

Rancang Bangun Smart RCBO Berbasis Webserver

Tomi Antonius¹, Marzuarman², Stephan³, Syaiful Amri⁴, Eva Navasari⁵

¹Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, Riau, Indonesia

^{2,3}Politeknik Negeri Bengkalis, Bengkalis, Riau, Indonesia

*antoniustomi207@gmail.com

Abstrak: Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) mendorong pengembangan sistem proteksi kelistrikan yang mampu melakukan pemantauan secara real-time. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan merancang bangun Smart RCBO berbasis Webserver yang dapat mendeteksi arus lebih dan arus bocor sekaligus menampilkan informasi kondisi sistem melalui halaman web. Sistem menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai pengendali sekaligus webserver, sensor ZMCT103C untuk mengukur arus beban, sensor Zero Sequence Current Transformer (ZSCT) untuk mendeteksi arus bocor, serta relay sebagai pemutus rangkaian. Data hasil pembacaan sensor ditampilkan pada LCD dan webserver melalui jaringan Wi-Fi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mendeteksi arus beban dengan baik serta memutus aliran listrik secara otomatis ketika arus bocor mencapai 30 mA dengan waktu respons 20–30 ms. Selain itu, webserver berhasil menampilkan informasi arus, status RCBO, dan kondisi sistem secara real-time, sehingga memudahkan pengguna dalam melakukan pemantauan instalasi listrik melalui browser. Dengan demikian, Smart RCBO berbasis Webserver dapat meningkatkan keamanan, keandalan, dan kemudahan monitoring pada sistem proteksi kelistrikan.

Kata Kunci: Smart RCBO, Webserver, ESP8266, Internet of Things (IoT), Arus Bocor, Arus Lebih.

Abstract: The development of the Internet of Things (IoT) has encouraged the implementation of intelligent electrical protection systems capable of real-time monitoring. This research aims to analyze and design a Webserver-Based Smart RCBO that can detect overcurrent and leakage current while providing real-time monitoring through a web interface. The system employs a NodeMCU ESP8266 as the main controller and webserver, a ZMCT103C sensor for load current measurement, a Zero Sequence Current Transformer (ZSCT) for leakage current detection, and a relay to disconnect the electrical circuit during fault conditions. Sensor data are displayed on a 16×2 LCD and transmitted to the webserver via a Wi-Fi network. Experimental results indicate that the system is capable of monitoring load current accurately and automatically disconnecting the circuit when the leakage current reaches 30 mA, with a response time ranging from 20 ms to 30 ms. Furthermore, the webserver successfully displays load current, leakage current, RCBO status, and system conditions in real time through a web browser. Therefore, the proposed Webserver-Based Smart RCBO improves electrical safety, reliability, and monitoring efficiency compared with conventional RCBO systems.

Keywords: Smart RCBO, Webserver, ESP8266, Internet of Things (IoT), Leakage Current, Overcurrent.

Pendahuluan

Perkembangan teknologi kelistrikan terus meningkat seiring bertambahnya kebutuhan listrik di rumah, sekolah, dan industri. Kondisi ini menuntut adanya sistem proteksi yang mampu melindungi peralatan listrik serta menjaga keselamatan pengguna dari risiko sengatan listrik dan kebakaran akibat gangguan listrik.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) telah membawa perubahan yang signifikan dalam sistem monitoring dan pengendalian pada berbagai bidang, termasuk sistem proteksi instalasi tenaga listrik. Teknologi IoT memungkinkan perangkat saling terhubung melalui jaringan internet sehingga proses pemantauan dapat dilakukan secara real-time, meningkatkan efisiensi, keandalan, dan keamanan sistem. Selain itu, perkembangan

mikrokontroler yang telah dilengkapi modul Wi-Fi, seperti NodeMCU ESP8266, semakin memudahkan pengembangan sistem monitoring berbasis web dengan biaya implementasi yang relatif rendah (Islam et al., 2022; Kurniawan & Nugroho, 2023).

Sistem proteksi merupakan salah satu bagian penting dalam instalasi tenaga listrik untuk melindungi manusia maupun peralatan listrik dari berbagai gangguan. Salah satu perangkat proteksi yang umum digunakan adalah Residual Current Circuit Breaker with Overcurrent Protection (RCBO). Perangkat ini mampu memberikan perlindungan terhadap gangguan arus lebih (overcurrent), arus bocor (leakage current), serta hubung singkat (short circuit) dalam satu perangkat. Penggunaan RCBO berperan penting dalam mengurangi risiko sengatan listrik, kerusakan peralatan elektronik, maupun kebakaran akibat gangguan instalasi listrik. Meskipun demikian, RCBO konvensional masih memiliki keterbatasan karena hanya berfungsi sebagai perangkat proteksi tanpa menyediakan informasi kondisi sistem maupun fasilitas monitoring secara real-time (IEC, 2020; Schneider Electric, 2022).

Perkembangan teknologi webserver pada ESP8266 memungkinkan sistem proteksi listrik dikembangkan menjadi Smart RCBO yang mampu melakukan monitoring kondisi instalasi listrik melalui browser. Sistem berbasis webserver memberikan kemudahan kepada pengguna untuk memantau kondisi perangkat secara real-time tanpa memerlukan aplikasi tambahan. Informasi mengenai kondisi sistem dapat diakses melalui komputer maupun smartphone yang terhubung ke jaringan, sehingga proses pengawasan menjadi lebih efektif, cepat, dan efisien (Pratama, 2017; Ferianto & Agustian, 2024).

Berdasarkan kondisi tersebut, penelitian ini mengembangkan Smart RCBO berbasis Webserver dengan memanfaatkan NodeMCU ESP8266 sebagai pusat pengendali sekaligus media komunikasi data melalui jaringan Wi-Fi. Sistem dirancang untuk melakukan monitoring kondisi proteksi secara real-time dan memberikan respons otomatis ketika terjadi gangguan pada instalasi listrik. Dengan adanya sistem ini, pengguna dapat memantau kondisi RCBO melalui halaman web sehingga proses identifikasi gangguan dapat dilakukan dengan lebih cepat dan akurat (Islam et al., 2022; Ferianto & Agustian, 2024).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan merancang bangun Smart RCBO berbasis Webserver sebagai sistem proteksi dan monitoring instalasi listrik yang mampu meningkatkan keamanan, keandalan, serta kemudahan dalam melakukan pemantauan kondisi kelistrikan secara real-time melalui browser.

Metode

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) dengan pendekatan eksperimental yang bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji kinerja Smart RCBO

berbasis Webserver sebagai sistem proteksi dan monitoring instalasi listrik secara real-time. Tahapan penelitian diawali dengan studi literatur mengenai prinsip kerja Residual Current Circuit Breaker with Overcurrent Protection (RCBO), teknologi Internet of Things (IoT), serta implementasi webserver menggunakan NodeMCU ESP8266, kemudian dilanjutkan dengan perancangan perangkat keras dan perangkat lunak sistem. Perangkat keras terdiri atas NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler sekaligus webserver, dua sensor arus ZMCT103C sebagai pendeteksi arus pada penghantar fasa dan netral, relay sebagai pemutus rangkaian listrik, power supply 5 VDC, MCB 2 fasa, sumber tegangan PLN 220 VAC, serta beban. Perangkat lunak dikembangkan menggunakan Arduino IDE untuk mengolah data hasil pembacaan sensor dan menampilkan informasi melalui halaman webserver yang dapat diakses menggunakan browser.

Sistem dirancang dengan menggunakan dua sensor ZMCT103C untuk mengukur arus yang mengalir pada penghantar fasa dan netral. Sensor arus fasa digunakan untuk mendeteksi besarnya arus masuk (I_f), sedangkan sensor arus netral digunakan untuk mendeteksi besarnya arus balik (I_n). Data hasil pembacaan kedua sensor selanjutnya dikirimkan ke NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama untuk diproses. NodeMCU ESP8266 menghitung arus bocor atau residual current berdasarkan selisih antara arus fasa dan arus netral menggunakan persamaan $I_{bocor} = |I_f - I_n|$. Apabila selisih arus mencapai atau melebihi 30 mA, NodeMCU memberikan sinyal kendali kepada relay untuk memutus aliran listrik menuju beban sebagai bentuk proteksi terhadap kebocoran arus. Sebaliknya, apabila selisih arus masih berada di bawah batas yang ditentukan, relay tetap berada pada kondisi aktif sehingga beban tetap memperoleh suplai listrik.

Sumber tegangan PLN 220 VAC terlebih dahulu dihubungkan dengan MCB 2 fasa sebagai pengaman awal sebelum didistribusikan ke rangkaian. MCB berfungsi memberikan perlindungan terhadap gangguan hubung singkat maupun arus lebih pada sisi masukan. Dua sensor ZMCT103C dipasang pada jalur penghantar fasa dan netral untuk melakukan pengukuran arus listrik. Keluaran sensor dihubungkan dengan NodeMCU ESP8266 untuk selanjutnya diolah sesuai dengan logika pemrograman sistem. NodeMCU juga mengirimkan data hasil pengukuran ke webserver melalui jaringan Wi-Fi sehingga informasi mengenai kondisi sistem dapat dipantau secara real-time menggunakan web browser tanpa memerlukan aplikasi tambahan.

Relay berfungsi sebagai sakelar elektronik yang menghubungkan atau memutus aliran listrik menuju beban berdasarkan perintah dari NodeMCU ESP8266. Relay dikendalikan melalui pin digital D1, sedangkan rangkaian kontrol memperoleh suplai daya dari power supply 5 VDC. Ketika sistem mendeteksi kondisi yang memerlukan pemutusan rangkaian berdasarkan nilai arus bocor atau menerima perintah pengendalian melalui webserver, NodeMCU mengendalikan relay sehingga kondisi beban dapat berubah menjadi ON atau OFF. Dengan konfigurasi tersebut, sistem mengintegrasikan fungsi pengukuran arus, deteksi kebocoran arus, proteksi otomatis, monitoring secara real-time, serta pengendalian beban melalui webserver dalam satu sistem Smart RCBO.

Setelah proses integrasi perangkat keras dan perangkat lunak selesai, dilakukan pengujian sistem dengan memberikan variasi arus beban mulai dari 1 A hingga 10 A untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan sensor serta menguji respons sistem terhadap kondisi gangguan yang menyebabkan sistem memutuskan aliran listrik secara otomatis. Data hasil pengujian kemudian dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan nilai arus aktual terhadap hasil pembacaan sensor menggunakan persamaan persentase error. Selain itu, evaluasi dilakukan terhadap keberhasilan sistem dalam menampilkan informasi monitoring melalui webserver dan respons sistem proteksi terhadap kondisi gangguan. Hasil pengujian tersebut digunakan untuk mengetahui tingkat keandalan Smart RCBO berbasis Webserver yang telah dirancang (Sugiyono, 2022; IEC, 2020; Banzi & Shiloh, 2022).

Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menghasilkan sebuah prototipe Smart RCBO berbasis ESP8266 yang mampu melakukan fungsi proteksi terhadap gangguan arus lebih dan arus bocor sekaligus melakukan monitoring kondisi instalasi listrik secara real-time melalui aplikasi Blynk. Sistem yang dirancang terdiri atas NodeMCU ESP8266 sebagai pusat pengendali, sensor arus ZMCT103C untuk mengukur arus beban, sensor arus bocor (ZSCT) untuk mendeteksi kebocoran arus, relay sebagai pemutus aliran listrik, LCD 20×4 sebagai media tampilan lokal, buzzer sebagai alarm, serta catu daya sebagai sumber tegangan seluruh rangkaian.

Tabel 1. Pengujian Kalibrasi Sensor Arus Fasa

No	Clamp Meter (A)	Sensor Fasa (A)	Error (%)
1	1,00	0,99	1,00
2	2,00	2,00	0,00
3	3,00	2,99	0,33
4	4,00	3,99	0,25
5	5,00	4,99	0,20
6	6,00	5,99	0,17
7	7,00	6,99	0,14
8	8,00	7,99	0,13
9	9,00	8,99	0,11
10	10,00	9,99	0,10

Pengujian kalibrasi sensor arus fasa dilakukan untuk mengevaluasi tingkat akurasi sensor ZMCT103C dalam mengukur arus listrik pada penghantar fasa. Proses kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap clamp meter yang digunakan sebagai alat ukur acuan. Pengujian dilakukan pada rentang arus 1 A hingga 10 A, kemudian dihitung nilai persentase kesalahan (error) pada setiap titik pengukuran.

Berdasarkan hasil pengujian, sensor ZMCT103C mampu menghasilkan nilai pembacaan yang sangat mendekati hasil pengukuran clamp meter. Nilai kesalahan terbesar diperoleh pada

arus 1 A, yaitu sebesar 1,00%, sedangkan nilai kesalahan terkecil terjadi pada arus 10 A, yaitu sebesar 0,10%. Seiring dengan meningkatnya nilai arus yang diukur, persentase kesalahan sensor cenderung mengalami penurunan, sehingga menunjukkan bahwa sensor memiliki tingkat akurasi yang semakin baik pada arus yang lebih tinggi.

Secara keseluruhan, hasil kalibrasi menunjukkan bahwa sensor ZMCT103C memiliki tingkat kesalahan yang relatif kecil dan mampu memberikan hasil pengukuran yang stabil. Dengan demikian, sensor tersebut layak digunakan sebagai sensor arus fasa pada sistem Smart RCBO Berbasis Webserver, karena mampu menyediakan data pengukuran yang akurat untuk proses perhitungan arus bocor oleh NodeMCU ESP8266.

Tabel 2. Pengujian Kalibrasi Sensor Arus Netral

No	Clamp Meter (A)	Sensor Netral (A)	Error (%)
1	1,00	1,00	0,00
2	2,00	1,99	0,50
3	3,00	2,99	0,33
4	4,00	4,00	0,00
5	5,00	4,99	0,20
6	6,00	6,00	0,00
7	7,00	6,99	0,14
8	8,00	7,99	0,13
9	9,00	8,99	0,11
10	10,00	10,00	0,00

Pengujian kalibrasi sensor arus netral dilakukan untuk mengetahui tingkat ketelitian sensor ZMCT103C dalam mengukur arus yang mengalir pada penghantar netral. Kalibrasi dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan sensor terhadap clamp meter sebagai alat ukur acuan. Pengujian dilakukan pada variasi arus mulai dari 1 A hingga 7 A, kemudian dihitung nilai persentase kesalahan (error) pada setiap titik pengukuran.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa pembacaan sensor memiliki kesesuaian yang sangat baik dengan nilai yang ditunjukkan oleh clamp meter. Pada arus 1 A, 4 A, dan 6 A, sensor menghasilkan nilai yang sama dengan alat ukur acuan sehingga persentase kesalahan sebesar 0,00%. Nilai kesalahan terbesar diperoleh pada arus 2 A, yaitu sebesar 0,50%, sedangkan pada titik pengukuran lainnya nilai error berada pada kisaran 0,14% hingga 0,33%. Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan hasil pengukuran antara sensor dan alat ukur acuan relatif kecil.

Secara keseluruhan, hasil kalibrasi menunjukkan bahwa sensor ZMCT103C memiliki tingkat akurasi yang baik dalam mengukur arus pada penghantar netral. Nilai kesalahan yang rendah menunjukkan bahwa sensor mampu menghasilkan data pengukuran yang andal,

sehingga dapat digunakan sebagai masukan dalam proses perhitungan arus bocor pada sistem Smart RCBO Berbasis Webserver.

Tabel 3. Pengujian Deteksi Arus Bocor Smart RCBO

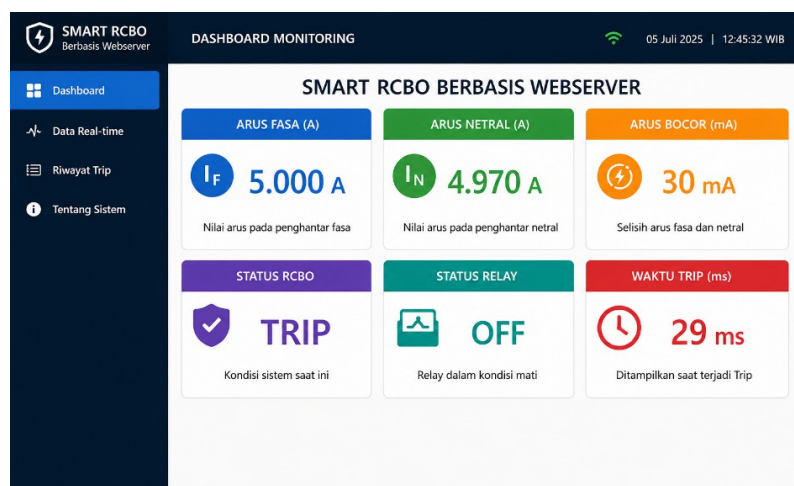
No	Arus Fasa (A)	Arus Netral (A)	Arus Bocor (mA)	Status RCBO	Trip Time (ms)
1	5,000	4,998	2	Normal	-
2	5,000	4,995	5	Normal	-
3	5,000	4,990	10	Normal	-
4	5,000	4,985	15	Normal	-
5	5,000	4,980	20	Normal	-
6	5,000	4,975	25	Normal	-
7	5,000	4,970	30	Trip	29
8	5,000	4,968	32	Trip	28
9	5,000	4,965	35	Trip	27
10	5,000	4,960	40	Trip	25
11	5,000	4,955	45	Trip	23
12	5,000	4,950	50	Trip	20

Pengujian deteksi arus bocor dilakukan untuk mengevaluasi kemampuan Smart RCBO dalam mendeteksi selisih arus antara penghantar fasa dan netral serta mengaktifkan mekanisme proteksi sesuai nilai ambang yang telah ditetapkan. Pengujian dilakukan dengan mempertahankan arus fasa sebesar 5,000 A, sedangkan arus netral divariasikan sehingga menghasilkan arus bocor mulai dari 2 mA hingga 50 mA. Selanjutnya diamati status kerja RCBO dan waktu respons (trip time) saat sistem mendeteksi kebocoran arus.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem tetap berada pada kondisi normal ketika arus bocor berada pada rentang 2–25 mA, sehingga relay tidak memutus aliran listrik ke beban. Kondisi ini menunjukkan bahwa Smart RCBO tidak memberikan respon terhadap arus bocor yang masih berada di bawah nilai ambang 30 mA, sehingga sistem bekerja sesuai dengan prinsip operasi RCBO.

Ketika arus bocor mencapai 30 mA, Smart RCBO mulai mengaktifkan fungsi proteksi dengan memutus aliran listrik melalui relay. Pada kondisi tersebut diperoleh waktu respons (trip time) sebesar 29 ms. Seiring meningkatnya arus bocor menjadi 32 mA, 35 mA, 40 mA, 45 mA, hingga 50 mA, waktu respons sistem semakin cepat, masing-masing sebesar 28 ms, 27 ms, 25 ms, 23 ms, dan 20 ms. Hasil ini menunjukkan bahwa besarnya arus bocor berpengaruh terhadap kecepatan kerja sistem dalam melakukan pemutusan beban.

Secara keseluruhan, hasil pengujian membuktikan bahwa Smart RCBO mampu mendeteksi arus bocor berdasarkan selisih arus fasa dan arus netral serta memberikan respon sesuai dengan nilai ambang 30 mA. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang telah bekerja sesuai dengan prinsip kerja RCBO dan mampu memberikan proteksi terhadap potensi kebocoran arus secara efektif.



Gambar 1. Hasil Tampilan Sistem pengujian

Berdasarkan tampilan dashboard, sistem menampilkan beberapa parameter utama, yaitu arus fasa, arus netral, arus bocor, status RCBO, status relay, dan waktu trip. Pada kondisi pengujian, arus fasa terbaca sebesar 5,000 A, sedangkan arus netral sebesar 4,970 A, sehingga diperoleh arus bocor sebesar 30 mA. Nilai tersebut telah mencapai batas ambang yang ditentukan, sehingga sistem mengubah status RCBO menjadi Trip dan relay berada pada kondisi OFF untuk memutus aliran listrik ke beban. Waktu respon sistem dalam melakukan pemutusan tercatat sebesar 29 ms.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa dashboard webserver mampu menampilkan informasi kondisi Smart RCBO secara akurat dan mudah dipahami. Dengan adanya tampilan monitoring ini, pengguna dapat mengetahui kondisi sistem secara langsung serta memperoleh informasi apabila terjadi kebocoran arus yang menyebabkan RCBO bekerja memutus aliran listrik.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem Smart RCBO Berbasis Webserver telah berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian. Hasil kalibrasi menunjukkan bahwa sensor arus ZMCT103C pada penghantar fasa maupun netral memiliki tingkat akurasi yang baik dengan nilai persentase kesalahan yang relatif kecil dibandingkan hasil pengukuran menggunakan clamp meter. Hal ini menunjukkan bahwa kedua sensor mampu memberikan data pengukuran yang andal sebagai masukan dalam proses perhitungan arus bocor.

Pengujian deteksi arus bocor menunjukkan bahwa sistem mampu menghitung selisih arus antara penghantar fasa dan netral sebagai dasar penentuan kondisi kebocoran arus. Pada kondisi arus bocor di bawah 30 mA, sistem mempertahankan kondisi normal sehingga relay tetap aktif dan beban tetap memperoleh suplai listrik. Sebaliknya, ketika arus bocor mencapai

30 mA atau lebih, sistem secara otomatis mengaktifkan mekanisme proteksi dengan memutus aliran listrik melalui relay. Hasil pengujian juga menunjukkan bahwa semakin besar nilai arus bocor, semakin cepat waktu respons sistem dalam melakukan pemutusan beban, dengan waktu trip berkisar antara 29 ms hingga 20 ms. Selain itu, dashboard webserver berhasil menampilkan informasi arus fasa, arus netral, arus bocor, status Smart RCBO, status relay, dan waktu trip secara real-time. Tampilan monitoring yang informatif memudahkan pengguna dalam memantau kondisi sistem serta mengetahui secara cepat apabila terjadi kebocoran arus yang memerlukan tindakan proteksi.

Secara keseluruhan, sistem Smart RCBO berbasis Webserver yang dirancang telah mampu melakukan fungsi monitoring dan proteksi terhadap kebocoran arus sesuai dengan prinsip kerja RCBO. Integrasi antara sensor ZMCT103C, NodeMCU ESP8266, relay, dan webserver menghasilkan sistem yang dapat bekerja secara otomatis, akurat, dan mendukung pemantauan kondisi instalasi listrik dari jarak jauh. Dengan demikian, sistem yang dikembangkan memiliki potensi untuk diterapkan sebagai perangkat proteksi dan monitoring pada instalasi listrik skala rumah tangga maupun bangunan sederhana.

Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini didukung oleh Laboratorium Simulasi Tenaga Listrik, Teknik Elektro, Politeknik Negeri Bengkalis dan ucapan terimakasih kepada Politeknik Negeri Bengkalis yang telah memberikan dukungan finansial pada penelitian ini.

Referensi

- Banzi, M., & Shiloh, M. (2022). *Getting Started with Arduino* (4th ed.). Maker Media.
- Ferianto, B., & Agustian, A. (2024). Server dengan NodeMCU ESP8266 berbasis Internet of Things pada PT PLN Batam. *Jurnal Oktal*, 3(2), 215–223.
- International Electrotechnical Commission. (2020). IEC 61009-1: Residual current operated circuit-breakers with integral overcurrent protection (RCBOs) for household and similar uses. Geneva, Switzerland: IEC.
- Islam, M. M., Nooruddin, S., Karray, F., & Muhammad, G. (2022). Internet of Things device capabilities, architectures, protocols, and smart applications: A review. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.05921>
- Kurniawan, A., & Nugroho, B. (2023). Implementasi webserver ESP8266 untuk sistem monitoring berbasis Internet of Things. *Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi*, 8(1), 25–33.
- Parajuli, A. (2024). Interfacing ZMCT103C current sensor with Arduino. *IoT Project Ideas*.

- Pratama, R. P. (2017). Aplikasi webserver ESP8266 untuk pengendali peralatan listrik berbasis Internet of Things. *Jurnal INVOTEK*, 17(2), 45–52.
- Ramadhan, M. I. (2023). Perangkat tikus rumahan otomatis dengan sistem monitoring berbasis Internet of Things. Universitas Muhammadiyah Gresik.
- Salam, F., & Alexander, O. (2023). Perancangan monitoring suhu berbasis Internet of Things menggunakan NodeMCU ESP8266. *Jurnal Informatika*, 7(1), 55–63.
- Schneider Electric. (2022). Residual current circuit breaker with overcurrent protection (RCBO): Technical guide. Schneider Electric.
- Sugiyono. (2022). Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan research and development. Bandung: Alfabeta.
- ThingsBoard. (2025). NodeMCU ESP8266 device documentation. ThingsBoard.
- Wicaksono, M. F., Hidayat, T., & Prasetyo, D. (2022). IoT-based residential monitoring using ESP8266 and ESP-NOW. *Journal of Engineering Science and Technology*, 17(4), 3102–3115.
- Yuliana, E., & Hidayat, A. (2021). Rancang bangun sistem monitoring energi listrik berbasis Internet of Things menggunakan ESP8266. *Jurnal Teknik Elektro*, 13(2), 95–103.