

PROTOTIPE SISTEM PENGATURAN BEBAN LISTRIK DENGAN NODEMCU ESP32 DAN RTC BERBASIS IOT

Gede Yudharma¹, Joko Sugiarto¹

¹ Program Studi Teknik Elektro, Sekolah Tinggi Teknologi Duta Bangsa
Kalibaru Timur Kel. Kalibaru Medan Satria Kota Bekasi

Email : gyudharma123@gmail.com

Abstrak— Efisiensi energi listrik penting untuk operasional perusahaan, khususnya gedung bertingkat. Masalah umum adalah pemborosan akibat perangkat listrik yang lupa dimatikan dan kurangnya sistem monitoring real-time. Penelitian ini merancang prototipe sistem pengaturan beban listrik berbasis NodeMCU ESP32 dengan modul RTC dan teknologi IoT. Sistem mengendalikan perangkat listrik otomatis sesuai jadwal RTC atau manual lewat aplikasi Blynk, serta memantau arus listrik real-time dengan sensor arus. Sistem dapat mendeteksi kondisi beban tidak normal melalui arus nol atau rendah, dan menampilkan status pada dashboard Blynk. Data dapat diakses via web lokal maupun internet. Pengujian pada simulasi gedung tiga lantai dengan beban lampu pijar menunjukkan sistem dapat mengatur beban terjadwal dan menampilkan data arus secara akurat. Hasil pengujian sistem abnormal menghasilkan arus di sensor 1, 2 dan 3 berasnya 0,0 A. Sedangkan pengujian sistem abnormal dimana satu lampu mati, besar arus di sensor 1 sebesar 0,0 A, sensor 2 sebesar 4,73 A dan sensor 3 sebesar 4,57 A.

Kata kunci: NodeMCU ESP32, RTC, IoT, penaturan beban listrik, monitoring arus real-time

I. PENDAHULUAN

Efisiensi konsumsi listrik menjadi prioritas perusahaan untuk menekan biaya dan mendukung keberlanjutan [1]. Namun, di gedung bertingkat, pemborosan energi masih sering terjadi akibat kelalaian mematikan perangkat di luar jam kerja dan tidak adanya sistem pemantauan konsumsi secara real-time [2]. NodeMCU ESP32 dengan konektivitas Wi-Fi dan kemampuan pemrosesan efisien menawarkan solusi kontrol beban otomatis. Dikombinasikan dengan modul RTC, sistem dapat mengatur jadwal pengoperasian perangkat secara presisi [3]. Dengan dukungan teknologi Internet of Things (IoT), sistem menampilkan data arus secara real-time dan mendeteksi beban abnormal melalui sensor arus. Seluruh data ditampilkan melalui aplikasi yang dapat diakses melalui jaringan lokal maupun internet.

Penelitian ini bertujuan merancang prototipe sistem

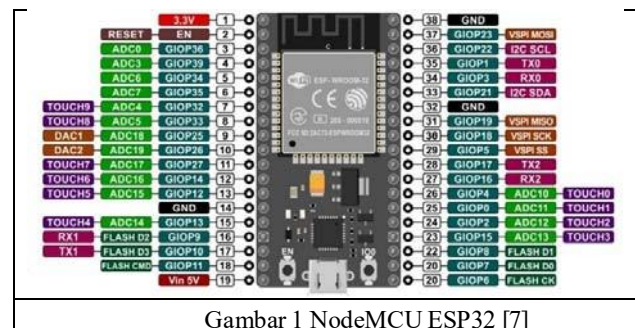
kontrol dan monitoring beban listrik berbasis NodeMCU ESP32 dan RTC, yang mendukung kontrol terjadwal dan pemantauan real-time, dengan implementasi pada simulasi gedung tiga lantai.

II. LANDASAN TEORI

Arus AC satu fasa (220V, 50Hz) adalah sistem kelistrikan umum di Indonesia yang terdiri dari konduktor fase dan netral. Parameter pentingnya meliputi tegangan, arus efektif, serta daya aktif, reaktif, dan semu, yang digambarkan dalam segitiga daya. Beban listrik dibagi menjadi resistif, induktif, dan kapasitif [4]. IoT menghubungkan perangkat melalui internet untuk bertukar data dan menjalankan fungsi otomatis. Teknologi ini umum digunakan pada sistem monitoring dan kontrol, termasuk pengelolaan beban listrik [5].

a. NodeMCU ESP32

NodeMCU ESP32 merupakan mikrokontroler yang dilengkapi dengan konektivitas Wi-Fi dan Bluetooth, serta mendukung berbagai antarmuka seperti ADC, DAC, I2C, dan lainnya. Dengan prosesor dual-core dan fitur hemat daya, modul ini ideal untuk aplikasi IoT yang membutuhkan efisiensi dan fleksibilitas tinggi. Gambar 1, menunjukkan bentuk fisik NodeMCU ESP32 beserta keterangan pin yang tersedia [6].



sinyal analog yang diambil ADC per detik (SPS). Semakin tinggi nilainya, semakin akurat bentuk digital mendekati sinyal aslinya.

c. Arduino IDE

Arduino IDE adalah software pemrograman mikrokontroler berbasis C/C++. Dengan pustaka lengkap dan antarmuka sederhana, IDE ini mendukung pemrograman dan debugging ESP32[8].

d. Aplikasi Blynk

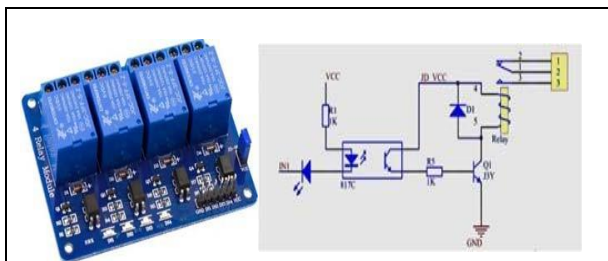
Blynk adalah platform IoT yang menghubungkan ESP32 dengan antarmuka pengguna. Melalui virtual pin dan auth token, pengguna dapat mengontrol perangkat dan memantau data secara real-time.

e. RTC DS3231

RTC (Real-Time Clock) DS3231 adalah modul jam waktu nyata yang dirancang untuk menjaga waktu dan tanggal yang akurat. Fitur utamanya adalah kemampuannya untuk terus berjalan meskipun sumber listrik utama mati, berkat adanya baterai cadangan. Gambar 2, menunjukkan Modul RTC DS3231 lengkap dengan baterai cadangan. Modul ini berkomunikasi dengan mikrokontroler menggunakan antarmuka I2C, menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi yang membutuhkan pencatatan waktu yang presisi, seperti sistem otomasi berbasis waktu, datalogger, dan perangkat IoT (Internet of Things) [9].



Gambar 2. Modul RTC DS3231



Gambar 3. Module Relay dan rangkaian internal dari salah satu channel relay.

III. PERANCANGAN ALAT

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan merancang sistem kontrol beban listrik berbasis IoT menggunakan NodeMCU ESP32, RTC DS3231, sensor arus ZMCT103C, dan modul relay seperti terlihat pada gambar 3. Sistem dirancang untuk mendukung kontrol otomatis dan manual melalui aplikasi Blynk. Sistem diawali dengan inisialisasi komponen, pembacaan waktu dari RTC, monitoring arus dari sensor, dan pengaturan relay

berdasarkan jadwal atau perintah manual serta data dikirim ke aplikasi IoT secara real-time.

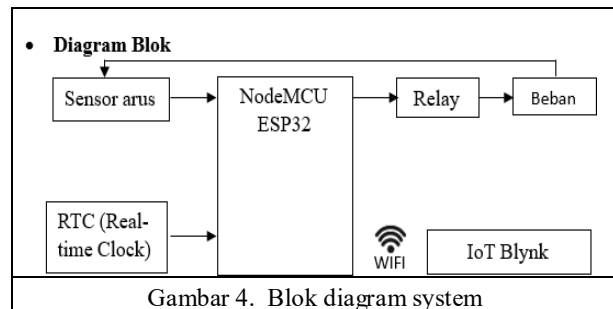
Alat dan Bahan

- NodeMCU ESP32
- RTC DS3231
- Sensor arus ZMCT103C (3 buah)
- Modul relay 4-channel (digunakan 3 channel)
- Beban berupa lampu pijar
- Aplikasi Blynk
- Power supply dan kabel jumper
- Laptop dan multimeter

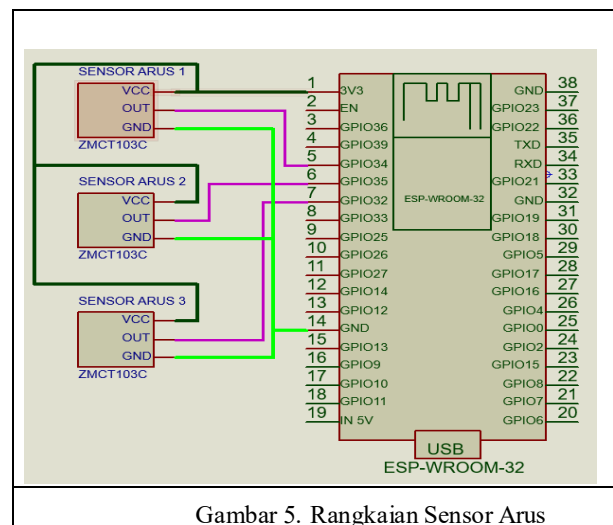
Blok sistem terdiri dari empat komponen utama: NodeMCU ESP32 sebagai pengontrol, ZMCT103C sebagai sensor arus, RTC sebagai penentu waktu, dan relay sebagai aktuator seperti terlihat pada gambar 4.

Perancangan Rangkaian

Rangkaian sensor Arus seperti terlihat pada gambar 5, dimana sensor ZMCT103C membaca arus AC dan mengirimkan sinyal analog ke ESP32. Data dibaca oleh pin ADC (GPIO34, GPIO35, GPIO32), dikonversi menjadi arus RMS, lalu dikirim ke aplikasi Blynk.



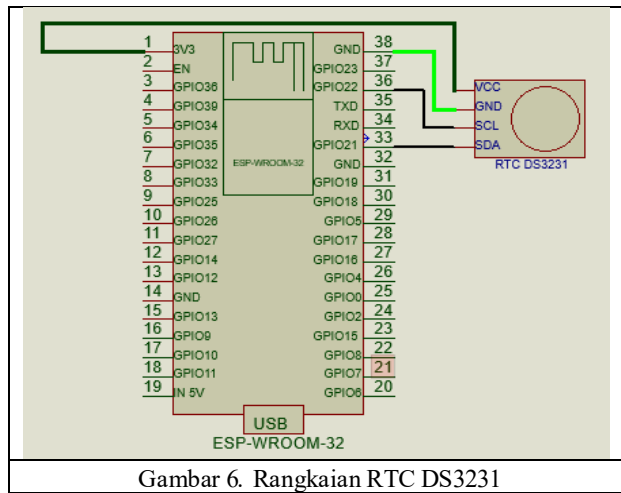
Gambar 4. Blok diagram system



Gambar 5. Rangkaian Sensor Arus

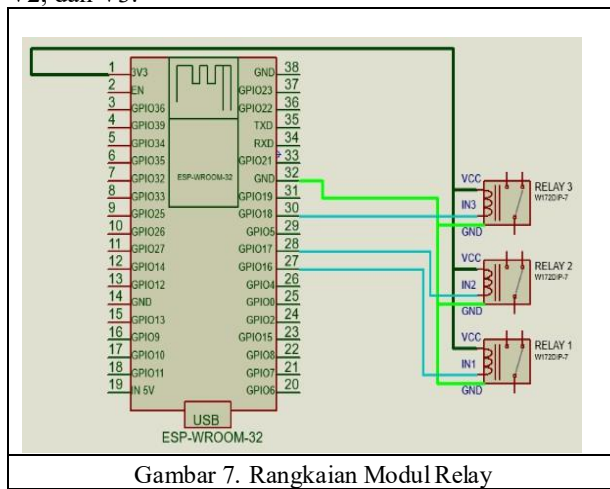
Rangkaian RTC DS3231 terhubung melalui antarmuka I2C (SDA – GPIO21, SCL – GPIO22). Waktu dari RTC digunakan untuk pengendalian otomatis relay

berdasarkan jadwal tertentu seperti terlihat pada gambar 6.



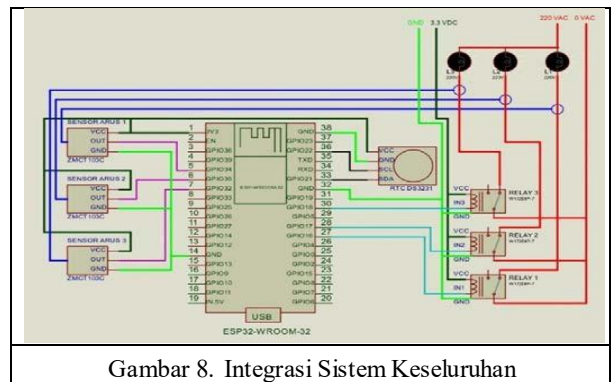
Gambar 6. Rangkaian RTC DS3231

Rangkaian modul relay seperti terlihat pada gambar 7. Tiga buah relay dikendalikan melalui GPIO16, GPIO17, dan GPIO18. Relay dikontrol otomatis oleh waktu RTC atau manual dari aplikasi Blynk melalui virtual pin V1, V2, dan V3.



Gambar 7. Rangkaian Modul Relay

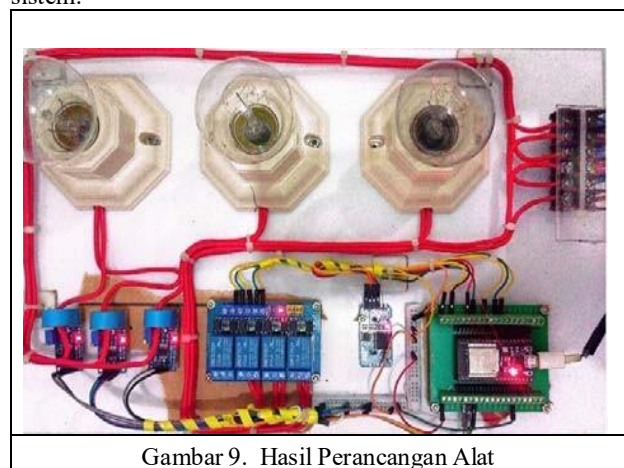
Integrasi Sistem Keseluruhan dirangkai seperti pada gambar 8. Sistem menggabungkan sensor arus, RTC, ESP32, dan relay dalam satu prototipe. Sensor membaca arus beban, RTC memberikan waktu real-time, dan relay dikendalikan berdasarkan jadwal atau perintah manual. Semua informasi ditampilkan melalui aplikasi Blynk.



Gambar 8. Integrasi Sistem Keseluruhan

IV. HASIL PERANCANGAN ALAT

Gambar 9, menunjukkan hasil fisik dari perancangan sistem.



Gambar 9. Hasil Perancangan Alat

Terlihat bahwa komponen utama telah dirakit secara sistematis dengan pengkabelan rapi. Tiga lampu beban dikontrol melalui relay, pembacaan arus dilakukan oleh ZMCT103C, dan waktu dikendalikan oleh RTC DS3231. Sistem berhasil dikembangkan sebagai prototipe yang siap diuji secara fungsional. Pengujian bertujuan memastikan bahwa setiap komponen NodeMCU ESP32, sensor arus ZMCT103C, RTC DS3231, dan modul relay berfungsi dengan baik secara individual maupun terintegrasi. Sistem diuji baik dalam mode otomatis berbasis waktu maupun mode manual menggunakan aplikasi Blynk. Pengujian dilakukan dalam dua mode:

- Mode Otomatis: Relay dikontrol oleh jadwal dari RTC.
- Mode Manual: Relay dikontrol langsung dari aplikasi Blynk.

Sensor arus diuji dengan mengalirkan arus ke beban dan membaca nilai ADC pada Serial Monitor serta tampilan di aplikasi. Pengujian awal dilakukan untuk memastikan seluruh komponen terhubung dan bekerja dengan baik. Hasil pengujian koneksi ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pengujian Koneksi Komponen

No	Komponen	Status Koneksi	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Wifi ke ESP32	Terdeteksi	Blynk Online	Stabil dan cepat

2	RTC ke ESP32	Terdeteksi	Waktu terbaca dan akurat	Ada battery backup
3	Relay ke ESP32	Terdeteksi	Menyala mati sesuai logika program	Respon klik terdengar
4	Sensor ke ZMCT103C	Terdeteksi	ADC terbaca di sentral dan Blynk	Responsif dan akurat

Pengujian Waktu Otomatis

Pengujian ini bertujuan menguji fungsi otomatisasi pengendalian relay berdasarkan waktu dari RTC DS3231. Seperti terlihat pada gambar 10. Uji dilakukan pada pukul 00:05, 00:55, 12:05, dan 12:55. Saat waktu tercapai, sistem akan mengubah status relay tanpa intervensi manual. Status dapat dilihat di aplikasi Blynk, seperti terlihat pada tabel 2.



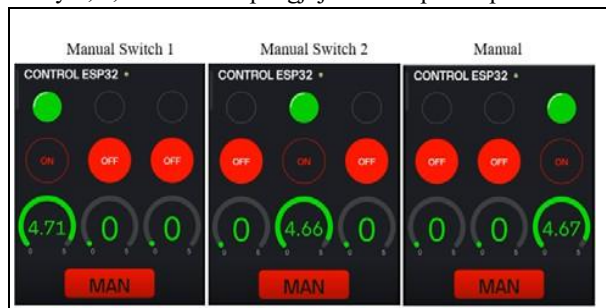
Gambar 10. Pengujian waktu otomatis di Blynk

Tabel 2 Pengujian Waktu Otomatis (RTC ke Relay)

No	Waktu RTC	Status Rencana	Status Aktual	Keterangan
1	00:05	Relay ON	Relay ON	Berfungsi baik
2	00:55	Relay OFF	Relay OFF	Berfungsi baik
3	12:052	Relay ON	Relay ON	Berfungsi baik
4	12:55	Relay OFF	Relay OFF	Berfungsi baik

Pengujian Mode Manual (Melalui Aplikasi Blynk)

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa pengendalian relay secara manual melalui aplikasi Blynk berfungsi dengan baik. Pada mode manual, pengguna dapat menyalakan dan mematikan masing-masing relay dengan menekan tombol virtual pada aplikasi. Respons diamati melalui bunyi klik pada relay dan nyala/matinya beban. Gambar 11, menunjukkan tampilan Blynk dengan tiga tombol Manual Switch yang masing-masing terhubung ke Relay 1, 2, dan 3. Hasil pengujian ditampilkan pada tabel 3.



Gambar 11. Pengujian Mode Manual (Melalui Aplikasi Blynk)

Tabel 3. Pengujian Mode Manual

No	Perintah dari Blynk	Status Rencana	Status Aktual	Keterangan
1	Relay 1 ON	Relay1 ON	Relay 1 ON	Respon cepat
2	Relay 1 OFF	Relay1 OFF	Relay 1 OFF	Berfungsi baik
3	Relay 2 ON	Relay2 ON	Relay 2 ON	Respon cepat
4	Relay 2 OFF	Relay2 OFF	Relay 2 OFF	Berfungsi baik
5	Relay 3 ON	Relay3 ON	Relay 3 ON	Respon cepat
6	Relay 3 OFF	Relay3 OFF	Relay 3 OFF	Berfungsi baik

Pengujian Sensor Arus ZMCT103C

Pengujian ini dilakukan untuk memastikan bahwa sensor arus ZMCT103C dapat membaca besarnya arus listrik secara real-time dan akurat. Uji dilakukan dengan mengaktifkan beban secara bertahap dan mencatat nilai arus yang terbaca oleh ketiga sensor.

Setiap sensor terhubung ke pin ADC yang berbeda pada ESP32, dan hasil pembacaan dikirim ke aplikasi Blynk agar dapat dipantau secara jarak jauh. Gambar 15 menunjukkan tampilan nilai arus dari ketiga sensor yang tampil di Blynk saat kondisi beban berubah. Hasil pengujian ditampilkan pada tabel 4.



Gambar 12. Pengujian sensor arus

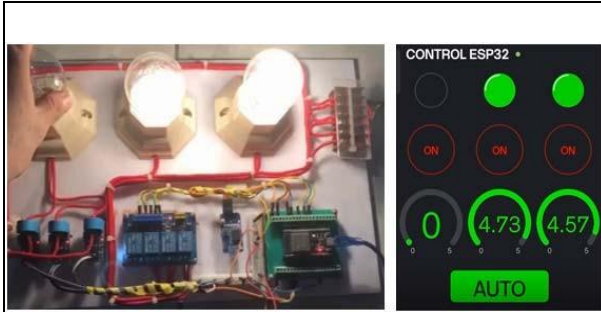
Tabel 4. Pengujian sensor arus ZMCT103C

No	Kondisi Beban	Nilai Arus Sensor 1	Nilai Arus Sensor 2	Nilai Arus Sensor 3	Keterangan
1	Semua beban OFF	0 A	0 A	0 A	Arus nol
2	Beban 1 ON	4.66 A	0 A	0 A	Sensor 1 meningkat
3	Beban 1,2 ON	4.6 A	4.69 A	0 A	Sensor 1,2 meningkat
4	Beban 1,2,3 ON	4.64 A	4.64 A	4.8 A	Sensor 1,2,3 meningkat

Pengujian Jika Beban Abnormal

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana sistem merespons saat terjadi kondisi beban tidak normal, seperti lampu tidak menyala meskipun relay aktif, atau kabel putus pada jalur beban. Sensor arus ZMCT103C akan menunjukkan pembacaan arus nol atau sangat kecil.

Hal ini berguna untuk mendeteksi kerusakan perangkat, gangguan sambungan, atau beban yang gagal bekerja. Gambar 16 menunjukkan tampilan Blynk saat beban abnormal, dan hanya sebagian sensor yang mendeteksi arus.



Gambar 16. Pengujian Jika Beban Abnormal

Tabel 5. Pengujian Jika Beban Abnormal

No	Kondisi Beban	Sensor Arus 1	Sensor Arus 2	Sensor Arus 3	Mode	Keterangan
1	Abnormal (1 lampu)	0,00 A	4,73A	4,57 A	AUTO	Lampu 1 mati
2	Abnormal semua	0,00 A	0,00 A	0,00 A	AUTO	Lampu semua mati

Hasil Pengujian dan Analisis

Berdasarkan hasil pengujian, sistem bekerja sesuai rancangan dan memenuhi fungsionalitas yang diharapkan:

1. RTC DS3231 mampu memicu fungsi otomatisasi relay tepat waktu.
2. Kendali manual melalui Blynk berjalan responsif.
3. Sensor arus ZMCT103C memberikan pembacaan real-time yang akurat.
4. Sistem mampu mendeteksi beban abnormal berdasarkan pembacaan arus.
5. Pemantauan dan kendali dapat dilakukan secara jarak jauh melalui dashboard Blynk.
6. Integrasi antara ESP32, RTC, relay, dan sensor berjalan stabil dan efisien

V. KESIMPULAN

Sistem kontrol beban listrik berbasis NodeMCU ESP32 yang dirancang berhasil berfungsi dengan baik, baik dalam mode otomatis (menggunakan RTC DS3231) maupun manual (melalui Blynk). Sensor arus ZMCT103C mampu membaca arus secara real-time dan akurat, serta mendeteksi kondisi beban abnormal. Pemantauan dapat dilakukan secara lokal maupun jarak jauh. Sistem ini terbukti stabil, efisien, dan memiliki potensi untuk dikembangkan lebih lanjut dalam berbagai skala aplikasi. Hasil pengujian sistem abnormal menghasilkan arus di sensor 1, 2 dan 3 berasnya 0,0 A. Sedangkan pengujian sistem abnormal dimana satu lampu mati, besar arus di sensor 1 sebesar 0,0 A, sensor 2 sebesar 4,73 A dan sensor 3 sebesar 4,57 A.

REFERENSI

- [1] Danniswara A., Christyono Y., and Sukiswo, "Perancangan Sistem Pengukuran Arus dan Proteksi Arus Lebih Pada Sistem Kontrol dan Monitoring dan Monitoring Stop Kontak," *Transient*, 9 - 3., Sep. 2020. [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient>
- [2] Tahir A G R., Isnawaty, Subardin, and Pramono B., "Sistem Monitoring Lampu Penerangan Jalan Umum Berbasis Internet Of Things," *Seminar Nasional Fakultas Teknik Univ Malikusaleh*, 2022.
- [3] Setiawan A., Maulindar J., and Nurchim, "Perancangan Sistem Kendali Otomatis Lampu Jalan Berbasis Internet Of Things," *INFOTECH journal*, vol. 9, no. 1, pp. 243–251, Jun. 2023, doi: 10.31949/infotech.v9i1.5502.
- [4] Keliat R S., "Implementasi Sistem Kontrol Ruang Listrik Berbasis Mikrokontroler," *Jurnal Minfo Polgan*, vol. 11, no. 2, Sep. 2022.
- [5] Putri F A., Jadmiko S W., and Yahya S., "Rancang Bangun IoT Pada Pengendalian Tegangan Simulator Input Output Berbasis PLC-ESP32," Aug. 2021. [Online]. Available: <http://things.ubidots.com/api/v1.6/devices/esp32>,
- [6] Y. Efendi, "INTERNET OF THINGS (IOT) SISTEM PENGENDALIAN LAMPU MENGGUNAKAN RASPBERRY PI BERBASIS MOBILE," *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, vol. 4, no. 1,

2018, [Online]. Available:

<http://ejournal.fikom-unasman.ac.id>

- [7] Bashir S., Ali S., Ahmed S., and Kakkar V.,
“Analog-to-digital converters: A comparative study and performance analysis,” in *Proceeding - IEEE International Conference on Computing, Communication and Automation, ICCCA 2016*, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc., Jan. 2017, pp. 999–1001.
doi: 10.1109/CCAA.2016.7813861.
- [8] Budiyanto U., Fatimah T., and Ariyani P F.,
“Pengenalan Internet of Things (IoT) sebagai Upaya Peningkatan Kualitas Pegawai Kemdikbud,” *Kresna : Jurnal Riset dan Pengabdian Masyarakat*, 1 - 1, Nov. 2021. [Online]. Available:
<https://jurnaldrpm.budiluhur.ac.id/index.php/Kresna/>
- [9] Ermanda B W. and Latifa U., “Kendali Relay Otomatis Dilengkapi Timer dan Deteksi Suhu Menggunakan RTC DS3231,” *Aisyah Journal of Informatic and Electrical Engineering*, vol. 5, no. 2, 2025, [Online]. Available:
<http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>