

IMPLEMENTASI IOT UNTUK EFISIENSI ENERGI LISTRIK: STUDI KASUS DI MASJID NASHRULHAQ, BANJARAN, KABUPATEN BANDUNG

Shafira Febriani*, Muhamad Iqbal Dzulkarnaen, Anggi Cipta Lestari, Yolanda
Georgia Andriani

STMIK AMIK Bandung
e-mail: shafira@stmik-amikbandung.ac.id

Abstract

The efficiency of electrical energy use in public buildings such as mosques is often neglected due to lack of continuous technical supervision, which can lead to operational waste from negligence in turning off electronic devices. This community service activity aims to design and evaluate an Internet of Things (IoT)-based electrical energy monitoring and control system at the Nashrulhaq Banjaran Mosque using an ESP32 microcontroller. The system integrates ZMPT101B, ACS712, and DHT22 sensors for real-time acquisition of voltage, current, temperature, and humidity, with data visualized on the Blynk platform. During March–July 2025 implementation period, the system successfully collected 197,415 telemetry data entries. The evaluation results showed a weekly energy consumption of 2,814 kWh and a projected monthly operational cost of IDR 17,400 for the monitored load. With the remote-control feature, partners can instantly mitigate energy waste, potentially saving more than previous manual bills. Although data transmission reliability reached 100% (Packet Loss 0%), the Quality of Service (QoS) analysis recorded an average delay of 3,702.89 ms, indicating the need for further local network optimization to improve control responsiveness.

Keywords: ESP32, IoT, Quality of Service, Energy Management, MQTT

Abstrak

Efisiensi penggunaan energi listrik pada bangunan publik seperti masjid sering kali terabaikan akibat minimnya pengawasan teknis yang berkelanjutan, yang berpotensi menyebabkan pemborosan operasional akibat kelalaian pemadaman perangkat elektronik. Kegiatan pengabdian ini bertujuan untuk merancang dan mengevaluasi sistem monitoring serta kontrol energi listrik berbasis Internet of Things (IoT) di Masjid Nashrulhaq Banjaran menggunakan mikrokontroler ESP32. Sistem mengintegrasikan sensor ZMPT101B, ACS712, dan DHT22 untuk akuisisi data tegangan, arus, suhu, serta kelembapan secara real-time yang divisualisasikan melalui platform Blynk. Selama periode implementasi Maret–Juli 2025, sistem berhasil mengumpulkan 197.415 entri data telemetri. Hasil evaluasi menunjukkan konsumsi energi mingguan sebesar 2,814 kWh dengan proyeksi biaya operasional sebesar Rp17.400 per bulan untuk beban yang dipantau. Dengan fitur kontrol jarak jauh, mitra dapat memitigasi pemborosan energi secara instan, yang memberikan potensi penghematan dibandingkan dengan tagihan manual sebelumnya. Meskipun keandalan transmisi data mencapai 100% (Packet Loss 0%), analisis Quality of Service (QoS) mencatat rata-rata delay sebesar 3.702,89 ms yang memerlukan optimasi jaringan lokal lebih lanjut untuk meningkatkan responsivitas kontrol.

Kata Kunci: ESP32, IoT, Kualitas Pelayanan, Manajemen Energi, MQTT

PENDAHULUAN

Energi memegang peranan vital dalam mendukung peradaban manusia dalam kategori energi terbarukan maupun tidak terbarukan yang

ketersediaannya semakin terbatas. Di Indonesia, penyediaan energi menjadi salah satu isu strategis nasional seiring dengan proyeksi pertumbuhan populasi yang mencapai 335 juta jiwa pada tahun

2050. Hal ini diperkirakan dapat memicu lonjakan konsumsi energi akibat urbanisasi dan akselerasi ekonomi (Alnavis et al., 2024). Dalam lingkup fasilitas sosial, masjid merupakan salah satu fasilitas dengan tingkat konsumsi energi yang signifikan, terutama untuk mendukung operasional sistem pencahayaan dan pengatur suhu udara demi kenyamanan jamaah. Oleh karena itu, pelaksanaan audit manajemen energi pada bangunan masjid menjadi sangat penting untuk mengidentifikasi potensi penghematan biaya operasional sekaligus mengurangi dampak lingkungan (Rosano dan Sudaradjat, 2024).

Namun, realitas di lapangan menunjukkan bahwa manajemen energi pada bangunan masjid masih menghadapi kendala teknis. Masjid Nashrulhaq di Kabupaten Bandung, sebagai mitra dalam kegiatan ini, memiliki aktivitas ibadah rutin namun belum memiliki sistem pengawasan penggunaan daya listrik yang berkelanjutan. Ketiadaan sistem monitoring menyebabkan pengurus masjid sulit memantau konsumsi energi secara *real-time*, sehingga sering terjadi pemborosan energi akibat perangkat listrik yang tetap menyala saat tidak digunakan. Secara numerik, tanpa

pengawasan yang terukur, potensi pemborosan energi pada bangunan publik dapat mencapai angka yang signifikan dibandingkan dengan jika dilakukan manajemen beban secara aktif. Berdasarkan data awal, efisiensi monitoring pada sistem ini mampu melacak konsumsi mingguan sebesar 2,814 kWh, yang jika tidak dikelola, dapat menjadi beban finansial yang tidak terukur bagi pengelola DKM.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, teknologi *Internet of Things* (IoT) hadir sebagai solusi inovatif melalui konektivitas internet yang menghubungkan berbagai objek fisik untuk mempermudah aktivitas manusia (Selay et al., 2022). Implementasi IoT dalam manajemen energi memungkinkan transformasi sistem manual menjadi sistem digital yang cerdas. Penggunaan mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses utama sangat efektif karena kemampuannya terhubung langsung ke jaringan Wi-Fi tanpa perangkat tambahan, serta didukung fitur teknis seperti pin GPIO yang luas (Nizam et al., 2022).

Keberhasilan sistem monitoring ini sangat bergantung pada integrasi sensor presisi untuk menangkap parameter kelistrikan secara akurat. Pengukuran

tegangan AC dilakukan melalui sensor ZMPT101B (Prateek, 2023), sementara pemantauan arus menggunakan sensor ACS712 yang memanfaatkan efek Hall (Nyebartilmu, 2017; Handson Technology, n.d.). Selain itu, pemantauan kondisi lingkungan melalui sensor DHT22 diperlukan untuk menjaga akurasi temperatur dan kelembapan (Liu, n.d.; Mfgrobots, n.d.), dengan seluruh instruksi pemrograman yang disusun melalui Arduino IDE (Kamal et al., 2023). Efektivitas kombinasi teknologi ini telah dibuktikan dalam berbagai skenario, mulai dari monitoring beban 3 fasa (Yuniarto et al., 2023), otomasi perangkat masjid (Tundo et al., 2024), hingga berbagai aplikasi penghematan daya lainnya (Oktafiani dan Widhiantoro, 2025.; Al Fatoni et al., 2021; Fandhy et al., 2024; Soambaton et al., 2024; Al Bahar & Hanafi, 2024; Components101, 2020).

Agar solusi yang ditawarkan kepada mitra berjalan responsif, digunakan protokol komunikasi MQTT yang efisien (Widianto & Albert, 2022), dengan pengelolaan data pada *platform cloud* Antares (PT Telekomunikasi Indonesia, 2024) serta visualisasi interaktif melalui Blynk (Galon et al., 2025). Evaluasi keandalan sistem

dilakukan melalui analisis *Quality of Service* (QoS) menggunakan perangkat lunak Wireshark untuk memastikan parameter seperti *throughput*, *packet loss*, *delay*, dan *jitter* berada pada standar yang baik (Hasbi dan Saputra, 2021; Palcomtech, 2024).

Melalui perancangan perangkat monitoring yang mengacu pada standar pengembangan sistem modern (Rahma et al., 2023), kegiatan PkM ini bertujuan untuk menyelesaikan permasalahan manajemen energi di Masjid Nashrulhaq yang diintegrasikan menggunakan teknologi IoT. Diharapkan pengurus masjid memiliki kemandirian teknis untuk mengakses riwayat penggunaan energi, melakukan analisis biaya, serta mengatur perangkat listrik secara lebih efektif dan efisien guna mendukung keberlanjutan operasional masjid.

PELAKSANAAN DAN METODE

1. Lokasi dan Subjek Mitra

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan di Masjid Nashrulhaq, Kampung Pangkalan, Desa Tarajusari, Kecamatan Banjaran, Kabupaten Bandung. Mitra utama kegiatan adalah pengurus Dewan Kemakmuran Masjid (DKM) yang dipimpin oleh Bapak Hasan Nurdin, S.Ag. Karakteristik mitra

adalah pengelola operasional yang bertanggung jawab atas fasilitas dan pembiayaan energi, namun menghadapi kendala dalam pengawasan teknis perangkat elektronik secara kontinu.

2. Tahapan Pelaksanaan

Program dilaksanakan selama lima bulan yang dimulai sejak bulan Maret

hingga bulan Juli 2025 dengan menggunakan pendekatan *Research and Development* (R&D) yang dikombinasikan dengan pendampingan teknis. Detail tahapan kegiatan disusun secara sistematis pada Tabel 1 guna memastikan ketercapaian target program.

Tabel 1. Timeline Tahapan Kegiatan PkM

Bulan	Tahapan Kegiatan	Output/Target
Maret	Survei Lapangan & Analisis Kebutuhan	Pemetaan beban listrik utama (lampu, kipas, audio).
April	Perancangan & Fabrikasi Perangkat	Prototipe sistem kontrol berbasis ESP32.
Mei	Instalasi & Kalibrasi Sensor	Akurasi pembacaan parameter arus dan tegangan.
Juni	Difusi Ipteks & Pelatihan Mitra	Kemandirian mitra dalam operasional aplikasi Blynk.
Juli	Pengujian Kinerja & Evaluasi	Data <i>Quality of Service</i> (QoS) dan laporan dampak.

3. Perancangan Sistem

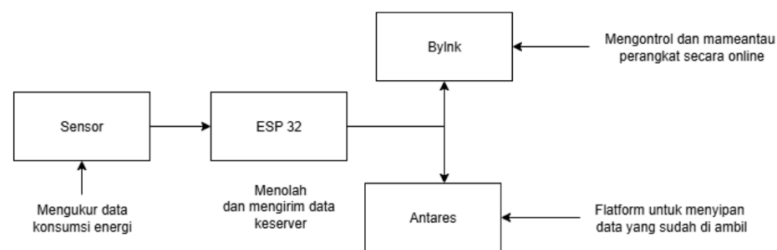
Pelaksanaan program berlangsung selama lima bulan, terhitung mulai bulan Maret hingga Juli 2025, yang mencakup tahap pengumpulan data hingga implementasi sistem. Peserta yang terlibat dalam kegiatan ini adalah para pengurus Dewan Kemakmuran Masjid (DKM) Nashrulhaq, dengan Bapak Hasan Nurdin, S.Ag., selaku Ketua DKM sebagai mitra utama. Peserta

memiliki latar belakang sebagai pengelola operasional masjid yang bertanggung jawab penuh terhadap pemeliharaan fasilitas dan pembayaran tagihan listrik, namun memiliki keterbatasan dalam hal pengawasan teknis perangkat elektronik secara berkelanjutan. Melalui keterlibatan aktif pengurus, kegiatan ini bertujuan untuk mentransformasi manajemen energi

tradisional menjadi sistem yang berbasis data digital.

Metode yang diterapkan dalam kegiatan ini mengkombinasikan pendekatan *Research and Development* (R&D) dengan model prototipe serta

pendampingan teknis secara langsung kepada mitra. Tahap awal dimulai dengan analisis kebutuhan melalui wawancara dan observasi untuk memetakan beban listrik utama seperti lampu, kipas angin, dan sistem pengeras suara.



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Selanjutnya, dilakukan difusi ipteks melalui perancangan dan instalasi perangkat keras yang terdiri dari mikrokontroler ESP32, sensor tegangan ZMPT101B, sensor arus ACS712, dan sensor suhu DHT22. Materi yang disampaikan kepada mitra mencakup edukasi mengenai cara kerja sistem monitoring, pengenalan parameter listrik seperti voltase dan daya (Watt), serta simulasi penggunaan aplikasi Blynk untuk kontrol jarak jauh (Gambar 1).

4. Pengujian Sistem

Untuk mengukur efektivitas program pemberdayaan mitra, dikembangkan dua instrumen evaluasi sosial yang dilaksanakan secara terpisah dari pengujian teknis, sebagai berikut.

Pertama, kuesioner *pre-test* dengan skala Likert 1–5 (1 = Sangat Tidak Mampu, 5 = Sangat Mampu) diberikan kepada lima pengurus DKM sebelum pelatihan (*pre-test*, Mei 2025) dan setelah pelatihan (*post-test*, Juni 2025). Kuesioner mengukur empat indikator: (a) pemahaman konsumsi energi, (b) kemampuan membaca data pemantauan pada aplikasi Blynk, (c) kemampuan mengoperasikan kendali jarak jauh, dan (d) kepercayaan diri dalam manajemen energi masjid secara digital. Kedua, wawancara terstruktur dilakukan dengan Ketua DKM pada bulan Juli 2025 untuk menggali perubahan perilaku operasional setelah sistem terpasang, meliputi frekuensi kejadian pemborosan energi akibat kelalaian, waktu respons

penanganan insiden, dan kepuasan terhadap fitur sistem.

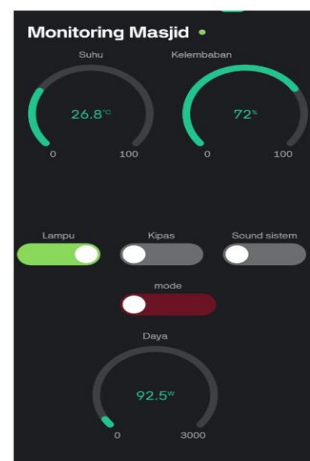
Proses pendampingan dilakukan secara intensif untuk memastikan pengurus masjid mampu mengoperasikan antarmuka digital pada *smartphone* dan memahami visualisasi data yang ditampilkan. Selama masa pengujian dari tanggal 20 hingga 27 Juli 2025, mitra dipandu untuk memantau fluktuasi daya listrik dan melakukan tindakan kontrol melalui sakelar virtual pada aplikasi jika ditemukan penggunaan energi yang tidak efisien.

Selain pelatihan teknis, dilakukan pula sesi konsultasi terkait evaluasi keandalan jaringan melalui protokol MQTT guna memberikan pemahaman bahwa sistem tetap dapat bekerja secara akurat meskipun terdapat variasi waktu tunda (*delay*) pada jaringan lokal. Rangkaian metode ini diakhiri dengan evaluasi bersama mitra untuk melihat potensi pengembangan sistem, seperti penghitungan estimasi biaya bulanan otomatis dan perluasan kontrol pada perangkat boros listrik lainnya seperti pompa air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Implementasi Sistem dan Antarmuka Kontrol

Implementasi sistem monitoring energi di Masjid Nashrulhaq telah berhasil mengintegrasikan perangkat keras berbasis mikrokontroler ESP32 dengan platform digital Antares dan Blynk. Prototipe fisik yang terpasang menggunakan sensor ZMPT101B untuk mendeteksi tegangan AC, ACS712 untuk memantau arus, serta DHT22 untuk akuisisi data suhu dan kelembapan secara real-time. Melalui koneksi Wi-Fi, seluruh parameter kelistrikan dikirimkan ke *dashboard* Blynk yang dirancang dengan antarmuka yang ramah pengguna, mencakup indikator visual berupa *gauge* untuk daya (Watt) serta sakelar virtual untuk mengendalikan lampu, kipas angin, dan *sound system* secara jarak jauh (Gambar 2).



Gambar 2. Kontrol dengan Aplikasi

Penggunaan *platform* ini memungkinkan pengurus masjid untuk melakukan sinkronisasi status perangkat secara instan, di mana setiap perintah *ON/OFF* yang diberikan melalui aplikasi dapat langsung dieksekusi oleh *modul relay* pada sisi beban AC.

2. Hasil Pemantauan Konsumsi Energi dan Lingkungan

Selama periode pengujian intensif pada 20–27 Juli 2025, sistem berhasil

mengumpulkan sekitar 197.415 entri data telemetri dengan pembaruan setiap satu menit. Data menunjukkan bahwa profil penggunaan listrik di masjid sangat dipengaruhi oleh waktu pelaksanaan ibadah salat berjemaah dan kegiatan keagamaan rutin lainnya (Gambar 3).



Gambar 3. Grafik Hasil Pemantauan

Grafik pemantauan harian menunjukkan pola konsumsi energi yang berbeda pada setiap waktu penggunaan; misalnya, pada tanggal 25 Juli 2025, tercatat konsumsi daya yang lebih tinggi dengan puncak di atas 230 Watt pada jam-jam ibadah (pukul 11.00, 16.00, dan 19.00), yang mengindikasikan penggunaan intensif seluruh perangkat elektronik. Sebaliknya, ditemukan anomali data seperti pada tanggal 22 Juli, di mana data menunjukkan nilai nol selama beberapa jam akibat adanya kendala

teknis berupa kabel sensor yang terlepas, yang dapat segera dideteksi oleh pengurus melalui aplikasi.

3. Analisis Estimasi Biaya Operasional

Berdasarkan data energi yang terekam selama satu minggu pengujian (total 2,814 kWh), dilakukan proyeksi biaya listrik bulanan untuk memberikan gambaran finansial kepada pengurus masjid. Dengan mengacu pada tarif dasar listrik PLN untuk golongan R-1/TR daya 1.300 VA sebesar Rp1.444,70

per kWh, estimasi biaya dihitung sebagai berikut.

Biaya mingguan: $2,814 \text{ kWh} \times \text{Rp}1.444,70 = \text{Rp}4.067,00$. Adapun rata-rata konsumsi harian sebesar $0,402 \text{ kWh}$ menghasilkan proyeksi biaya bulanan: $0,402 \text{ kWh} \times 30 \text{ hari} \times \text{Rp}1.444,70 \approx \text{Rp}17.400,00$. Analisis ini memberikan nilai tambah bagi mitra dalam

merencanakan anggaran operasional secara lebih akurat dibandingkan metode perkiraan manual sebelumnya yang tidak berbasis data terukur.

4. Evaluasi Performa Jaringan (Quality of Service)

Evaluasi pemberdayaan dilakukan melalui dua instrumen: kuesioner pre-post test dan wawancara terstruktur.

Tabel 2. Hasil Kuesioner Literasi Digital Pengurus DKM (Skala Likert 1–5)

Indikasi Penilaian	Rata-Rata (Pretest)	Rata-Rata (Posttest)	Selisih (Δ)	Peningkatan (%)
Pemahaman konsumsi energi listrik	2,2	4,4	+2,2	100%
Kemampuan membaca data (Blynk)	1,8	4,2	+2,4	133%
Kemampuan mengoperasikan kendali jarak jauh	1,6	4,0	+2,4	150%
Kepercayaan diri dalam manajemen energi digital	2,0	4,2	+2,2	110%
Rata-rata keseluruhan	1,9	4,2	+2,3	121%

Hasil menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan yang sangat baik pada seluruh indikator literasi digital mitra. Peningkatan terbesar terjadi pada kemampuan mengoperasikan kendali jarak jauh (+150%) dan membaca data pemantauan (+133%), yang mengindikasikan bahwa antarmuka Blynk cukup intuitif untuk dipelajari oleh pengguna dengan latar belakang non-teknis setelah melalui pelatihan terstruktur (Tabel 2).

Hasil wawancara terstruktur dengan Ketua DKM, Bapak Hasan Nurdin, S.Ag., mengungkapkan

perubahan perilaku operasional yang nyata sebelum dan sesudah implementasi sistem. Sebelum sistem terpasang, kejadian pemborosan energi akibat kelalaian manusia (seperti lupa mematikan lampu atau kipas setelah kegiatan ibadah) terjadi empat hingga lima kali per minggu dengan waktu respons yang lambat karena pengurus harus secara fisik hadir di lokasi. Setelah sistem aktif, frekuensi kejadian tersebut turun menjadi nol hingga satu kali per minggu, dan waktu respons penanganan berkurang dari lebih dari 30 menit menjadi kurang dari 5 menit berkat fitur

kendali jarak jauh via *smartphone* (Tabel 3).

Hal ini memperkuat bahwa implementasi sistem IoT tidak hanya menghasilkan manfaat teknis berupa ketersediaan data yang sebelumnya tidak ada, tetapi juga mengubah pola perilaku pengurus DKM dalam mengelola energi masjid secara fundamental. Kegiatan PkM ini berhasil meningkatkan literasi digital pengelola fasilitas sosial dalam memanfaatkan teknologi untuk pemeliharaan yang lebih modern dan akuntabel. Sebagai masukan pengembangan, mitra menyarankan simplifikasi visualisasi data agar informasi teknis

lebih inklusif bagi seluruh staf dengan berbagai latar belakang.

5. Dampak bagi Mitra dan Tanggapan Pengguna

Berdasarkan hasil wawancara evaluasi, implementasi sistem ini terbukti memberikan solusi konkret bagi pengurus masjid dalam memitigasi risiko pemborosan energi akibat kelalaian manusia. Bapak Hasan Nurdin, S.Ag., selaku Ketua DKM Masjid Nashrulhaq, menegaskan bahwa fitur kendali jarak jauh melalui *smartphone* merupakan aspek yang paling signifikan karena memberikan fleksibilitas serta ketenangan bagi pengelola meskipun sedang tidak berada di lokasi.

Tabel 3. Perbandingan Indikator Perubahan Perilaku Sebelum dan Sesudah Implementasi

Indikator Perilaku	Sebelum Implementasi	Sesudah Implementasi
Frekuensi kelalaian pemadaman alat per minggu	4–5 kali	0–1 kali
Waktu respons penanganan pemborosan energi	> 30 menit (harus ke lokasi)	< 5 menit (via aplikasi Blynk)
Ketersediaan data konsumsi energi historis	Tidak tersedia	Tersedia (197.415 entri, akses real-time)
Dasar pengambilan keputusan anggaran energi	Perkiraan manual	Data terukur (proyeksi Rp17.400/bulan)
Kemampuan deteksi anomali perangkat	Tidak ada	Terdeteksi otomatis via notifikasi aplikasi

Kegiatan PkM ini tidak hanya berdampak pada efisiensi biaya operasional masjid, tetapi juga berperan penting dalam meningkatkan literasi

digital (*digital literacy*) para pengelola dalam memanfaatkan teknologi untuk pemeliharaan fasilitas sosial. Sebagai masukan untuk pengembangan keberlanjutan, mitra menyarankan adanya simplifikasi pada visualisasi data agar informasi teknis yang disajikan lebih inklusif dan mudah dipahami oleh seluruh staf pengelola dengan berbagai latar belakang pemahaman teknologi.

PENUTUP

Simpulan

Kegiatan pengabdian ini telah berhasil mentransformasi manajemen energi di Masjid Nashrulhaq dari sistem konvensional menjadi berbasis data digital, sekaligus memberdayakan pengurus DKM melalui pelatihan terstruktur dan pendampingan teknis. Implementasi teknologi IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 dan platform Blynk terbukti menjadi solusi nyata dalam mengatasi kelalaian pemadaman perangkat listrik dan ketidakpastian biaya operasional. Melalui sistem ini, mitra kini memiliki transparansi data konsumsi energi sebesar 2,814 kWh per minggu dengan proyeksi biaya terukur sekitar Rp17.400 per bulan untuk beban yang dipantau. Dari aspek pemberdayaan, kuesioner pre–post menunjukkan peningkatan rata-

rata skor literasi digital dari 1,9 menjadi 4,2 (skala 1–5), dan frekuensi kejadian pemborosan akibat kelalaian manusia berkurang dari 4–5 kali menjadi 0–1 kali per minggu. Keandalan transmisi data sebesar 100% (*packet loss* 0%) memastikan bahwa informasi yang diterima mitra selalu akurat sebagai dasar pengambilan keputusan manajemen energi.

Saran

Untuk keberlanjutan program, disarankan dilakukan pendampingan berkala dalam pemeliharaan perangkat keras dan pembaruan antarmuka aplikasi. Optimasi jaringan nirkabel di lokasi masjid sangat diperlukan untuk meminimalkan nilai *delay* sebesar 3.702,89 ms guna meningkatkan kenyamanan penggunaan fitur kendali *real-time*. Program ini juga memiliki potensi besar untuk dikembangkan dengan penambahan modul kontrol pada perangkat berdaya tinggi lainnya, seperti sistem pompa air otomatis, guna memaksimalkan dampak penghematan biaya operasional masjid secara menyeluruh.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada tim Dosen STMIK AMIK Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Bahar, A. K., & Hanafi, T. L. (2024). Aplikasi NodeMCU ESP8266 dan sensor ultrasonic HC-SR04 sebagai pendeteksi banjir. *Jurnal Elektro*, 12(1), 1–11.
- Al Fatoni, I., Suhanto, S., & Iswahyudi, P. (2021). Rancang bangun smart socket menggunakan Arduino berbasis Internet of Things. *Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)*, 5(1). <https://doi.org/10.46491/snitp.v5i1.875>.
- Alnavis, N. B., Wirawan, R. R., Solihah, K. I., & Nugroho, V. H. (2024). Energi listrik berkelanjutan: Potensi dan tantangan penyediaan energi listrik di Indonesia. *Journal of Innovation Materials, Energy, and Sustainable Engineering*, 1(2). <https://doi.org/10.61511/jimese.v1i2.2024.544>.
- Components101. (2020). *5V single-channel relay module*. <https://components101.com/switches/5v-single-channel-relay-module-pinout-features-applications-working-datasheet>. Diakses pada 21 Maret 2026.
- Fandhy, K., Krismanto, A. U., & Pudji, W. (2024). Rancang bangun remote monitoring wind turbine pada PLTB skala mikro. *Magnetika: Jurnal Mahasiswa Teknik Elektro*, 8(1), 441-450.
- Galon, M. L. Q., Tumaliwan, M. V. R., & Sejera, M. M. (2025). Automated monitoring and control system of solar greenhouse using ESP32 and Blynk application. *Engineering Proceedings*, 92(1), 57. <https://doi.org/10.3390/engproc2025092057>.
- Handson Technology. (n.d.). *User guide ACS712 Hall current sensor module specifications*. <https://www.handsontec.com>. Diakses pada 21 Maret 2026.
- Hasbi, M., & Saputra, N. R. (2021). Analisis quality of service (QoS) jaringan internet kantor pusat King Bukopin dengan menggunakan Wireshark. *Jurnal Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Komputer*, 12(1).
- Kamal, K., Firdayanti, F., Tyas, U. M., Buckhari, A. A., & Pattasang, P. (2023). Implementasi aplikasi Arduino IDE pada mata kuliah

- sistem digital. *TEKNOS: Jurnal Pendidikan dan Teknologi*, 1(1).
- Liu, T. (n.d.). *Digital-output relative humidity & temperature sensor/module DHT22 (AM2302)*.
- Mfgrobots. (n.d.). *PinOut DHT22*. <https://id.mfgrobots.com/mfg/it/1006029628.html>. Diakses pada 21 Maret 2026.
- Nizam, M., Yuana, H., & Wulansari, Z. (2022). Mikrokontroler ESP32 sebagai alat monitoring pintu berbasis web. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(2), 767–772.
- Nyebartilmu. (2017). *Tutorial Arduino mengakses sensor arus*. <https://www.nyebartilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-sensor-arus/>. Diakses pada 21 Maret 2026.
- Oktafiani, F., & Widhiantoro, D. (2025). Studi literatur penggunaan ESP32 untuk sistem keamanan lingkungan rumah. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Vokasi*, 4, 267–274.
- Palcomtech. (2024). *Wireshark menganalisa lalu lintas data jaringan*. <https://palcomtech.ac.id/wireshark-menganalisa-lalu-lintas-data-jaringan/>. Diakses pada 21 Maret 2026.
- Prateek. (2023). *ZMPT101B voltage sensor*. Just Do Electronics. <https://justdoelectronics.com/zmpt101b-voltage-sensor/>. Diakses pada 21 Maret 2026.
- PT Telekomunikasi Indonesia Tbk. (2024). *Antares*. <https://docs.antares.id/>. Diakses pada 21 Maret 2026.
- Rahma, A., Indriyano, F., & Sandi, T. A. A. (2023). Perancangan dan implementasi monitoring perangkat server menggunakan Zabbix pada PT Rizki Tujuh Belas Kelola. *Jurnal INSAN (Journal of Information Systems Management Innovation)*, 3(2), 85–95.
- Rosano, A., & Sudaradjat, D. (2024). Audit manajemen energi pada sistem penerangan dan tata udara Masjid Muttaqien Cibadak Sukabumi. *INSANtek*, 5(2), 42–48. <https://doi.org/10.31294/insantek.v5i2.7129>.
- Selay, A., Andigha, G. D., Alfarizi, A., Bintang Wahyudi, M. I., Falah, M. N., Khaira, M., & Encep, M. (2022). Internet of Things. *Karimah Tauhid*, 1(6), 860–868.

- <https://doi.org/10.30997/karimahtauhid.v1i6.7633>.
- Soambaton, M. F., Djuniadi, D., & Al-Azhari, A. H. (2024). Monitoring kolam ikan nila berbasis IoT dengan sensor amonia, suhu, ketinggian, dan pH. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 12(2). <https://doi.org/10.23960/jitet.v12i2.4021>.
- Tundo, T., Azhar, A. N., Setiawan, K., & Aula, R. F. (2024). Penerapan IoT dalam sistem monitoring suhu dan kelembapan pada lahan bawah tanah Masjid Al-Barkah. *Jurnal JTik (Jurnal Teknologi Informasi dan Komunikasi)*, 9(1), 334–343. <https://doi.org/10.35870/jtik.v9i1.3199>.
- Widianto, M. H., & Albert, M. C. (2022). Purwarupa perangkat pelindung jemuran pada rumah pintar berbasis IoT memanfaatkan MQTT dan fog computing. *Jurnal Listrik, Instrumentasi, dan Elektronika Terapan (JuLIET)*, 3(1). <https://doi.org/10.22146/juliet.v3i1.74004>.
- Yuniarto, W., Irman, I., Suparno, S., Rusman, R., Diponegoro, M., & Edi, E. (2023). Rancang bangun sistem monitoring dan kontrol energi listrik pada beban 3 fasa menggunakan ESP32 berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Poli-Teknologi*, 22(1), 30–38. <https://doi.org/10.32722/pt.v22i1.5102>.