi.
- Blynk sebagai menampilkan data sensor secara real-time melalui grafik dan teks pada smartphone. Telegram mengirimkan pesan otomatis jika suhu, kelembapan, atau gas melebihi ambang batas.
- Power supply memberikan tegangan listrik ke semua komponen sistem, memastikan operasional sensor, relay, kipas, dan modul kontrol berjalan stabil.
- Smartphone dapat memantau kondisi ruangan melalui aplikasi Blynk serta menerima notifikasi langsung melalui Telegram. Tidak diperlukan kehadiran fisik untuk mengetahui situasi lingkungan ruangan.

Seluruh komponen ini dirangkai dan ditempatkan dalam sebuah kotak kontrol yang tahan terhadap suhu dan kelembapan.

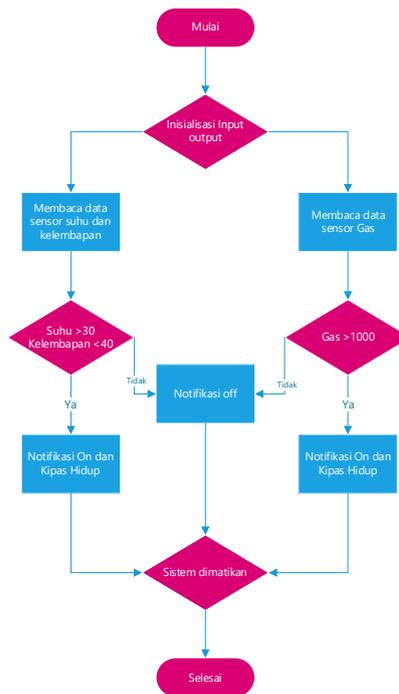


Gambar 1. Diagram Perancangan Sistem Monitoring

Diagram Blok Sistem Monitoring

Diagram alir di atas menunjukkan alur logika kerja sistem monitoring suhu, kelembapan, dan gas berbasis IoT yang dirancang untuk memantau kondisi lingkungan secara otomatis dan memberikan respons berupa notifikasi serta pengaktifan kipas jika nilai sensor melebihi ambang batas yang telah ditentukan.

Proses dimulai dari tahap inialisasi input dan output pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266, termasuk konfigurasi sensor DHT22 (untuk suhu dan kelembapan), sensor MQ-135 (untuk gas), serta perangkat output seperti kipas dan sistem notifikasi. Setelah inialisasi, sistem membaca data suhu dan kelembapan dari DHT22, serta konsentrasi gas dari MQ-135.



Gambar 3. Diagram Blok Sistem Monitoring

Penentuan Ambang Batas Sistem Monitoring

Penentuan ambang batas dalam sistem monitoring merupakan hal krusial untuk menentukan kapan sistem perlu merespons kondisi lingkungan dengan mengaktifkan aktuator dan memberikan peringatan dini. Ambang batas ini ditetapkan berdasarkan literatur teknis, standar penyimpanan farmasi, serta pengujian awal sistem yang dilakukan pada ruangan apotek. Sistem akan memantau tiga parameter utama: suhu, kelembapan, dan konsentrasi gas, dengan bantuan indikator visual berupa LED 1 untuk suhu.

- Ambang Batas Suhu

Suhu ruang penyimpanan obat idealnya dijaga pada kondisi stabil. Kenaikan suhu dapat menyebabkan degradasi senyawa aktif dalam obat. Sistem ini menetapkan suhu 30°C sebagai ambang batas atas.

- a. Batas aman: $\leq 30^{\circ}\text{C}$
- b. Batas berbahaya: $> 30^{\circ}\text{C}$
- c. Tindakan sistem:
 - Mengaktifkan kipas (Fan 2) untuk menurunkan suhu
 - Mengirimkan notifikasi otomatis ke Telegram
 - Menyalakan LED 1 sebagai indikator suhu tinggi

LED 1 berfungsi sebagai indikator lokal yang menyala secara otomatis ketika suhu melebihi ambang batas, sehingga pengguna di lokasi dapat segera menyadari kondisi ruangan tanpa melihat aplikasi.

- Ambang Batas Kelembapan

Kelembapan udara memengaruhi stabilitas fisik obat. Tingkat kelembapan yang terlalu tinggi atau rendah dapat merusak kemasan atau struktur kimia sediaan.

- a. Batas aman: 40% – 55%
- b. Batas tidak aman: $< 40\%$ atau $> 55\%$
- c. Tindakan sistem:
 - Mengaktifkan kipas (Fan 1) untuk menstabilkan kelembapan
 - Mengirimkan notifikasi ke Telegram

Pada kelembapan ekstrem, sistem hanya mengaktifkan Fan 1 tanpa menyalakan LED karena indikator visual difokuskan pada suhu yang lebih cepat memengaruhi stabilitas ruangan.

- Ambang Batas Gas

Kualitas udara dalam ruangan juga dipantau menggunakan sensor MQ-135, yang dapat mendeteksi keberadaan gas berbahaya seperti CO, CO₂, dan NH₃.

 - a. Batas aman: < 200 PPM
 - b. Bahaya: ≥ 600 PPM
 - c. Tindakan sistem:
 - Mengaktifkan kipas khusus (Fan 2) untuk membuang gas
 - Mengirimkan notifikasi peringatan ke Telegram
- Prinsip Logika Sistem

Sistem menggunakan prinsip logika berbasis kondisi (if-then) yang diatur dalam pemrograman mikrokontroler. Secara ringkas, logika kerja sistem adalah sebagai berikut:

 - a. Jika suhu > 30°C → LED 1 ON, kirim notifikasi
 - b. Jika kelembapan < 40% atau > 55% → Fan 1 ON, kirim notifikasi
 - c. Jika gas ≥ 600 PPM → Fan 2 ON, kirim notifikasi darurat
 - d. Jika semua parameter normal → Semua kipas dan indikator OFF
- Tabel Ringkasan Ambang Batas Sistem

Tabel 1. Ambang Batas Sistem

| Parameter | Batas Aman | Ambang Bahaya | Respons Sistem |
|------------|------------|------------------|-------------------------------|
| Suhu | ≤ 30°C | > 30°C | LED 1 ON, Notifikasi Telegram |
| Kelembapan | 40% – 55% | < 40% atau > 55% | Fan 1 ON, Notifikasi Telegram |
| Gas (PPM) | < 200 PPM | ≥ 600 PPM | Fan 2 ON, Notifikasi Telegram |

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Implementasi Sistem Monitoring

Sistem monitoring gas, suhu, dan kelembapan berbasis IoT telah berhasil diimplementasikan dan diuji coba di lingkungan Apotik Waras Barokah. Sistem terdiri atas NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama yang terhubung dengan sensor DHT22 untuk membaca suhu dan kelembapan, serta sensor MQ-135 untuk mendeteksi keberadaan gas berbahaya. Informasi dari sensor dikirimkan secara real-time ke aplikasi Blynk dan juga ditampilkan secara lokal melalui LCD 16x2. Selain itu, sistem juga terintegrasi dengan dua kipas (Fan 1 dan Fan 2) serta LED sebagai aktuator dan indikator otomatis.

Ketika nilai sensor melebihi ambang batas tertentu (suhu >30°C, kelembapan <40% atau >55%, gas ≥600 PPM), sistem secara otomatis mengaktifkan kipas dan

mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram. Penambahan indikator visual LED 1 untuk mendeteksi suhu tinggi juga terbukti memberikan respon visual langsung kepada pengguna di lokasi.

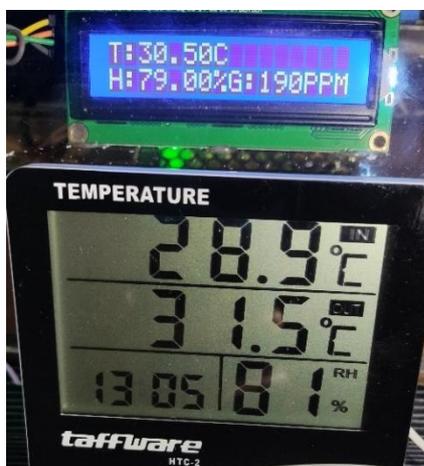


Gambar 4. Hasil Nilai DHT-22 dan MQ-135

Pengujian Sensor dan Validitas Pembacaan

Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor dengan alat ukur referensi, yaitu termometer digital dan alat pengukur kelembapan HTC-2. Selisih pembacaan suhu antara DHT22 dan alat referensi berkisar $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, sedangkan kelembapan berkisar $\pm 3\%$ RH, yang masih dalam batas toleransi normal. Hal ini membuktikan bahwa sensor yang digunakan mampu memberikan data akurat dan andal.

Sensor MQ-135 juga diuji dengan memberikan stimulus berupa asap rokok dan uap alkohol, dan menunjukkan peningkatan nilai PPM secara signifikan, melebihi ambang 600 PPM. Respons sistem berupa aktifnya kipas Fan 2 dan pengiriman pesan ke Telegram terjadi dalam waktu kurang dari 5 detik, menunjukkan bahwa sistem memiliki waktu respons yang cepat.



Gambar 5. Pengujian Sensor dan Validitas Pembacaan

Pengujian Parameter Lingkungan dan Respon Sistem

Pengujian sistem monitoring dilakukan untuk mengevaluasi performa dalam mendeteksi dan merespons tiga parameter utama: suhu, kelembapan, dan konsentrasi gas. Ketiga parameter ini dipantau menggunakan sensor DHT22 dan MQ-135, dan jika nilainya melebihi ambang batas, sistem akan merespons secara otomatis dengan mengaktifkan kipas dan mengirimkan notifikasi ke Telegram serta menampilkan data melalui Blynk.

Tabel 2. Tabel Pengujian Sistem Monitoring

| No | Suhu dan Kelembapan | Gas | LED | Kipas 1 | Kipas 2 |
|----|------------------------------|---------|-------|---------|---------|
| 1 | Suhu 26°C dan Kelembapan 52% | 180 PPM | Mati | Mati | Mati |
| 2 | Suhu 31°C dan Kelembapan 63% | 250 PPM | Nyala | Mati | Mati |
| 3 | Suhu 38°C dan Kelembapan 50% | 610 PPM | Nyala | Mati | Nyala |
| 4 | Suhu 30°C dan Kelembapan 55% | 700 PPM | Mati | Mati | Nyala |
| 5 | Suhu 28°C dan Kelembapan 54% | 300 PPM | Mati | Mati | Mati |
| 6 | Suhu 27°C dan Kelembapan 66% | 150 PPM | Mati | Nyala | Mati |

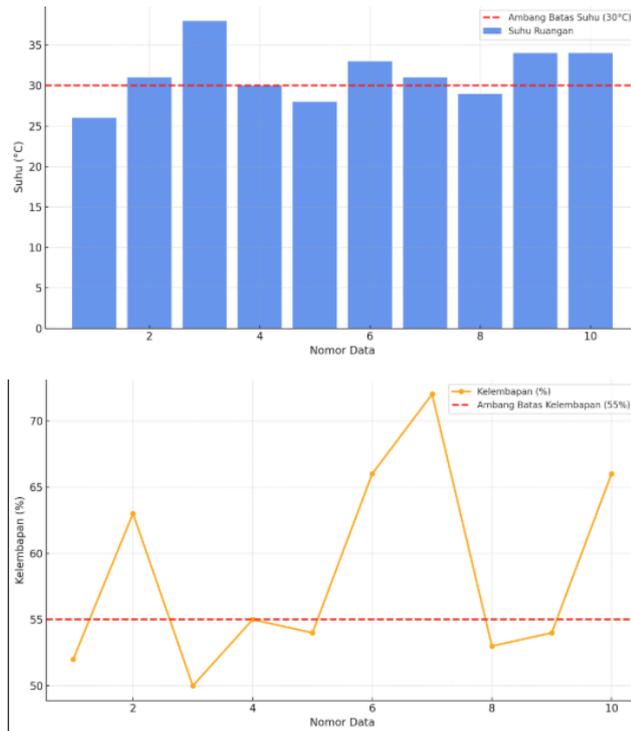
Pengujian Sensor Suhu dan Kelembapan

Sensor DHT22 secara efektif membaca suhu dan kelembapan ruangan. Saat suhu melebihi ambang 30°C atau kelembapan keluar dari rentang 40–55% RH, sistem akan:

- Mengaktifkan Fan 1 untuk menstabilkan kelembapan.
- Menyalakan LED 1 sebagai indikator suhu tinggi.
- Mengirimkan peringatan ke Telegram secara otomatis.
- Data Suhu dan Kelembapan ditampilkan di dashboard Blynk.

Hasil pengujian menunjukkan:

- Suhu dapat diturunkan dari 32.8°C ke 29.2°C dalam 3 menit.
- Kelembapan dapat dikoreksi dari 63% ke 52% dengan aktivasi kipas.
- Notifikasi diterima oleh pengguna dalam waktu < 5 detik.



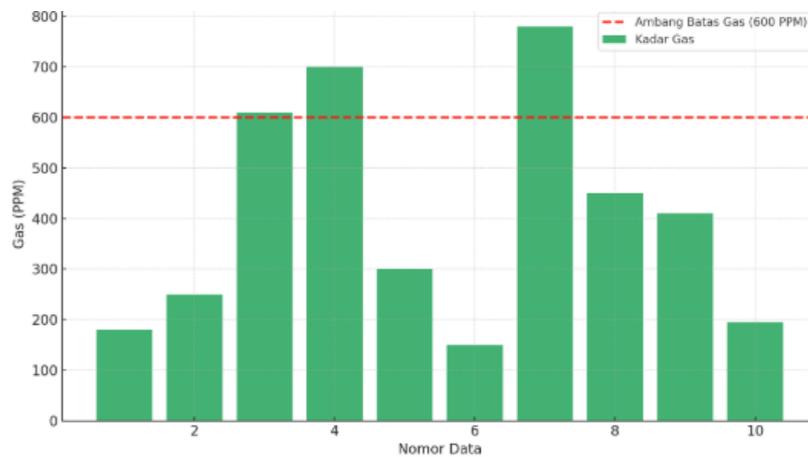
Gambar 6. Hasil Chart Nilai Suhu dan Kelembapan

Pengujian Sensor Gas

Sensor MQ-135 digunakan untuk mendeteksi keberadaan gas berbahaya seperti CO dan NH₃. Saat konsentrasi gas mencapai atau melebihi 600 PPM, sistem:

- Mengaktifkan Fan 2 untuk menyirkulasikan udara.
- Mengirimkan notifikasi darurat ke Telegram.
- Data gas ditampilkan di dashboard Blynk.

Pengujian menggunakan asap rokok menunjukkan sistem berhasil menurunkan kadar gas dari 678 PPM ke < 200 PPM dalam waktu ±3 menit.

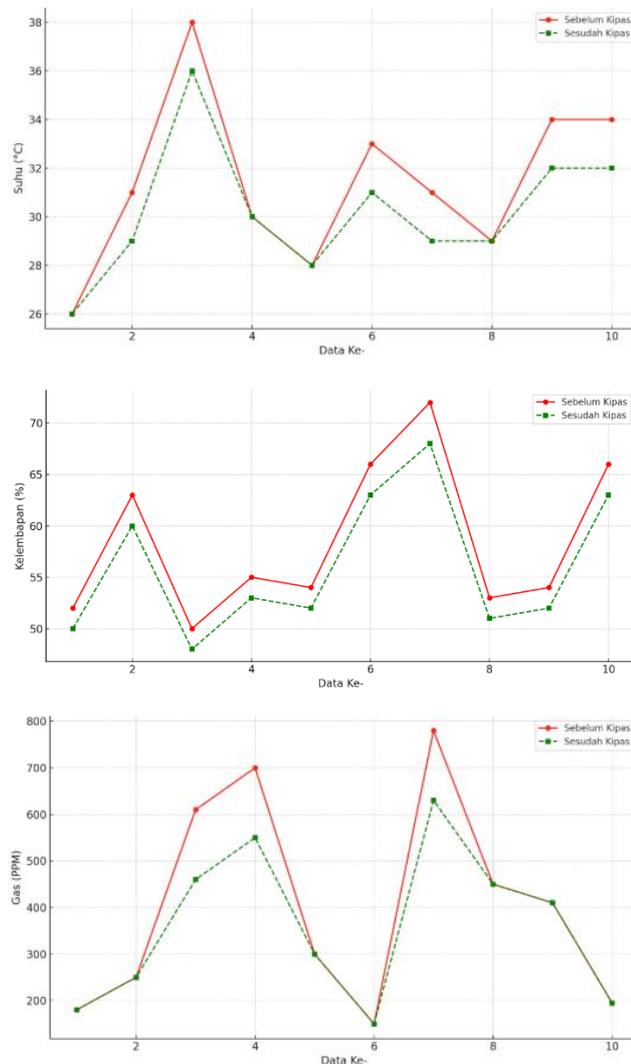


Gambar 7. Hasil Chart Nilai Gas

Pengujian Kendali Kipas Otomatis dan Efisiensi

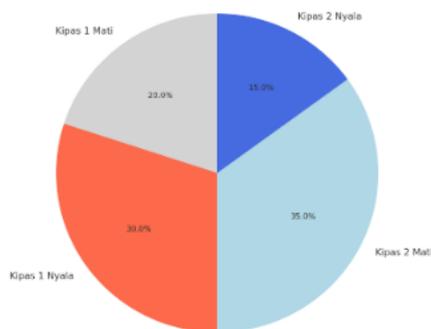
Kedua kipas dikendalikan melalui modul relay otomatis yang diatur oleh NodeMCU berdasarkan logika sensor.

- Fan 1 merespons kelembapan ekstrem.
- Fan 2 merespons lonjakan gas.
- LED 1 menyala sebagai indikator suhu tinggi di lokasi.



Gambar 8. Hasil Chart Kendali Kipas Otomatis

Sistem hanya mengaktifkan kipas saat dibutuhkan, sehingga hemat energi dan mengurangi beban perangkat. Setelah parameter kembali ke ambang normal, sistem secara otomatis mematikan kipas dan indikator, serta terus melakukan pemantauan rutin.



Gambar 8. Hasil Chart Efisiensi Kipas Otomatis

Notifikasi Telegram dan Pemantauan melalui Blynk

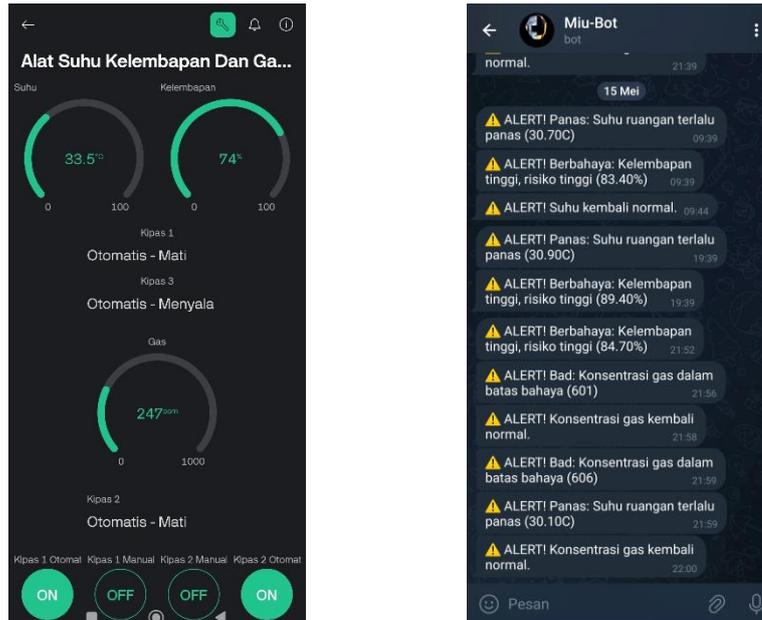
Salah satu fitur utama dari sistem monitoring ini adalah kemampuannya dalam mengirimkan peringatan otomatis melalui Telegram dan menampilkan data sensor secara real-time melalui platform Blynk. Kedua fitur ini berperan penting dalam mewujudkan sistem monitoring berbasis Internet of Things (IoT) yang dapat diakses dari jarak jauh tanpa keterlibatan manual secara langsung.

Sistem menggunakan Telegram Bot API untuk mengirimkan notifikasi dalam bentuk pesan teks saat nilai suhu, kelembapan, atau gas melebihi ambang batas yang telah ditentukan. Pengujian menunjukkan bahwa waktu pengiriman pesan dari NodeMCU ke akun Telegram pengguna kurang dari 5 detik, bahkan dalam jaringan WiFi standar. Notifikasi yang dikirim memuat informasi lengkap, seperti waktu kejadian, jenis parameter yang melebihi ambang batas, dan nilainya secara spesifik.

Selain itu, sistem juga terhubung ke aplikasi Blynk, yang memungkinkan pengguna memantau kondisi lingkungan ruangan melalui antarmuka grafis di smartphone. Data suhu, kelembapan, dan gas ditampilkan dalam bentuk angka dan grafik linier yang diperbarui secara otomatis. Aplikasi ini juga memungkinkan pengguna memantau sistem kapan saja tanpa harus berada di lokasi fisik ruangan.

Keunggulan dari fitur notifikasi dan pemantauan ini antara lain:

- Respons cepat terhadap kondisi bahaya, yang membantu pengguna mengambil tindakan preventif lebih awal.
- Akses pemantauan secara real-time, kapan pun dan di mana pun pengguna berada.
- Interaksi visual yang sederhana, sehingga dapat digunakan oleh pengguna umum tanpa pelatihan teknis khusus.



Gambar 6. Tampilan Blynk dan Telegram

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian sistem monitoring gas, suhu, dan kelembapan berbasis Internet of Things (IoT), dapat disimpulkan bahwa:

- Sistem berhasil memantau lingkungan ruangan secara real-time, dengan menggunakan sensor DHT22 untuk mendeteksi suhu dan kelembapan, serta sensor MQ-135 untuk mendeteksi keberadaan gas berbahaya.
- NodeMCU ESP8266 bekerja efektif sebagai pusat pengolahan data dan pengirim informasi ke platform Blynk dan aplikasi Telegram, yang memungkinkan pemantauan dan peringatan dari jarak jauh.
- Aktuator berupa kipas yang dikendalikan oleh relay mampu merespons secara otomatis terhadap kondisi lingkungan yang melebihi ambang batas, dan berkontribusi dalam menjaga kestabilan suhu, kelembapan, serta kualitas udara.
- Notifikasi melalui Telegram berjalan dengan cepat dan akurat, memberikan peringatan dini yang sangat membantu dalam proses pengambilan keputusan.
- Sistem memberikan dampak nyata dalam menurunkan suhu, menstabilkan kelembapan, dan menjaga kualitas udara di ruang penyimpanan obat di Apotik Waras Barokah.

Dengan hasil tersebut, sistem ini terbukti layak dan potensial untuk diterapkan tidak hanya di apotek, tetapi juga pada fasilitas kesehatan lain yang membutuhkan kontrol lingkungan ruangan.

Saran

- Penyempurnaan sistem dapat dilakukan dengan menambahkan fitur logging data agar pengguna dapat melihat histori suhu, kelembapan, dan gas dalam jangka waktu tertentu untuk kepentingan audit atau analisis.
- Integrasi sensor tambahan seperti sensor asap atau sensor tekanan udara akan memperluas cakupan monitoring, terutama pada ruangan dengan risiko lebih tinggi.
- Peningkatan sistem keamanan data dan jaringan perlu dipertimbangkan, mengingat konektivitas berbasis internet rawan terhadap gangguan eksternal.
- Sistem ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan dashboard berbasis web sebagai alternatif tambahan dari Blynk, yang lebih fleksibel untuk integrasi multi-ruangan.
- Skalabilitas sistem dapat diperluas ke lebih dari satu ruangan dengan menambahkan jumlah sensor dan NodeMCU untuk cakupan monitoring yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi dalam proses penyusunan dan penyelesaian penelitian ini. Ucapan terima kasih khusus disampaikan kepada:

- Dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan arahan selama proses penelitian hingga penyusunan artikel ini;
- Tim penguji dan kaprodi, atas saran dan evaluasi yang membangun;
- Apotik Waras Barokah, yang telah memberikan izin dan fasilitas untuk melakukan studi kasus serta pengujian sistem secara langsung;
- Rekan-rekan dan keluarga, atas dukungan moral, semangat, dan doa yang terus mengiringi selama proses penelitian berlangsung.

Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi monitoring lingkungan berbasis IoT, khususnya di bidang farmasi dan kesehatan.

DAFTAR REFERENSI

- Abdurrohman, R. M., & Barriyah, K. (2023). Prototipe monitoring suhu dan kelembapan ruangan produksi berbasis IoT dengan NodeMCU. *PROTEKTIF*, 4(2), 447–455.
- Akbar, F., & Sugeng, S. (2021). Implementasi sistem monitoring suhu dan kelembapan ruangan produksi obat non steril dengan IoT menggunakan Wemos ESP32 D1 R32. *Sigma Elektro*, 14(3), 84–94.
- Amir, B. (2024). Reinforced Air monitoring in work space: Air monitoring. MAEH Kalimantan MAB.
- Aspriyono, H., Saputra, N., & Rohmawan, E. P. (2024). Penerapan wireless sensor network untuk monitoring suhu, kelembapan, dan gas menggunakan pressure transmitter berbasis NodeMCU. *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, 3(4), 109–117.
- Diantoro, K. (2020). Implementasi sensor MQ-4 dan sensor DHT22 pada sistem kompos gas dan monitoring suhu berbasis IoT. *eProsiding Teknik Informatika*, 6(2).
- Ginting, B. P., Setiawan, D., & Yakub, S. (2024). Implementasi IoT pada ruang tangki penyimpanan obat berbasis ESP8266. *Jurnal Ilmiah Komputer Grafis*, 17(1), 149–158.
- Hasyim, F., & Suharjo, I. (2024). Sistem notifikasi monitoring kualitas udara dalam ruangan produksi berbasis IoT menggunakan ESP8266. *Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 2(6), 238–243.
- Jauhari, M. R., Eliza, F., Candra, O., & Mukhaiyar, R. (2024). The design of carbon monoxide gas control systems in rooms based on IoT. *Jurnal Teknik Elektro Indonesia (JTEIN)*, 5(1), 234–242.
- Maulana, A. (2024). Sistem monitoring smarthome berbasis Node-RED dan Bot WhatsApp menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. *Scientica: Jurnal Sains*, 2(2), 176–183.
- Nurzaman, Z., & Hidayatulloh, S. (2023). Rancang bangun sistem pendeteksi kebocoran gas menggunakan sensor DHT22 dan mikrokontroler NodeMCU. *CHIPSET*, 3(1), 32–44.
- Rachman, T. (2021). Sistem monitoring kualitas udara pada lingkungan perumahan Kecamatan Taman Sari Jakarta Barat. *Jurnal Sosial Teknologi*, 1(9), 1021–1028.
- Richo, A., Naibaho, M. R., & Lestari, M. W. (2024). Rancang bangun sistem monitoring ruangan penyimpanan obat berbasis Internet of Things (IoT) di Puskesmas. *Pixel: Jurnal Ilmiah Komputer*, 14(1), 89–97.
- Saputra, F., Suchendra, D. R., & Sani, M. I. (2020). Implementasi sistem sensor DHT22 untuk menstabilkan suhu dan kelembapan berbasis mikrokontroler NodeMCU ESP8266. *SUDO: Jurnal Teknik Informatika*, 1(3), 136–144.
- Satria, B. (2022). IoT monitoring suhu dan kelembapan udara dengan NodeMCU secara realtime. *Jurnal ICTEE*, 4(2), 29–36.

- Satryawan, M. A., & Susanti, E. (2023). Perancangan alat pendeteksi kualitas udara dan penetralisir asap rokok pada ruangan dengan fitur monitoring suhu dan kelembaban. *TEKNIKA*, 6(2), 410–419.
- Silalahi, F. D., Dian, J., & Setiawan, N. D. (2021). Implementasi Internet of Things (IoT) pada penetas telur otomatis menggunakan metode Fuzzy Sugeno berbasis IoT. *Blend: Jurnal Teknik Komputer*, 13(2), 62–68.
- Tyas, U. M., & Buckhari, A. A. (2023). Implementasi aplikasi Arduino IDE pada mata kuliah sistem digital. *TEKNOS: Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 1(1), 1–9.
- Utami, F. A. T., Kasoep, W., & Novani, N. P. (2022). Prototype sistem pendeteksi dan monitoring suhu, kelembapan, dan gas amonia pada kandang sapi pintar berbasis IoT (SIKOMPI). *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi*, 1(1), 1–9.
- Yoal, H., Dirgantara, W., & Subairi, S. (2023). Monitoring suhu dan kelembaban pada ruangan produksi berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP8266. *JUPITER: Jurnal Penelitian Ilmu dan Sains*, 2(2), 176–183.