

Perancangan Embedded System Pendingin Ruangan Pada Remote Control Universal Menggunakan Antar Muka Aplikasi Mobile

Safiq Rosad ¹⁾, Rias Hasbi Wahab ²⁾, Edy Sulistiyanto ³⁾

¹⁾Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer

²⁾Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Matematika dan Ilmu Komputer

Email : rhosyad@gmail.com ¹⁾, mzriashasbiwahab@unugha.id ²⁾

ABSTRACT

Inefficient use of Air Conditioners (AC) often leads to energy waste and high operational costs. This study designs a universal AC controller based on NodeMCU ESP8266 with Internet of Things (IoT) technology integrated into a mobile application. The system employs infrared (IR) communication, making it compatible with various AC brands and enabling real-time remote control via smartphones. The prototyping method was applied through stages of design, implementation, and testing. Results show that the system can switch AC power, adjust temperature, and change operating modes with a response time of 1–2 seconds, success rate above 90%, low power consumption, and stable Wi-Fi connectivity. The mobile application was also evaluated as simple and user-friendly. This system provides a practical solution for multi-brand AC control, supports energy efficiency, promotes smart home concepts, and contributes to environmental sustainability.

Keywords: Universal AC controller; NodeMCU ESP8266; IoT; mobile application; prototyping method.

ABSTRAK

Penggunaan Air Conditioner (AC) yang tidak efisien sering menyebabkan pemborosan energi dan biaya tinggi. Penelitian ini merancang sistem pengontrol AC universal berbasis NodeMCU ESP8266 dengan teknologi Internet of Things (IoT) yang terintegrasi aplikasi mobile. Sistem menggunakan komunikasi inframerah (IR) sehingga kompatibel dengan berbagai merek AC dan memungkinkan kontrol jarak jauh secara real-time melalui smartphone. Metode prototyping diterapkan melalui tahapan desain, implementasi, dan pengujian. Hasil menunjukkan sistem mampu menyalakan, mematikan, serta mengatur suhu dan mode AC dengan waktu respon 1–2 detik, tingkat keberhasilan di atas 90%, konsumsi daya rendah, serta koneksi Wi-Fi stabil. Aplikasi seluler juga dinilai sederhana dan mudah digunakan. Rumah Sistem ini menawarkan solusi praktis untuk mengontrol AC multi-merek, mendukung efisiensi energi, konsep rumah pintar, dan memasukkan ke dalam lingkungan.

Kata Kunci : Pengendali AC universal; NodeMCU ESP8266; IoT; aplikasi mobile; metode prototyping

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi embedded system telah memungkinkan integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak dalam satu sistem kompak yang mampu menjalankan fungsi otomatisasi secara efisien (Fadillah, 2022). Salah satu penerapannya adalah pada sistem pengendalian perangkat elektronik rumah tangga, seperti pendingin ruangan (air conditioner) (Priambodo et al., n.d.). Namun, penggunaan remote control konvensional masih sering menjadi kendala bagi pengguna, terutama ketika terjadi ketidaksesuaian antar merek, kerusakan, atau kehilangan unit remote (Firmansyah & Shita, 2023).

Seiring dengan kemajuan mobile computing dan pengembangan aplikasi berbasis Android maupun iOS, muncul peluang besar untuk menciptakan solusi interaktif yang lebih fleksibel dan user-friendly (Tyas et al., 2023). Integrasi antara sistem embedded dengan antarmuka aplikasi mobile menjadi salah satu pendekatan efektif dalam mendukung konsep smart home, yang menekankan efisiensi, kenyamanan, dan kendali terpusat terhadap berbagai perangkat elektronik (Rakhmadi et al., 2025).

Beberapa penelitian sebelumnya telah mengembangkan sistem pengendali perangkat rumah tangga berbasis IoT dan microcontroller seperti NodeMCU, Arduino,

maupun ESP8266, dengan fokus pada efisiensi dan kemudahan kendali jarak jauh (Rosad et al., 2023). Namun, sebagian besar penelitian tersebut masih terbatas pada satu jenis perangkat atau satu merek tertentu (Costa & Caldeira, 2022). Oleh karena itu, dibutuhkan sistem yang lebih universal, mampu mengendalikan berbagai merek pendingin ruangan yang menggunakan komunikasi inframerah (IR) dalam satu platform terintegrasi (Studi & Informatika, 2024).

Penelitian ini menawarkan kebaruan dalam bentuk perancangan sistem embedded berbasis NodeMCU ESP8266 yang berfungsi sebagai remote control universal untuk berbagai merek AC, serta terhubung dengan aplikasi mobile sebagai antarmuka pengguna (Morchid et al., 2024). Sistem ini memungkinkan pengoperasian AC secara real-time, seperti menyalakan dan mematikan perangkat, mengatur suhu, serta memilih mode operasi melalui koneksi nirkabel (Gunoto et al., 2022). Dengan demikian, pengguna tidak lagi bergantung pada remote control fisik dan dapat mengendalikan berbagai perangkat dengan satu aplikasi terpadu (Darmawan et al., 2020).

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sistem embedded yang mampu berfungsi sebagai remote control universal bagi perangkat pendingin ruangan, serta

mengembangkan antarmuka aplikasi mobile yang dapat mengirimkan perintah kendali secara nirkabel (Afandi et al., 2021). Penelitian ini dibatasi pada pengendalian AC yang menggunakan sinyal inframerah (IR) dan berfokus pada beberapa merek populer yang mendukung teknologi tersebut (Afifie et al., 2021).

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan kemudahan bagi pengguna dalam mengontrol AC secara praktis dan efisien hanya melalui smartphone, serta menjadi solusi terpadu bagi pengguna dengan berbagai merek AC yang berbeda (Deswar, Faisal AriefDeswar, F. A., & Pradana, 2021). Selain itu, sistem ini berpotensi mendukung penghematan energi dan mendekatkan implementasi konsep rumah pintar di lingkungan rumah maupun perkantoran (Mu et al., n.d.)

2. TINJAUAN PUSTAKA

Embedded system adalah sistem komputer khusus yang dirancang untuk menjalankan fungsi tertentu dalam perangkat yang lebih besar. Menurut Wolf (2012), sistem tertanam memiliki karakteristik berupa operasi real-time, efisiensi konsumsi daya, dan integrasi perangkat keras-perangkat lunak yang tinggi. Dalam konteks sistem pendingin ruangan, sistem tertanam digunakan untuk mengontrol perangkat elektronik seperti AC dengan menggunakan mikrokontroler sebagai unit pemroses. Selain itu, sistem tertanam juga memungkinkan integrasi modul komunikasi, seperti WiFi, Zigbee, atau Bluetooth, untuk menghubungkan perangkat dengan aplikasi mobile.

Mikrokontroler merupakan inti dari sistem tertanam yang mengatur proses input-output. NodeMCU berbasis ESP8266/ESP32 banyak digunakan pada sistem IoT karena memiliki kemampuan WiFi terintegrasi, konsumsi daya rendah, dan mendukung pengembangan aplikasi berbasis protokol TCP/IP. Menurut *Espr*,

Inframerah jarak jauh (IR) bekerja dengan mengirimkan sinyal cahaya tak terlihat menggunakan frekuensi 38kHz untuk mengaktifkan fungsi pada perangkat elektronik. Remote universal menggunakan database kode IR dari berbagai merek AC atau perangkat elektronik, sehingga satu remote dapat mengontrol banyak perangkat. Menurut Priyanta (2018), sistem remote universal mampu merekam, menyimpan, dan mengirim ulang pola kode IR, sehingga ideal digunakan untuk sistem embedded yang fleksibel dan adaptif. Implementasi universal remote memerlukan perpustakaan atau basis kode IR seperti IRremoteESP8266 untuk memproses sinyal AC dengan format protokol tertentu seperti Daikin, Panasonic, LG, atau lainnya.

Pendingin ruangan atau AC bekerja menggunakan sistem kontrol berbasis sinyal IR untuk mengatur suhu, mode, kecepatan kipas, ayunan, dan daya. Setiap merek A memiliki protokol komunikasi IR yang berbeda dan lebih kompleks dibandingkan remote TV. Menurut Barrow (2017), protokol IR AC memiliki panjang bit yang besar dan memuat parameter lengkap kondisi AC, sehingga sistem yang tertanam perlu mendukung pengkodean sinyal secara detail. Oleh karena itu, integrasi antara embedded system dan universal remote memungkinkan sistem pendingin ruangan dikendalikan secara otomatis ataupun jarak.

IoT adalah konsep yang menghubungkan perangkat fisik ke internet

sehingga dapat dikontrol atau dimonitor secara jarak jauh. Sistem pendingin ruangan berbasis embedded system yang terhubung dengan aplikasi mobile termasuk dalam kategori smart home IoT. Menurut Ashton (2018), IoT meningkatkan efisiensi, kemudahan kontrol, dan aksesibilitas perangkat. Pada penelitian ini, IoT memungkinkan pengguna mengontrol AC dari smartphone melalui jaringan WiFi atau in.

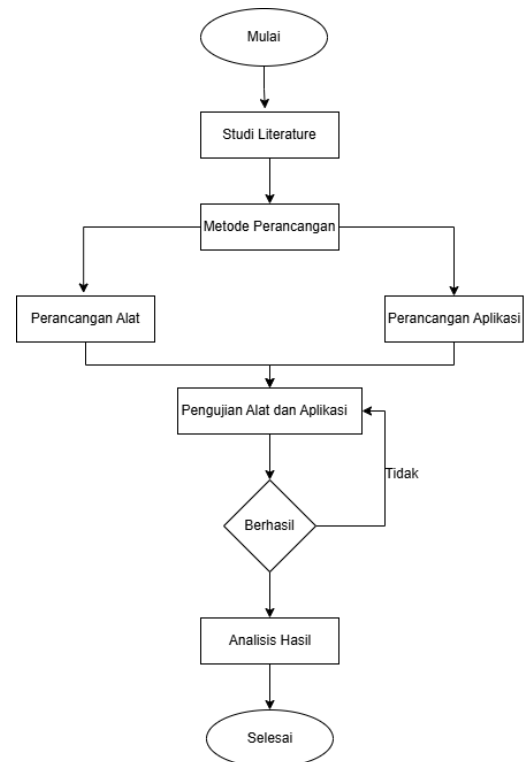
3. METODOLOGI

Berdasarkan Gambar 1, dapat diuraikan pembahasan setiap tahapan dalam penelitian yaitu:

3.1. Studi Literature

Jenis penelitian yang digunakan adalah studi iteratur. Metode studi literatur adalah serangkaian kegiatan yang berkenaan dengan metode pengumpulan data pustaka, membaca dan mencatat, serta mengelolah bahan penelitian. Tahapan penelitian meliputi:

1. Observasi dan identifikasi masalah;
2. Perancangan sistem (hardware dan software);
3. Implementasi NodeMCU ESP8266, infrared, dan aplikasi Android;
4. Pengujian sistem (uji fungsional, kestabilan koneksi, daya, dan UX);
5. Analisis hasil dan evaluasi system.



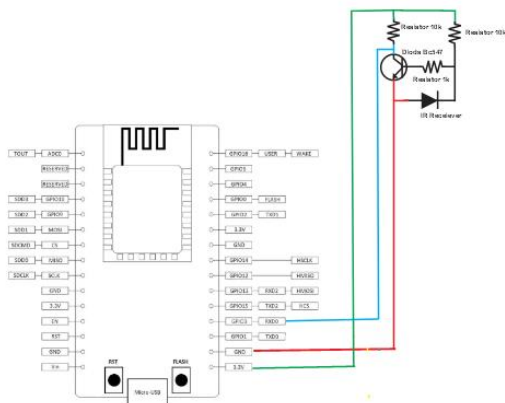
Gambar 1. FlowChart Penelitian

Pada Gambar 1 diperlukan adanya inisialisasi kebutuhan dan koponen utama dalam penelitian ini. Langkah awal pengembangan sistem pendingin ruangan berbasis NodeMCU ESP8266 adalah mengidentifikasi kebutuhan perangkat keras dan lunak. Komponen utama meliputi NodeMCU ESP8266 sebagai unit pemrosesan, Adaptor sebagai sumber daya, Sensor Infrared sebagai pembaca protokol remote AC dan mengirim sinyal data yang dikirimkan ke AC, serta handphone Android untuk mengontrol sistem. Kabel jumper menghubungkan komponen, sementara box menyimpan perangkat untuk menjaga kerapihan. Integrasi ini bertujuan menyediakan solusi praktis dan efisien untuk meningkatkan keamanan dan daya listrik kecil.

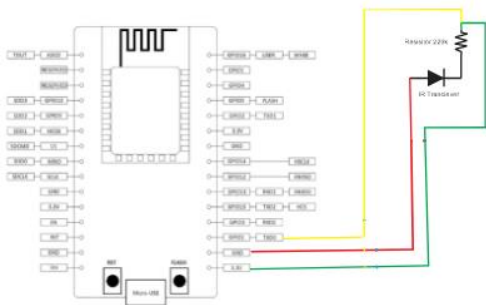
3.2. Perancangan Alat dan Aplikasi

Gambar 2 menunjukkan rangkaian elektronik menggunakan NodeMCU ESP8266 V3, Modul infrared KY-005 dan Modul Infrared KY-022. NodeMCU

Esp8266 mengendalikan Modul infrared secara nirkabel melalui server. Implementasi alat pengendali pendingin ruangan ini memudahkan pengguna dapat mengontrol AC melalui jarak jauh. Perancangan sistem ini memerlukan pendekatan terstruktur dengan diagram blok yang menjelaskan interaksi komponen untuk memastikan alat berfungsi sesuai kebutuhan.



Gambar 2. Perancangan Hardware Receiver



Gambar 3. Perancangan Hardware Transmitter

3.2. Perancangan Firmware

Perancangan firmware pada sistem ini dilakukan untuk memastikan setiap komponen perangkat keras dapat beroperasi secara terintegrasi dan sesuai dengan kebutuhan fungsional sistem. Proses perancangan dimulai dengan penyusunan arsitektur logika perangkat yang meliputi inisialisasi modul, pengaturan komunikasi data, serta mekanisme eksekusi perintah. Pada tahap ini, firmware dirancang menggunakan pendekatan modular sehingga setiap fungsi—seperti komunikasi

serial, pemrosesan data, dan pengendalian aktuator—dapat diatur secara terstruktur, mudah dipelihara, dan fleksibel terhadap pengembangan di masa mendatang.

Setiap modul dalam firmware dibangun dengan mempertimbangkan efisiensi memori dan kestabilan operasi perangkat. Algoritma utama difokuskan pada pengolahan data secara real-time, termasuk proses pembacaan input, validasi perintah, dan pengiriman respon ke komponen lain dalam sistem. Selain itu, protokol komunikasi dirancang agar perangkat mampu menerima dan mengirim data secara Andalan, baik melalui jaringan nirkabel maupun komunikasi berbasis serial.

Integrasi antara firmware dan perangkat keras dilakukan melalui pemetaan fungsi kontrol ke setiap komponen, seperti sensor, modul komunikasi, dan aktuator, sehingga seluruh proses dapat berjalan secara sinkron. Pengujian berulang juga dilakukan untuk memastikan bahwa firmware mampu menangani berbagai kondisi operasi, seperti perubahan data, gangguan sinyal, dan variasi beban sistem. Dengan perancangan firmware yang sistematis dan adaptif ini, perangkat mampu menjalankan fungsi pengendalian secara stabil, responsif, dan sesuai dengan tujuan penelitian.

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Perancangan Alat

Perangkat keras yang dirancang terdiri dari NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali utama dan modul pemancar inframerah (IR LED) yang berfungsi untuk mengirimkan sinyal kendali ke unit pendingin ruangan. NodeMCU dihubungkan dengan jaringan Wi-Fi sehingga dapat menerima perintah dari aplikasi mobile. Setelah seluruh komponen diuji secara terpisah, dilakukan perakitan menjadi satu sistem yang utuh.

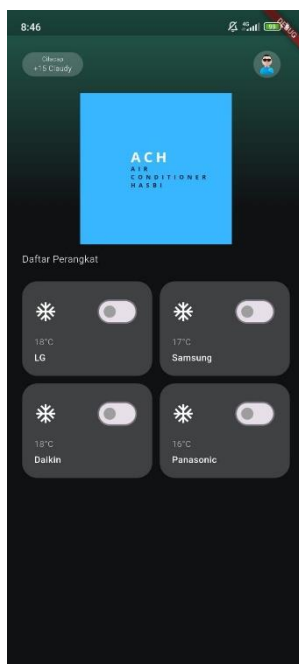


Gambar 4. Alat Remote Control AC Universal

3.3. Hasil Perancangan Aplikasi

Aplikasi mobile dirancang menggunakan Android Studio. Aplikasi memiliki beberapa menu utama, yaitu:

- Menu utama untuk memilih perangkat AC yang akan dikendalikan;
- Menu kontrol suhu untuk mengatur suhu, mode pendinginan, serta menyalakan/mematikan AC;
- Antarmuka pengguna (UI) dibuat sederhana agar mudah dipahami oleh pengguna awam, dengan pengujian awal menunjukkan respons aplikasi berjalan stabil.



Gambar 5. Aplikasi ACH

3.4. Hasil Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk memastikan kinerja alat dan aplikasi, meliputi:

- Respon AC: rata-rata waktu respon perintah dari aplikasi ke AC berkisar 1–2 detik.
- Stabilitas koneksi Wi-Fi: sistem dapat tetap stabil tanpa putus koneksi selama pengujian 2 jam.
- Konsumsi daya NodeMCU: relatif rendah, berkisar 70–80 mA saat beroperasi.
- Jarak maksimum IR: sekitar 6–7 meter tanpa penghalang; respon menurun jika ada halangan fisik.
- Responsivitas aplikasi: semua tombol dapat berfungsi dengan baik, tanpa error atau crash.
- Uji UI/UX: responden menilai aplikasi mudah digunakan dengan skor rata-rata di atas 4 dari skala 5.

4.4. Pembahasan

Berdasarkan hasil pengujian, sistem embedded remote control universal untuk pendingin ruangan berbasis NodeMCU ESP8266 telah berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Perangkat mampu menerima perintah dari aplikasi mobile dan meneruskannya dalam bentuk sinyal inframerah (IR) ke unit AC dengan waktu respon cepat dan tingkat keberhasilan tinggi. Kinerja sistem stabil untuk penggunaan rumah tangga maupun perkantoran, dengan konsumsi daya yang rendah dan konektivitas Wi-Fi yang memungkinkan pengguna mengendalikan AC tanpa remote fisik. Proses integrasi antara NodeMCU, modul IR, dan adaptor daya terbukti berjalan optimal dengan dukungan komponen pelindung seperti sekering dan voltage regulator untuk menjaga keamanan serta stabilitas sistem.

Tahapan pengujian dilakukan meliputi pengujian perangkat keras, perangkat lunak, serta integrasi keduanya melalui aplikasi mobile. NodeMCU terbukti mampu menerima daya secara stabil, sedangkan modul IR berhasil mengirimkan sinyal ke berbagai merek AC sesuai protokol masing-masing. Aplikasi mobile berfungsi sebagai antarmuka utama pengguna untuk mengontrol AC secara real-time melalui jaringan Wi-Fi. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata waktu respon 1–2 detik dengan tingkat keberhasilan perintah mencapai 95–100%, di mana fungsi dasar seperti ON/OFF, pengaturan suhu, dan perubahan mode dapat dijalankan dengan baik. Sistem tetap stabil tanpa mengalami disconnect atau restart selama pengujian berlangsung, sehingga menunjukkan efisiensi dan keandalan yang baik dalam pengoperasian jangka panjang.

Hasil uji jarak memperlihatkan bahwa sistem bekerja optimal pada rentang 1–3 meter dengan tingkat keberhasilan 100%, menurun menjadi 90–95% pada jarak 5–7 meter, dan sekitar 70% pada jarak 10 meter. Hal ini menunjukkan bahwa jangkauan efektif sinyal IR berada di bawah 7 meter serta sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan posisi perangkat. Meskipun masih memiliki keterbatasan seperti ketergantungan pada line of sight dan belum tersedianya fitur timer otomatis, sistem ini sudah mampu bekerja secara efektif dan efisien. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa perancangan sistem pengendali AC berbasis NodeMCU ESP8266 dengan antarmuka aplikasi mobile dapat menjadi solusi inovatif yang mendukung konsep smart home, meningkatkan efisiensi energi, serta memberikan kenyamanan bagi pengguna.

5. PENUTUP

3.5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem embedded berbasis NodeMCU ESP8266 yang dirancang dalam penelitian ini berhasil berfungsi sebagai pengendali universal untuk berbagai merek pendingin ruangan melalui antarmuka aplikasi mobile berbasis Android dengan menggunakan sinyal infrared (IR). Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat mampu menyalakan, mematikan, serta mengatur suhu AC dengan waktu respon rata-rata antara satu hingga dua detik dan tingkat keberhasilan di atas 90 persen. Dengan demikian, sistem ini telah memenuhi tujuan penelitian dan menjawab rumusan masalah pertama mengenai perancangan sistem pengendali AC universal berbasis mikrokontroler. Selain itu, aplikasi mobile yang dikembangkan menggunakan Android Studio mampu berkomunikasi secara stabil dengan sistem melalui jaringan Wi-Fi, memberikan kemudahan bagi pengguna dalam melakukan kontrol jarak jauh. Aplikasi ini juga terbukti efisien, mudah digunakan, serta hemat energi karena konsumsi daya NodeMCU yang rendah, sehingga menjawab rumusan masalah kedua terkait antarmuka pengguna yang terintegrasi dengan sistem embedded.

Adapun saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah agar sistem ini dilengkapi dengan fitur otomatisasi suhu dan jadwal (timer), serta integrasi berbasis cloud agar pengguna dapat mengendalikan AC dari lokasi mana pun tanpa terbatas pada jaringan lokal. Selain itu, untuk meningkatkan kompatibilitas dan reliabilitas, perlu dilakukan perluasan database kode infrared agar sistem benar-benar berfungsi sebagai

remote universal multi-merek. Pengujian lanjutan juga disarankan dilakukan pada berbagai kondisi lingkungan, seperti jarak yang lebih jauh, ruangan bertingkat, dan intensitas cahaya tinggi, guna memastikan performa sistem tetap optimal di berbagai situasi penggunaan.

3.6. Saran

Sistem dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan fitur otomatisasi suhu dan jadwal (timer), serta integrasi cloud agar pengguna dapat mengendalikan AC dari lokasi mana pun, tidak hanya melalui jaringan lokal.

Untuk meningkatkan kompatibilitas, perlu diperluas database kode infrared agar sistem benar-benar berfungsi sebagai remote universal multi-merek, serta dilakukan pengujian di berbagai kondisi lingkungan (jarak jauh, ruangan bertingkat, dan pencahayaan tinggi) guna meningkatkan reliabilitas sistem.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Afandi, M. A., Nurandi, S., & Enriko, I. K. A. (2021). Automated Air Conditioner Controller and Monitoring Based on Internet of Things. *IJEIS (Indonesian Journal of Electronics and Instrumentation Systems)*, 11(1), 83. <https://doi.org/10.22146/ijeis.64563>
- [2] Afifie, N. A., Utem, M., Jaya, H. T., Fairuz, A., & Muhammad, B. (2021). *Evaluation Method of Mesh Protocol over ESP32 and ESP8266*. 18(4).
- [3] Costa, T., & Caldeira, M. L. P. (2022). *Performance Assessment of ESP8266 Wireless Mesh Networks*. 2.
- [4] Darmawan, C. W., Sompie, S. R. U. A., Kambey, F. D., Elektro, J. T., Sam, U., Manado, R., & Bahu, J. K. (2020). *Implementasi Internet of Things pada Monitoring Kecepatan Kendaraan Bermotor*. 9(2).
- [5] Deswar, Faisal AriefDeswar, F. A., & Pradana, R. (2021). *Monitoring Suhu Pada Ruang Server Menggunakan Wemos D1 R1 Berbasis Internet Of Things (IoT)*. 12(1), 25–32.
- [6] Fadillah, M. Y. (2022). *Membuat Aplikasi Sederhana Menggunakan Android Studio*. May.
- [7] Firmansyah, R. A., & Shita, R. T. (2023). *Sensor Suhu Pada Ruangan Data Center Menggunakan Mikrokontroler Node Mcu Esp8266 Temperature Sensor in Room Data Center Using Microcontroller Esp8266-Based Mcu Node*. 2(September), 2082–2090.
- [8] Gunoto, P., Rahmadi, A., & Susanti, E. (2022). *Perancangan Alat Sistem Monitoring Daya Panel*. 5(2), 285–294.
- [9] Morchid, A., Jebabra, R., Khalid, H. M., El, R., Qjidaa, H., & Ouazzani, M. (2024). Results in Engineering IoT-based smart irrigation management system to enhance agricultural water security using embedded systems , telemetry data , and cloud computing. *Results in Engineering*, 23(July), 102829. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102829>
- [10] Mu, H. S., Rosad, S., & Sulistyanto, E. (n.d.). *Implementasi Tombol Panik SOS Untuk Lansia Berbasis IoT Pada Panti Pelayanan Sosial Lanjut Usia Dewanata Cilacap mengirimkan sinyal darurat dengan mudah dan cepat ke pihak berwenang atau kontak darurat berbagai pendekatan . Yihui Zhang (2021) meneliti l*.
- [11] Priambodo, G., Rosad, S., & Zein, M. T. A. A. (n.d.). *Implementasi Modul Zigbee pada Sistem Pendingin Ruangan Berbasis NodeMCU ESP8266 untuk Pengendalian Jarak Jauh Rumusan masalah yang diangkat meliputi bagaimana merancang sistem pendingin ruangan berbasis NodeMCU ESP8266 yang terintegrasi dengan Zigbee dan*.
- [12] Rakhmadi, A., Wulandari, N. D., Rosad, S., & Syukri, M. (2025). *A Mobile Sign Language Dictionary : Enhancing Communication for the Deaf and Mute*. 7(01), 73–79. <https://doi.org/10.47685/mestro.v7i1.617>
- [13] Rosad, S., Al, M. R., & Nuraini, H. (2023). *Deteksi Nilai Nominal Uang Kertas Menggunakan Metode RGB Pada Sistem Keuangan Masjid Berbasis Aplikasi Android*.
- [14] Studi, P., & Informatika, T. (2024). *Rancang Bangun Aplikasi Manajemen Data Operasional Berbasis WEB Dengan Next JS Tugas Akhir Restu Adil Salatin Syah*.
- [15] Tyas, U. M., Buckhari, A. A., Studi, P., Teknologi, P., Pendidikan, P. S., Pembelajaran, P., & Belajar, H. (2023). *Implementasi aplikasi arduino ide pada mata kuliah sistem digital 1,2,3,4*. 1(April).

