



Implementasi Sistem Pemantauan Kualitas Udara Berbasis IoT Menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Telegram

Mila Astuti¹, Rizal Rachman²

^{1,2}Universitas Adhirajasa Reswara Sanjaya, Bandung

Email: millamil464@gmail.com, rizalrachman@ars.ac.id

Abstrak

Kualitas udara dalam ruangan menjadi faktor penting yang memengaruhi kesehatan penghuni, terutama di ruang tertutup dengan ventilasi terbatas dan paparan polusi seperti asap rokok. Sistem pemantauan manual dinilai kurang efektif karena tidak memberikan informasi secara real-time. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemantauan kualitas udara berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor gas MQ-2 yang dilengkapi notifikasi melalui aplikasi Telegram serta tampilan data pada LCD I2C. Metode penelitian mencakup analisis kebutuhan, desain sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, hingga evaluasi performa sistem. Sensor MQ-2 digunakan untuk mendeteksi kadar gas berbahaya, sedangkan modul RTC DS3231 sebagai penunjuk waktu. Hasil menunjukkan bahwa rata-rata waktu respons notifikasi sebesar 5,27 detik, waktu pembaruan layar LCD 7,30 detik, dan akurasi pembacaan sensor sebesar 44,9%. Berdasarkan log otomatis setiap 15 menit, rata-rata kualitas udara tercatat sebesar 55%. Sistem yang dikembangkan terbukti mampu menyajikan informasi secara cepat, akurat, dan real-time, sehingga dapat menjadi solusi efektif untuk pemantauan kualitas udara dalam ruangan.

Kata Kunci : Kualitas Udara Dalam Ruangan, Internet Of Things, Nodemcu ESP8266, Sensor MQ-2, Telegram Bot

PENDAHULUAN

Dalam rangka menjaga kesehatan masyarakat, sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan menjadi sangat penting. Kualitas udara merujuk pada sejauh mana campuran berbagai gas dan polusi yang dapat dihirup oleh manusia. Udara dalam ruangan dapat tercemar oleh asap rokok, bahan kimia, atau aktivitas rumah tangga lainnya, sehingga memerlukan perangkat keras yang mampu memantau secara real-time untuk memperoleh data akurat. Dengan kemajuan teknologi elektronika, sistem pemantauan kini dapat dikontrol dari jarak jauh secara real-time menggunakan konsep Internet of Things (IoT), teknologi yang memungkinkan perangkat fisik saling terhubung dan berkomunikasi melalui internet tanpa interaksi langsung manusia. Pemantauan kualitas udara berbasis IoT telah terbukti efektif dalam memberikan data secara kontinu dan otomatis sehingga pengguna dapat lebih mudah menjaga kesehatan udara di sekitarnya (Pebralia et al., 2024; Muttaqin et al., 2024).

Penerapan IoT telah memberikan kontribusi besar dalam berbagai bidang, termasuk sistem keamanan dan rumah pintar. Salah satu modul yang sering digunakan dalam pengembangan sistem berbasis IoT adalah NodeMCU ESP8266, mikrokontroler berbiaya rendah namun efisien dalam mengontrol perangkat dan berkomunikasi melalui Wi-Fi. Modul ini dilengkapi dengan port micro-USB untuk pemrograman dan catu daya serta tombol reset dan flash. Penggunaan ESP8266 sebagai penghubung antara mikrokontroler dan jaringan Wi-Fi memungkinkan perangkat untuk terintegrasi dengan smartphone dan aplikasi pendukung seperti Telegram. Banyak penelitian menggunakan modul ESP8266 dalam sistem monitoring kualitas udara karena kemudahan integrasi dan komunikasi real-time yang dimilikinya (Rumampuk, 2022; Putro, 2023).

Sensor MQ-2 adalah komponen penting dalam sistem pemantauan kualitas udara. Sensor ini dapat mendeteksi keberadaan gas karbon monoksida dan asap rokok dengan sensitivitas tinggi serta waktu respon cepat. Output sensor berupa sinyal analog yang kemudian diproses oleh mikrokontroler. Selain itu, modul RTC (Real Time Clock) juga digunakan dalam sistem ini untuk memberikan informasi waktu yang akurat, bahkan saat perangkat dimatikan, karena adanya baterai cadangan. Sensor MQ-2 banyak dimanfaatkan pada proyek monitoring kualitas udara untuk deteksi asap dan gas berbahaya, menunjukkan keandalan sensor ini dalam berbagai aplikasi (Putro, 2023).

Integrasi dengan platform Telegram memungkinkan sistem mengirimkan notifikasi otomatis kepada pengguna. Telegram menggunakan protokol MTProto yang menghadirkan enkripsi end-to-end sehingga aman dipakai dalam sistem

monitoring. Telegram Bot API memungkinkan pembuatan bot yang dapat memberikan respons otomatis terhadap kondisi tertentu, seperti peningkatan kadar gas berbahaya. Beberapa penelitian telah mengembangkan sistem monitoring yang memanfaatkan Telegram sebagai media notifikasi real-time, yang memudahkan pemantauan jarak jauh dan respons cepat terhadap perubahan kualitas udara (Hasyim, 2024; Istiyanto, 2023).

Penelitian ini memiliki kebaruan dan urgensi karena mengintegrasikan sensor MQ-2, modul NodeMCU ESP8266, dan RTC dalam satu sistem yang mampu memantau kualitas udara dalam ruangan secara real-time dengan notifikasi melalui aplikasi Telegram. Pendekatan ini memberikan solusi hemat biaya dan efisien untuk deteksi polutan berbahaya, khususnya di area yang rentan oleh asap rokok dan polusi udara dalam ruangan. Dengan meningkatnya kesadaran akan pentingnya kualitas udara dalam menjaga kesehatan, pengembangan sistem berbasis IoT yang mudah diakses dan dipantau jarak jauh sangat dibutuhkan sebagai langkah pencegahan risiko kesehatan akibat paparan jangka panjang terhadap polutan udara berbahaya (Pebralia et al., 2024; Waworundeng, 2018).

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan model ADDIE (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation) sebagai metode pengembangan sistem pemantauan kualitas udara dalam ruangan berbasis Internet of Things (IoT) dengan integrasi Telegram Bot. Metode ADDIE dipilih karena merupakan model desain instruksional yang sistematis, terstruktur, dan cocok untuk pengembangan sistem teknologi informasi, termasuk sistem IoT seperti yang dikembangkan dalam penelitian ini. Pendekatan ADDIE memungkinkan proses pengembangan sistem secara bertahap dan terukur, sehingga memudahkan evaluasi di setiap tahapannya.



Gambar 1. Diagram Metode ADDIE Sumber : (Rachma et al., 2023)

1. Tahapan Penelitian

Model ADDIE terdiri dari lima fase utama: Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi, dan Evaluasi. Berikut penjelasan masing-masing tahap:

a. Analisis

Pada tahap analisis, dilakukan identifikasi kebutuhan pengguna dan masalah yang ingin diselesaikan melalui pengembangan sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT. Fokus utama pada tahap ini adalah menentukan objek penelitian, yaitu ruangan rumah dengan risiko tinggi paparan polusi udara, serta merancang solusi berupa sistem pemantauan otomatis yang dapat memberikan notifikasi real-time melalui aplikasi Telegram. Selain itu, dilakukan juga studi literatur dan telaah terhadap penelitian sebelumnya untuk mendukung perancangan sistem yang optimal.

b. Desain

Tahap desain mencakup kegiatan perancangan fisik perangkat yang akan dikembangkan. Pada tahap ini, penyusunan rangkaian dilakukan mempertimbangkan Penggabungan NodeMCU ESP8266 dengan komponen lainnya, sensor MQ-2, dan komponen pendukung lainnya. Selain itu, desain antarmuka pengguna juga dirancang agar memudahkan pengguna dalam mengatur dan memantau kondisi kualitas udara dalam ruangan secara efisien dan optimal.

c. Pengembangan

Dalam tahap pengembangan, sistem dibuat dalam bentuk prototipe yang melibatkan dua aspek utama: perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras dirakit menggunakan NodeMCU ESP8266, sensor MQ-2, modul RTC, dan LCD I2C. Pemrograman perangkat lunak dilakukan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C++, termasuk integrasi API Telegram Bot untuk kemampuan notifikasi dan kontrol jarak jauh. Setelah sistem dirakit, dilakukan pengujian awal untuk memastikan komunikasi antar-komponen berjalan lancar dan tidak ada kesalahan logika atau konektivitas.

d. Implementasi

Setelah melewati tahap pengembangan, sistem diterapkan pada lingkungan nyata, yaitu ruangan rumah. NodeMCU dihubungkan ke jaringan WiFi dan sistem mulai bekerja untuk mendeteksi kualitas udara secara real-time. Pengguna dapat mengontrol sistem melalui aplikasi Telegram, baik secara manual maupun otomatis. Data hasil pembacaan sensor ditampilkan langsung pada layar LCD dan dikirimkan ke pengguna via notifikasi telegram.

Sistem juga dilengkapi fitur status kualitas udara yang dapat diakses kapan saja melalui Telegram, sehingga meningkatkan fleksibilitas dan efisiensi dalam pemantauan kualitas udara.

e. Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk menilai performa sistem secara menyeluruh, termasuk akurasi sensor, responsifitas notifikasi, stabilitas koneksi internet, serta ketepatan waktu sinkronisasi. Data dikumpulkan selama masa uji coba, dan dianalisis untuk mengevaluasi apakah sistem memenuhi kriteria yang ditetapkan. Jika ditemukan kendala, maka dilakukan perbaikan atau penyesuaian untuk meningkatkan kinerja sistem. Hasil evaluasi menjadi dasar untuk rekomendasi pengembangan lebih lanjut.

2. Alat dan Bahan Penelitian

Untuk membangun sistem pemantauan kualitas udara berbasis IoT ini, digunakan beberapa alat dan bahan utama yang telah dirancang sedemikian rupa agar sistem dapat berfungsi secara maksimal. Beberapa alat dan bahan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut:

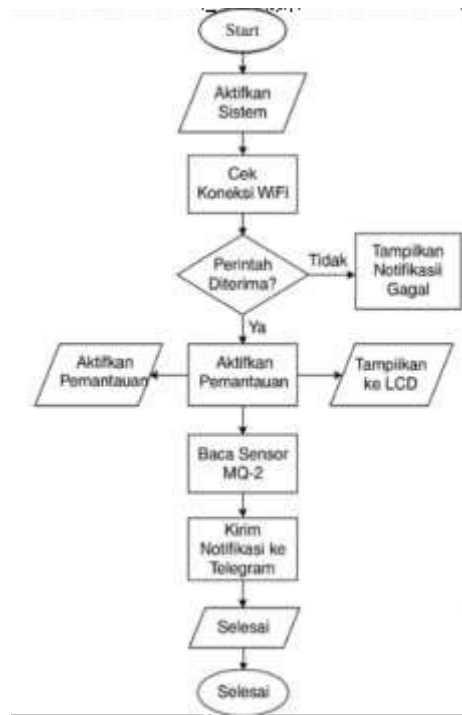
Tabel 1. Alat Yang Gunakan

No	Nama Alat	Jumlah
1	Laptop	1 pcs
2	Tang serbaguna	1 pcs
3	Obeng	1 pcs
4	Pengaris	1 pcs
5	Pisau	1 pcs

Tabel 2. Bahan Yang Gunakan

No	Nama Alat	Jumlah
1	NodeMCU ESP8266	1 pcs
2	Kabel Jumper	13 pcs
3	Sensor Mq-2	1 pcs
4	NodeMcu Base	1 pcs
5	Model RTC DS3231	1 pcs
6	LCD Display 16x2	1 pcs
7	Handphone	1 pcs

Alur kerja sistem dimulai dari aktivasi perangkat, koneksi ke jaringan WiFi, lalu pengambilan data dari sensor MQ-2. Data yang diperoleh akan diproses oleh NodeMCU dan ditampilkan pada LCD I2C serta dikirim ke aplikasi Telegram secara real-time. Proses tersebut digambarkan dalam Gambar , yang menunjukkan bagaimana sistem bekerja secara keseluruhan.



Gambar 2. Alur Sistem Kerja Sistem Otomatis Kualitas Udara

Ketika alat diaktifkan, sistem akan secara otomatis mencari dan menghubungkan diri ke jaringan WiFi yang telah dikonfigurasi sebelumnya. Setelah koneksi internet berhasil, sistem akan menjalankan bot Telegram yang telah diprogram untuk mengendalikan dan memantau kualitas udara dalam ruangan rumah. Pada bagian ini, sistem akan menunggu perintah dari pengguna melalui aplikasi Telegram. Jika tidak ada perintah yang diterima, maka sistem akan menampilkan notifikasi bahwa perintah gagal diproses. Apabila perintah diterima, pengguna akan diarahkan ke menu utama bot Telegram yang menampilkan beberapa pilihan, seperti melihat status kualitas udara, mengaktifkan sistem pemantauan otomatis, atau mematikan sistem. Jika pengguna memilih mode otomatis, sistem akan langsung memantau kualitas udara mengacu pada data yang diperoleh dari sensor gas MQ-2 dan RTC DS3231. Data ini akan digunakan untuk mendeteksi tingkat polusi atau kandungan gas tertentu dalam ruangan. Jika kualitas udara berada di luar batas aman yang telah diprogramkan, maka sistem akan mengirimkan notifikasi secara otomatis ke Telegram yang berisi informasi status udara. Selain itu, status tersebut juga akan ditampilkan pada LCD Display 16x2 secara real-time. Dalam mode manual, pengguna dapat langsung meminta data kualitas udara kapan saja melalui perintah Telegram tanpa menunggu sistem memantau secara otomatis. Seluruh data dan status akan dikirim kembali ke pengguna melalui notifikasi Telegram. Proses tersebut dibuat untuk memberikan kenyamanan bagi pengguna dalam memantau dan menjaga kualitas udara dalam rumah secara efisien, fleksibel, dan real-time, baik saat berada di rumah maupun dari jarak jauh.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian mengenai sistem pemantauan kualitas udara yang terintegrasi dengan aplikasi Telegram mencakup pelaksanaan serangkaian eksperimen dan pengujian melalui simulasi serta implementasi langsung pada ruangan rumah. Aspek responsivitas sistem dibahas secara rinci untuk menunjukkan sejauh mana sistem mampu merespons kondisi ruangan. Data yang diperoleh selama proses pengujian memberikan gambaran menyeluruh mengenai kinerja sistem penyiraman otomatis yang dikendalikan melalui aplikasi Telegram.

1. Analisis

Dari hasil analisis yang dilakukan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dirancang mampu memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengontrol perangkat IoT secara remote dengan efisien. Selain itu, analisis juga menunjukkan adanya kebutuhan pengguna terhadap sistem yang hemat waktu dan mudah dioperasikan, bahkan tanpa memerlukan keahlian teknis yang kompleks. Metode yang digunakan dalam penelitian ini mengadopsi pendekatan eksperimental, dengan melakukan uji coba secara langsung terhadap perangkat keras maupun perangkat lunak yang telah dirancang. Fokus pengujian terletak pada pengaturan otomatis status ruangan yang dikontrol berdasarkan waktu melalui antarmuka Telegram. Studi ini juga mengidentifikasi beberapa tantangan, seperti ketergantungan terhadap koneksi internet dan potensi risiko keamanan sistem, yang memerlukan pengujian lebih lanjut guna memastikan performa sistem tetap stabil dan aman digunakan.

2. Desain

Rancangan awal sistem kontrol divisualisasikan melalui gambar simulasi yang menggambarkan instalasi pendeteksi kualitas udara. Sistem otomatis ini dapat diterapkan tanpa perlu membuat instalasi baru secara terpisah, cukup dengan menyesuaikan atau memodifikasi rangkaian dasar yang sudah ada sebelumnya.



Gambar 3. Rangkaian Instalasi Sistem

3. Pengembangan

Setelah desain rangkaian selesai dibuat, tahap selanjutnya dalam proses pengembangan adalah merancang dan mengunggah program ke dalam NodeMCU ESP8266. Berikut ditampilkan gambar program yang telah diunggah.



Gambar 4. Code Pemrograman

Program dikembangkan menggunakan Arduino IDE dengan bahasa C++. Struktur logika yang diterapkan dalam sistem bertujuan untuk:

- Membaca nilai dari sensor MQ-2
- Mengolah data menjadi status kualitas udara (baik/buruk)
- Menyimpan data beserta waktu menggunakan modul RTC
- Menampilkan hasil pada LCD I2C
- Mengirimkan notifikasi ke Telegram secara

4. Implementasi

Setelah semua komponen siap, langkah berikutnya adalah tahap implementasi, yang meliputi proses perakitan serta uji coba awal terhadap perangkat yang telah dirancang sebelumnya. Gambar berikut menampilkan rangkaian sistem yang telah dirakit.



Gambar 5. Rangkaian Utuh Hasil Dari Perancangan Sistem Pemantauan

kualitas udara berbasis aplikasi Telegram ini berfungsi sesuai dengan logika pemrograman yang telah disusun pengembangan awal dilakukan dengan memanfaatkan bahasa C++ melalui Arduino IDE. Struktur logika yang diterapkan

dalam sistem tersebut bertujuan untuk sistem ini merupakan rancangan kontrol input dari sensor MQ-2 terhadap keseluruhan sistem.

5. Evaluasi

Pengujian sistem pemantauan kualitas udara berbasis NodeMCU dan aplikasi Telegram dilakukan untuk mengevaluasi kecepatan respon sistem dalam menampilkan kondisi udara di dalam ruangan. Uji coba dilakukan sebanyak 10 kali untuk masing-masing kondisi udara, baik

a. Waktu Respon Notifikasi Telegram

Dari hasil pengujian diperoleh bahwa rata-rata waktu respon sistem dalam menampilkan status udara melalui Telegram adalah sekitar 5 detik. Detail hasil pengujian waktu respon sistem dapat dilihat pada Tabel 3 berikut: kategori udara baik maupun buruk, melalui antarmuka Telegram.

Tabel 3. Waktu Respon Notifikasi Telegram

No	Kondisi	Waktu Respon (Detik)
1	Udara Buruk	07.45
2	Udara Baik	04.30
3	Udara Buruk	02.89
4	Udara Baik	06.84
5	Udara Buruk	02.11
6	Udara Baik	07.76
7	Udara Buruk	03.45
8	Udara Baik	08.02
9	Udara Buruk	02.00
10	Udara Baik	07.90
Rata-Rata		5,27

b. Pembacaan Sensor MQ-2

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh rata-rata pembacaan kadar kualitas udara sebesar 44,9%. Sensor ini mampu mengklasifikasikan kondisi udara menjadi baik atau buruk sesuai dengan ambang batas yang telah ditetapkan. Rincian hasil pengujian sensor gas MQ2 dalam Tabel 4 beri

Tabel 4. Pembacaan Sensor MQ-2

No	Kondisi	Waktu Respon (Detik)
1	Udara Buruk	23
2	Udara Buruk	25
3	Udara Buruk	30
4	Udara Buruk	70
5	Udara Buruk	65
6	Udara Baik	41
7	Udara Baik	51
8	Udara Baik	48
9	Udara Baik	47
10	Udara Baik	49
Rata-Rata		44,9%

c. Waktu Respon Tampilan LCD Pengujian dilakukan untuk menilai kecepatan respons LCD I2C dalam menampilkan pembaruan data setelah sensor membaca kualitas udara. Rata-rata waktu respons LCD adalah 7,30 detik. Detail hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Waktu Respon Tampilan Lcd

No	Kondisi	Kualitas Udara (%)	Waktu Pembaharuan (Detik)
1	Udara Baik	42	10.00
2	Udara Baik	55	08.03
3	Udara Baik	60	06.07
4	Udara Buruk	71	05.07
5	Udara Baik	45	09.09
6	Udara Buruk	64	05.11
7	Udara Baik	40	06.03
8	Udara Buruk	67	11.09
9	Udara Buruk	66	05.06
10	Udara Buruk	63	09.01
Rata-Rata			7,46

d. Log Kualitas Udara Tiap 15 Menit.

Pengujian log kualitas udara dilakukan setiap 15 menit untuk melihat pola fluktuasi udara. Rata-rata kualitas udara selama periode pengujian adalah 55%. Rincian hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 6 berikut:

Tabel 6. Kualitas Udara Log

No	Waktu	Status Udara	Kualitas Udara (%)
1	08.15	Udara Buruk	66
2	08.30	Udara Baik	43
3	09.00	Udara Buruk	69
4	11.15	Udara Baik	44
5	11.30	Udara Buruk	90
6	11.45	Udara Baik	56
7	13.15	Udara Buruk	77

8	13.30	Udara Baik	52
9	14.30	Udara Buruk	61
10	14.15	Udara Baik	47
Rata-Rata			

e. Ringkasan Hasil Evaluasi

Berdasarkan sejumlah Nilai rata-rata yang diperoleh dari serangkaian pengujian waktu respons dari masing-masing aspek yang diuji. Temuan ini memberikan ilustrasi mengenai kinerja sistem dalam merespons perintah serta mengirimkan notifikasi melalui aplikasi Telegram. Rangkuman dari rata-rata waktu respons secara keseluruhan ditampilkan dalam Tabel 7 berikut:

Tabel 7. Hasil Rata-Rata Sistem

No	Jenis Pengujian	Hasil Rata-Rata
1	Waktu Respon Notifikasi Telegram	5,27
2	Pembacaan Sensor MQ-2	44,9%
3	Waktu Respon Tampilan LCD	7,46
4	Kualitas Udara (Log 15 Menit)	60,5%

Nilai rata-rata yang diperoleh dari serangkaian pengujian waktu respon dari masing-masing bagian sistem pemantauan kualitas udara menggunakan NodeMCU dan Telegram. Pada pengujian notifikasi Telegram, sistem mampu memberikan respon rata-rata dalam waktu 5,27 detik, sedangkan waktu respon pembaruan tampilan LCD berada pada angka 7,30 detik. Untuk pengujian pembacaan sensor MQ2, rata-rata kualitas udara yang terdeteksi adalah 44,9%, dan dari log notifikasi otomatis setiap 15 menit, diperoleh rata-rata kualitas udara sebesar 55%. Secara keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu merespons kondisi lingkungan secara cepat dan akurat, baik melalui notifikasi Telegram maupun tampilan langsung di LCD. Kecepatan respon sistem sangat bergantung pada kestabilan koneksi internet yang digunakan oleh NodeMCU. Semakin stabil dan cepat koneksi internet, maka waktu respon sistem juga akan semakin optimal

KESIMPULAN

Kesimpulan berikut diperoleh berdasarkan proses penelitian dan pengembangan sistem pemantauan kualitas udara yang mengandalkan teknologi IoT dan koneksi ke aplikasi Telegram:

1. Sistem pemantauan kualitas udara yang dikembangkan dengan menggunakan NodeMCU, sensor MQ-2, modul RTC DS3231, serta LCD I2C terbukti dapat beroperasi dengan baik. Dari hasil pengujian, diketahui bahwa waktu rata-rata respons sistem dalam menampilkan notifikasi melalui Telegram serta memperbarui data dari sensor MQ-2, LCD, dan RTC berkisar 6,9 detik. Sistem ini juga mampu menyajikan informasi kualitas udara secara langsung (real-time) kepada pengguna.
2. Selama pengujian berlangsung, sistem menunjukkan kinerja yang stabil dan handal. NodeMCU dapat terhubung dengan lancar ke jaringan internet serta berkomunikasi secara efektif dengan aplikasi Telegram tanpa mengalami gangguan koneksi yang berarti. Sistem mampu menjalankan fungsi pemantauan dan pengiriman notifikasi secara konsisten.
3. Pemanfaatan telegram digunakan sebagai media kontrol yang mampu menyediakan kemudahan dan kenyamanan bagi pengguna dalam melakukan pemantauan kualitas udara secara jarak jauh. Fitur notifikasi yang dikirimkan secara otomatis maupun berkala memungkinkan pengguna menerima informasi secara cepat, sehingga meningkatkan fleksibilitas serta efisiensi dalam pengelolaan kondisi udara di dalam ruangan.

DAFTAR PUSTAKA

- AbdulWahhab, K. J., Jetly, J., & Shakir, S. (2021). Indoor air quality monitoring systems: A comprehensive review of different IAQM systems. *International Journal of Knowledge-Based Organizations (IJKBO)*, 11(3), 1–14.
- Aini, A. H., Saragih, Y., & Hidayat, R. (2022). Rancang bangun smart system pada kandang ayam menggunakan mikrokontroler. *JTPG (Jurnal Teknologi Pertanian Gorontalo)*, 7(1), 27–35.
- A'yun, I. Q., & Umaroh, R. (2023). Polusi udara dalam ruangan dan kondisi kesehatan: Analisis rumah tangga Indonesia. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan Indonesia*, 22(1), 2.
- Akbar, M. R. A., Priatna, E., & Taufiqurrahman, I. (2022). Monitoring kualitas udara menggunakan NodeMCU ESP8266 berbasis Internet of Things (IoT) di Ciamis. *E-JOINT (Electronica and Electrical Journal of Innovation Technology)*, 3(2), 73–78.
- Damanik, M. T., Sumarno, S., Kirana, I. O., Gunawan, I., & Irawan, I. (2022). Sistem monitoring alat pendeteksi kebisingan suara di perpustakaan Stikom Tunas Bangsa Pematangsiantar berbasis mikrokontroler Arduino Uno. *Jurnal Penelitian Inovatif*, 2(1), 79–86.
- Ermawita, E., Siregar, H. L., Fauzi, R., & Nasution, H. N. (2024). Sistem monitoring, kontrol suhu, kelembapan, kualitas udara pada ruang NICU berbasis IoT. *Jurnal Education and Development*, 12(3), 350–358.
- Fathoni, A. N., & Khotimah, K. (2023). Rancang bangun smart home berbasis IoT menggunakan Telegram Messenger Bot dan NodeMCU ESP 32. *TELKA–Jurnal Telekomunikasi, Elektronika, Komputasi dan Kontrol*, 9(1), 34–43.
- Hasyim, F., & Suharjo, I. (2024). Sistem notifikasi monitoring kualitas udara dalam ruangan produksi berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP8266. *Pixel: Jurnal Ilmiah Komputer Grafis*, 17(1), 149–158.
- Hasyim, M. (2024). Integrasi sistem monitoring kualitas udara dengan aplikasi Blynk dan Telegram. *Jurnal Rekayasa Sistem*, 8(1), 80–88.
- Ikhsyan, M. N., & Nopriadi, N. (2022). Perancangan smart aquarium berbasis Internet of Things (IoT). *Computer and Science Industrial Engineering (COMASIE)*, 7(5), 100–109.
- Istiyanto, I. (2023). Pemanfaatan Telegram Bot API dalam sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 7(2), 95–104.
- Istiyanto, I., Solehudin, R., Nofarenzi, Y., & Setiyorini, T. (2022). Alat pendeteksi dini kebocoran gas LPG dengan sensor MQ2 dan sensor api berbasis IoT menggunakan NodeMCU. *Jurnal Infotech*, 4(1), 1–8.
- Ispianto, F. F., Suratman, F. Y., & Pramudita, B. A. (2022). Prototipe sistem monitoring rumah kaca pada parameter tanaman tomat terkendali berbasis IoT. *eProceedings of Engineering*, 9(5).
- Muttaqin, F., Hidayat, R., & Santoso, W. (2024). Perancangan sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan berbasis Internet of Things. *Jurnal Informatika Unsrat*, 9(2), 123–130.
- Pebralia, D., Sari, R., & Wulandari, A. (2024). Penerapan teknologi Internet of Things (IoT) untuk sistem monitoring kualitas udara dalam ruangan. *Jurnal Sistem dan Teknologi Informasi*, 12(1), 45–58.
- Putri, N. A. Z., Ristian, U., & Hidayati, R. (2024). Sistem deteksi dan pemantauan kualitas udara dalam ruangan berbasis IoT. *JUPITER: Jurnal Penelitian Ilmu dan Teknologi Komputer*, 16(2), 457–468.
- Putro, H. (2023). Implementasi sensor MQ-2 pada sistem monitoring kualitas udara berbasis IoT. *Jurnal Elektronika dan Telekomunikasi*, 11(3), 185–192.
- Rabah, F. Z., Komalig, H., & Ketaren, E. (2024). Sistem monitoring deteksi asap rokok dalam ruangan berbasis Internet of Things. *Jurnal TIMES*, 13(2), 46–52.
- Ramadhan, M. W. (2021). Controlling lampu rumah berbasis IoT. *Exact Papers in Compilation (EPIC)*, 3(1), 353–360.
- Risman, R., Rachman, R., & Arifin, T. (2024). Sistem monitoring dan kontrol pemberian pakan ikan berbasis IoT menggunakan Blynk. *Jurnal Responsif: Riset Sains dan Informatika*, 6(2), 165–174.
- Rumampuk, J. (2022). Pengembangan sistem monitoring kualitas udara menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. *Jurnal Teknologi dan Informasi*, 10(4), 200–210.
- Salmon, S., Rangan, A. Y., & Ramadhan, B. A. (2022). Rancang bangun sistem keamanan rumah dengan menggunakan module NodeMCU berbasis IoT. *Jurnal Informatika Wicida*, 12(2), 48–54.

- ..
- Saputra, M. A. (2023). Monitoring kualitas udara dan suhu di ruangan penyimpanan obat dengan metode fuzzy logic berbasis IoT (Studi kasus Puskesmas Krobokan Semarang).
- Siregar, M. R., Bintoro, A., & Putri, R. (2021). Sistem monitoring suhu dan kelembaban pada penyimpanan gabah untuk menjaga kualitas beras berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Energi Elektrik*, 10(1), 14–17.
- Sitanggang, A. F. H., & Prabowo, Y. A. (2022). Perancangan alat monitoring arus bocor pada kabel 20 kV menggunakan filter Kalman berbasis Internet of Things. *Elektrika*, 14(2), 41–48.
- Sumaedi, A., Rosman, F. R., & Fiqri, F. (2024). Perancangan sistem keamanan pendeteksi gas dalam ruangan menggunakan sensor gas MQ-2 berbasis mikrokontroler Arduino Uno R3. *Jurnal SISKOM-KB (Sistem Komputer dan Kecerdasan Buatan)*, 198–207.
- Syukhron, I. (2021). Penggunaan aplikasi Blynk untuk sistem monitoring dan kontrol jarak jauh pada sistem kompos pintar berbasis IoT. *Electrician: Jurnal Rekayasa dan Teknologi Elektro*, 15(1), 1–11.
- Utami, F. A. T., Kasoep, W., & Novani, N. P. (2022). Prototype sistem pendeteksi dan penetralisir asap rokok pada ruangan dengan fitur monitoring suhu dan kelembaban. *Chipset*, 3(1), 32–44.
- Waworundeng, A. R. (2018). Sistem monitoring dan notifikasi kualitas udara dalam ruangan untuk mendeteksi polusi asap rokok. *Jurnal Cogito*, 5(1), 55–62.
- Widodo, S., Samsumar, L. D., Zaenudin, Z., & Efendi, M. M. (2024). Membangun prototype sistem penyiraman dan pemupukan pada tanaman jagung berbasis IoT di Desa Kadindi. *Journal of Computer Science and Information Technology*, 2(1), 51–60.