



Pemantauan Real-Time Kondisi Lingkungan Ruang Operasi Mata Berbasis Internet of Things dengan Notifikasi Dini

Sahruni Usman^{1*}, Rossy Timur Wahyuningsih², Zahir Zainuddin³

¹ Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar, Indonesia

² Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Makassar, Makassar, Indonesia

³ Program Studi Informatika, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar, Indonesia

*Correspondence : Sahruni Usman, sahruniusman@gmail.com

The work is licensed under a Creative Commons Attribution License (CC BY-SA 4.0)

How to Cite:

Sahruni, Usman, W. T., & Zainuddin, Z. *Pemantauan Real-Time Kondisi Lingkungan Ruang Operasi Mata Berbasis Internet of Things dengan Notifikasi Dini*. Journal of Ophthalmology, 2026, 3(1). <https://doi.org/10.63670/mata.v2i1.51>

ABSTRACT

Kondisi lingkungan ruang operasi mata, khususnya suhu dan kelembapan, perlu dipantau secara kontinu untuk mendukung kenyamanan, keselamatan, dan pelaksanaan pelayanan medis. Pemantauan secara manual memiliki keterbatasan karena tidak berlangsung secara kontinu dan bergantung pada kehadiran petugas. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem pemantauan real-time kondisi lingkungan ruang operasi mata berbasis Internet of Things (IoT) yang dilengkapi dengan notifikasi dini. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data dan sensor BME280 untuk mengukur suhu serta kelembapan. Data hasil pengukuran dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi dan ditampilkan secara real-time pada dashboard Blynk. Sistem dirancang untuk mengirimkan notifikasi email secara otomatis ketika nilai pengukuran melewati ambang batas yang telah ditentukan. Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimental melalui tahap perancangan, integrasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian akurasi sensor, kualitas koneksi Wi-Fi, waktu respons dashboard, dan keandalan notifikasi dini. Hasil pengujian menunjukkan bahwa selisih pembacaan suhu antara sensor dan alat referensi berada pada kisaran $\pm 0,5$ °C, sedangkan selisih kelembapan sebesar $\pm 2\%$ RH. Koneksi Wi-Fi menunjukkan nilai RSSI antara -43 dBm hingga -59 dBm pada jarak pengujian 1–9 meter. Waktu respons dashboard berada pada kisaran 0,8–2 detik, sedangkan notifikasi email diterima dalam waktu kurang dari satu menit setelah kondisi melewati ambang batas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan kondisi lingkungan secara real-time dan memberikan peringatan dini secara otomatis.

Keywords : Internet of Things; kelembapan; notifikasi dini; ruang operasi mata; suhu.

PENDAHULUAN

Ruang operasi merupakan salah satu fasilitas pelayanan kesehatan yang membutuhkan pengendalian kondisi lingkungan secara berkelanjutan. Suhu dan kelembapan merupakan parameter penting yang perlu dipantau karena perubahan kondisi lingkungan dapat memengaruhi kenyamanan tenaga kesehatan, pasien, serta kondisi operasional peralatan medis.

Pada ruang operasi mata, pemantauan suhu dan kelembapan menjadi bagian penting dalam menjaga kondisi lingkungan yang sesuai dengan kebutuhan pelayanan. Berdasarkan



Permenkes Nomor 7 Tahun 2019, suhu ruang operasi berada pada rentang 22–27 °C dengan kelembapan relatif 40–60%. Sementara itu, beberapa penelitian mengenai kondisi lingkungan ruang operasi mata menggunakan rentang suhu 18–24 °C dan kelembapan relatif 40–60% (1).

Pada praktiknya, pemantauan kondisi lingkungan masih dapat dilakukan menggunakan alat ukur konvensional yang memerlukan pemeriksaan secara langsung oleh petugas. Metode tersebut memiliki keterbatasan karena data tidak selalu diperoleh secara kontinu dan perubahan kondisi lingkungan dapat tidak segera diketahui apabila tidak dilakukan pemeriksaan pada waktu yang tepat (2).

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) memungkinkan perangkat elektronik saling terhubung melalui jaringan untuk melakukan pengumpulan, pengiriman, dan pemantauan data secara otomatis. Teknologi ini dapat dimanfaatkan untuk membangun sistem pemantauan kondisi lingkungan secara *real-time* sehingga informasi dapat diakses secara lebih cepat dan kontinu (3).

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan keberhasilan penerapan IoT untuk pemantauan lingkungan medis. Yojanaa menerapkan sistem IoT untuk monitoring kualitas udara ruang operasi dengan tingkat akurasi yang baik (1), sementara Adeagbo mengembangkan sistem pemantauan suhu dan kelembapan ruang operasi berbasis ESP32 dan platform Blynk (3). Penelitian lain juga menunjukkan bahwa sistem monitoring berbasis IoT menggunakan platform cloud seperti ThingSpeak mampu menampilkan data secara *real-time* dengan tingkat keandalan yang tinggi (4). Namun, sebagian penelitian tersebut belum secara khusus menekankan integrasi notifikasi dini yang responsif terhadap kondisi abnormal.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan *real-time* kondisi lingkungan ruang operasi mata berbasis IoT menggunakan ESP32 dan sensor BME280. Sistem dilengkapi dengan dashboard monitoring dan notifikasi dini melalui email ketika parameter suhu atau kelembapan melewati ambang batas yang telah ditentukan.

Kontribusi penelitian ini adalah pengembangan sistem pemantauan yang tidak hanya menampilkan data secara *real-time*, tetapi juga memberikan peringatan otomatis untuk membantu pengguna mengetahui perubahan kondisi lingkungan dengan lebih cepat.

METODE

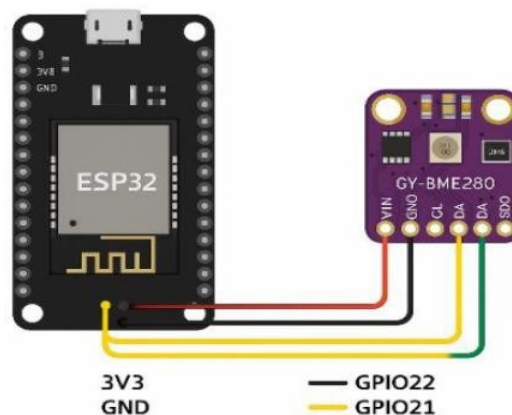
Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan eksperimental. Penelitian dilaksanakan di ruang operasi mata RS Mata Makassar.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Sistem pemantauan dirancang menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan dan komunikasi data. ESP32 dipilih karena memiliki modul Wi-Fi terintegrasi sehingga dapat mendukung komunikasi data dalam sistem IoT. Sensor BME280 digunakan sebagai sensor untuk mengukur suhu dan kelembapan ruangan operasi

Sensor BME280 dihubungkan dengan ESP32 menggunakan protokol komunikasi I²C. Data hasil pembacaan sensor diproses oleh ESP32, kemudian dikirimkan melalui jaringan Wi-Fi ke platform Blynk. Dashboard Blynk digunakan untuk menampilkan nilai suhu dan kelembapan secara real-time.



Gambar 2. Wiring Diagram ESP32 dengan Sensor BME280

Sistem notifikasi ini dirancang untuk memberikan pemberitahuan melalui email apabila kondisi lingkungan melewati ambang batas yang telah ditentukan. Dalam penelitian ini, notifikasi dipicu ketika suhu melebihi 27 °C atau kelembapan melebihi 60% RH.

Pengujian sistem dilakukan melalui beberapa parameter, yaitu:

1. Pengujian akurasi sensor BME280 dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap alat referensi.
2. Pengujian kualitas dan stabilitas koneksi Wi-Fi menggunakan parameter Received Signal Strength Indicator (RSSI).



3. Pengujian waktu respons dashboard untuk mengetahui kecepatan data ditampilkan.
4. Pengujian notifikasi dini untuk mengetahui kemampuan sistem dalam mengirimkan peringatan ketika kondisi melewati ambang batas.

Data hasil pengujian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan hasil pengukuran sensor dengan alat referensi dan mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan parameter yang telah ditentukan.

HASIL PENELITIAN

1. Hasil Pengujian Akurasi Sensor

Pengujian akurasi dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor BME280 dengan alat referensi berupa termometer dan hygrometer.

Tabel 1. Hasil pengujian suhu

Waktu	Sensor (°C)	Referensi (°C)	Selisih (°C)
08.00	21,5	21,0	0,5
08.30	21,0	20,5	0,5
09.00	20,0	19,5	0,5
09.30	19,5	19,0	0,5
10.00	21,5	21,0	0,5
10.30	20,5	20,0	0,5
11.00	19,0	19,5	0,5

Hasil pengujian menunjukkan bahwa selisih pembacaan suhu antara sensor BME280 dan alat referensi berada pada kisaran $\pm 0,5$ °C.

Tabel 2. Hasil pengujian kelembapan

Waktu	Sensor (% RH)	Referensi (% RH)	Selisih (% RH)
08.00	52	50	2
08.30	51	49	2
09.00	50	48	2
09.30	49	47	2
10.00	53	51	2
10.30	54	52	2



Waktu	Sensor (% RH)	Referensi (% RH)	Selisih (% RH)
11.00	50	48	2

Selisih pembacaan kelembapan antara sensor dan alat referensi berada pada kisaran $\pm 2\%$ RH.

2. Hasil Pengujian Koneksi Wi-Fi

Pengujian koneksi Wi-Fi dilakukan dengan mengukur nilai RSSI pada beberapa variasi jarak.

Tabel 3. Hasil pengujian jangkauan Wi-Fi

Jarak (m)	RSSI (dBm)	Kualitas Koneksi
1	-43	Sangat kuat
3	-52	Kuat
5	-54	Kuat
7	-56	Kuat
9	-59	Kuat

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ESP32 mampu mempertahankan koneksi dengan baik hingga jarak 9 meter pada kondisi pengujian.

3. Hasil Pengujian Waktu Respons Dashboard

Pengujian dilakukan untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan sejak data dikirimkan oleh ESP32 hingga ditampilkan pada dashboard.

Tabel 4. Hasil pengujian waktu respons dashboard

Jarak (m)	Waktu Respons (detik)
1	0,8
3	0,9
5	1,2
7	1,6
10	2,0

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dashboard mampu menampilkan data dalam waktu sekitar 0,8–2 detik.



4. Hasil Pengujian Notifikasi Dini

Pengujian notifikasi dilakukan dengan mensimulasikan kondisi ketika parameter lingkungan melewati ambang batas.

Tabel 5. Hasil pengujian notifikasi dini

Kondisi Pengujian	Ambang Batas	Status Email	Waktu Penerimaan
Suhu melebihi batas	>27 °C	Terkirim	<1 menit
Kelembapan melebihi batas	>60% RH	Terkirim	<1 menit

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengirimkan notifikasi email secara otomatis ketika suhu atau kelembapan melewati ambang batas yang telah ditentukan.

PEMBAHASAN

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor BME280 dapat digunakan untuk melakukan pengukuran suhu dan kelembapan dalam sistem pemantauan lingkungan. Selisih pembacaan suhu sebesar $\pm 0,5$ °C dan kelembapan sebesar $\pm 2\%$ RH menunjukkan bahwa hasil pembacaan sensor masih berada dalam kisaran toleransi spesifikasi sensor yang digunakan.

Pengujian koneksi Wi-Fi menunjukkan bahwa kualitas sinyal mengalami penurunan seiring bertambahnya jarak. Namun, pada jarak pengujian hingga 9 meter, sistem masih mampu mempertahankan koneksi dengan nilai RSSI antara -43 dBm hingga -59 dBm. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa jaringan Wi-Fi dapat mendukung pengiriman data sensor pada area pengujian.

Waktu respons dashboard berada pada kisaran 0,8–2 detik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa data yang dikirimkan oleh ESP32 dapat ditampilkan secara relatif cepat. Kecepatan penyajian informasi menjadi salah satu faktor penting dalam sistem pemantauan karena pengguna memerlukan akses terhadap perubahan kondisi lingkungan tanpa harus melakukan pengukuran secara manual.

Keunggulan utama sistem yang dikembangkan adalah integrasi antara fungsi monitoring dan notifikasi dini. Sistem tidak hanya menampilkan data suhu dan kelembapan pada dashboard, tetapi juga memberikan notifikasi email secara otomatis ketika nilai pengukuran melewati ambang batas. Berdasarkan pengujian, notifikasi dapat diterima dalam waktu kurang dari satu menit setelah kondisi abnormal terdeteksi.

Dengan adanya mekanisme tersebut, sistem dapat membantu pengguna memperoleh informasi perubahan kondisi lingkungan secara lebih cepat. Namun, kinerja sistem tetap



dipengaruhi oleh stabilitas jaringan Wi-Fi dan ketersediaan koneksi internet. Oleh karena itu, pengembangan selanjutnya dapat diarahkan pada penyimpanan data lokal, integrasi basis data, notifikasi melalui beberapa kanal komunikasi, serta pengembangan sistem kendali otomatis terhadap perangkat pengatur suhu dan kelembapan.

SIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang dan mengimplementasikan sistem pemantauan real-time kondisi lingkungan ruang operasi mata berbasis Internet of Things menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor BME280.

Sistem mampu melakukan pengukuran suhu dan kelembapan secara kontinu, mengirimkan data melalui jaringan Wi-Fi, serta menampilkan informasi pada dashboard Blynk secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan selisih pembacaan suhu sebesar $\pm 0,5$ °C dan kelembapan sebesar $\pm 2\%$ RH dibandingkan dengan alat referensi.

Koneksi Wi-Fi pada kondisi pengujian menunjukkan nilai RSSI antara -43 dBm hingga -59 dBm hingga jarak 9 meter. Dashboard mampu menampilkan data dengan waktu respons sekitar 0,8–2 detik.

Sistem juga berhasil memberikan notifikasi dini melalui email ketika suhu melebihi 27 °C atau kelembapan melebihi 60% RH. Notifikasi diterima dalam waktu kurang dari satu menit setelah kondisi melewati ambang batas.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan dapat digunakan sebagai solusi pendukung untuk melakukan pemantauan kondisi lingkungan ruang operasi mata secara real-time dan memberikan peringatan dini terhadap perubahan suhu dan kelembapan yang tidak sesuai dengan ambang batas yang telah ditentukan.

REFERENSI

1. Yojana AC. IOT system to control the air quality in operating room. *Turk J Comput Math Educ.* 2021;12(3):5726-32. doi:10.17762/turcomat.v12i3.2248.
2. Verma, R., Singh, A., & Kumar, P. (2022). IoT-based environmental monitoring in healthcare facilities. *Journal of Healthcare Engineering*, 2022, 1–12.
3. Adeagbo, A. (2024). Monitoring suhu dan kelembapan ruang operasi berbasis ESP32 dan sensor DHT menggunakan Blynk. *International Journal of Smart Healthcare Systems*, 5(2), 45–53.
4. Pinasthika Putri, R., et al. (2024). Sistem monitoring suhu dan kelembaban berbasis ESP32 melalui ThingSpeak. *Jurnal Sistem Informasi dan IoT*, 6(3), 101–109.
5. Blynk Inc. Blynk IoT platform [Internet]. New York: Blynk Inc.; 2023 [cited 2026 Aug 31]. Available from: <https://blynk.io>
6. Bosch Sensortec. BME280: combined humidity and pressure sensor [Internet]. Reutlingen: Bosch Sensortec GmbH; 2024 [cited 2026 Aug 31]. Available from: <https://www.bosch-sensortec.com/en/products/environmental-sensors/humidity-sensors-bme280/>



7. Cisco Systems. Wireless LAN implementation guide. San Jose (CA): Cisco Systems; 2023.
8. Espressif Systems. ESP32 hardware reference [Internet]. Shanghai: Espressif Systems; 2023 [cited 2026 Aug 31]. Available from: <https://docs.espressif.com/projects/espressif/en/latest/esp32/hw-reference/>
9. International Telecommunication Union. Radio wave propagation and prediction methods for indoor radio communication systems [Internet]. Geneva: International Telecommunication Union; 2025 [cited 2026 Aug 31]. Available from: <https://www.itu.int/>
10. Juniper Networks. Understanding Wi-Fi signal strength and RSSI for network performance optimization [Internet]. Sunnyvale (CA): Juniper Networks; 2025 [cited 2026 Aug 31]. Available from: <https://www.juniper.net/>