

**PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING ARUS,
TEGANGAN, DAYA DAN KONSUMSI ENERGI
LISTRIK BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32 PADA
RUANG BEM IKIP PGRI BOJONEGORO**

SKRIPSI



**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk
memperoleh Sarjana Pendidikan**

**Oleh:
M. Zaenal Arif
22320024**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU
PENGETAHUAN ALAM
IKIP PGRI BOJONEGORO
2026**

**PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING ARUS,
TEGANGAN, DAYA DAN KONSUMSI ENERGI
LISTRIK BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32 PADA
RUANG BEM IKIP PGRI BOJONEGORO**

SKRIPSI

Dipersembahkan kepada
IKIP PGRI Bojonegoro
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Sarjana Pendidikan

Oleh:

**M. Zaenal Arif
22320024**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNOLOGI INFORMASI
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU
PENGETAHUAN ALAM
IKIP PGRI BOJONEGORO
2026**

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi dengan judul Pengembangan Sistem Monitoring Arus, Tegangan, Daya Dan Konsumsi Energi Listrik Berbasis IOT menggunakan ESP32 Pada Ruang BEM IKIP PGRI BOJONEGORO disusun oleh:

Nama : M. Zaenal Arif

NIM : 22320024

Program Studi : Pendidikan Teknologi Informasi

untuk disetujui oleh dosen pembimbing skripsi dan diajukan ke tahap skripsi

Bojonegoro, 17 Juli 2026

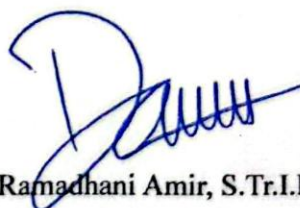
Pembimbing I



Dr. Ahmad Kholiqul Amin, M.Pd.

NIDN. 0727088801

Pembimbing II



Day Ramadhani Amir, S.Tr.I.Kom., M.Pd.

NIDN. 0703039403

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Pengembangan Sistem *Monitoring* Arus, Tegangan, Daya Dan Konsumsi Energi Listrik Berbasis Iot Menggunakan Esp32 Pada Ruang BEM IKIP PGRI Bojonegoro disusun oleh:

Nama : M. Zaenal Arif
NIM : 22320024
Program Studi : Pendidikan Teknologi Informasi

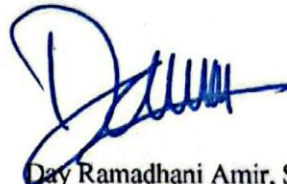
Telah dipertahankan dalam sidang skripsi pada Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, IKIP PGRI Bojonegoro pada hari Rabu, tanggal 22 Juli 2026

Bojonegoro, 10 Agustus 2026
Sekretaris,

Ketua,



Dr. Puput Suriyah, M.Pd.
NIDN. 0725079001



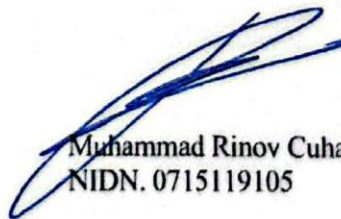
Day Ramadhani Amir, S.Tr.I.Kom., M.Pd.
NIDN. 0703039403

Penguji I,



Day Ramadhani Amir, S.Tr.I.Kom., M.Pd.
NIDN. 0703039403

Penguji II,



Muhammad Rinov Cuhazriansyah, S.T., M.Pd.T
NIDN. 0715119105

Rektor,

Dr. Dra. Junarti, M.Pd.
NIDN. 0014016501

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

"Kalau ingin hidup tenang, jangan sibuk membandingkan hidupmu dengan hidup orang lain. Sibukkan dirimu dengan memperbaiki diri."

- KH. Ahmad Bahauddin Nursalim (Gus Baha) -

PERSEMBAHAN

Dengan mengucapkan puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya, skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Kedua orang tua tercinta, yang senantiasa memberikan kasih sayang, doa, dukungan, pengorbanan, serta motivasi tanpa henti dalam setiap langkah perjalanan hidup penulis.
2. Bapak Dr. Ahmad Kholiqul Amin, M.Pd. selaku dosen pembimbing I dan Bapak Day Ramadhani Amir, S.Tr.I.Kom., M.Pd. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran, dan motivasi sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
3. Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi IKIP PGRI Bojonegoro, yang telah memberikan ilmu, pengalaman, serta bimbingan selama masa perkuliahan.
4. Keluarga, sahabat, dan teman-teman seperjuangan, yang selalu memberikan semangat, dukungan, serta kebersamaan selama proses penyusunan skripsi.
5. Semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga segala kebaikan yang diberikan mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Allah Swt.

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS

Dengan ini, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : M. Zaenal Arif
NIM : 22320024
Program Studi : Pendidikan Teknologi Informasi
Fakultas : Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Demi menjunjung tinggi integritas akademik, dengan tulus dan tanpa ada paksaan dari pihak mana pun, saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul:

**PENGEMBANGAN SISTEM *MONITORING* ARUS, TEGANGAN, DAYA
DAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK BERBASIS IOT
MENGUNAKAN ESP32 PADA RUANG BEM IKIP PGRI
BOJONEGORO**

merupakan hasil karya asli saya sendiri dan semua sumber informasi yang digunakan telah saya cantumkan dengan jelas dalam daftar referensi berdasarkan kode etik ilmiah. Saya menyadari bahwa apabila ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan terkait dengan keaslian karya ini, saya secara pribadi bersedia menerima konsekuensi sesuai dengan peraturan yang berlaku dan siap menanggung sanksi hukum.

Bojonegoro, 20 Juli 2026



M. Zaenal Arif
NIM. 22320024

ABSTRAK

I, Arif M.Z. (2026). Pengembangan Sistem Monitoring Arus, Tegangan, Daya dan Konsumsi Energi Listrik Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan ESP32 pada Ruang BEM di IKIP PGRI Bojonegoro. Skripsi. Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi. Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. IKIP PGRI Bojonegoro. Pembimbing I Dr. Ahmad Kholiqul Amin, M.Pd., Pembimbing II Day Ramadhani Amir, S.Tr.I.Kom., M.Pd.

Kata Kunci: *Internet of Things* (IoT), ESP32, PZEM-004T, Monitoring Energi Listrik, ADDIE

Pemantauan penggunaan energi listrik di Ruang BEM IKIP PGRI Bojonegoro selama ini masih dilakukan secara manual, sehingga informasi mengenai arus, tegangan, daya, dan konsumsi energi listrik belum dapat diperoleh secara real-time. Kondisi tersebut menyebabkan pihak pengelola mengalami kesulitan dalam memantau penggunaan energi listrik, mengidentifikasi potensi pemborosan, serta melakukan evaluasi terhadap efisiensi penggunaan energi. Penelitian ini mengembangkan sistem monitoring energi listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32 sebagai alternatif sistem pemantauan yang mampu menyajikan informasi penggunaan energi listrik secara real-time melalui dashboard berbasis web. Rumusan masalah penelitian ini adalah: (1) bagaimana tahapan pengembangan sistem monitoring arus, tegangan, daya, dan konsumsi energi listrik berbasis IoT menggunakan ESP32; (2) bagaimana tingkat kelayakan sistem yang dikembangkan; dan (3) bagaimana respons pengguna terhadap sistem monitoring yang telah dikembangkan. Penelitian ini merupakan penelitian dan pengembangan (*Research and Development/R&D*) menggunakan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation*). Subjek uji coba terdiri atas pengguna yang terlibat dalam penggunaan sistem monitoring di Ruang BEM IKIP PGRI Bojonegoro. Data dikumpulkan melalui angket validasi ahli dan angket respons pengguna, kemudian dianalisis menggunakan rumus rata-rata skor untuk menentukan tingkat kelayakan dan respons terhadap produk yang dikembangkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem monitoring berhasil mengukur parameter tegangan, arus, daya, dan konsumsi energi listrik menggunakan sensor PZEM-004T, kemudian mengirimkan data secara real-time melalui ESP32 ke server dan menampilkannya pada dashboard berbasis web. Hasil validasi ahli menunjukkan sistem berada pada kategori Sangat Layak, sedangkan hasil respons pengguna menunjukkan kategori Sangat Baik. Dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring arus, tegangan, daya, dan konsumsi energi listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32 yang dikembangkan dengan model ADDIE layak digunakan sebagai media pemantauan energi listrik di Ruang BEM IKIP PGRI Bojonegoro, mampu membantu pengelola dalam mengawasi penggunaan energi listrik secara real-time, serta mendukung upaya penghematan energi di lingkungan kampus.

ABSTRACT

I, Arif M.Z. (2026). *Development of an Internet of Things (IoT)-Based Electrical Current, Voltage, Power, and Energy Consumption Monitoring System Using ESP32 in the Student Executive Board (BEM) Room at IKIP PGRI Bojonegoro*. Undergraduate Thesis. Study Program of Information Technology Education. Faculty of Mathematics and Natural Sciences Education. IKIP PGRI Bojonegoro. First Advisor Dr. Ahmad Kholiqul Amin, M.Pd., Second Advisor Day Ramadhani Amir, S.Tr.I.Kom., M.Pd.

Keywords: *Internet of Things (IoT), ESP32, PZEM-004T, Electrical Energy Monitoring, ADDIE*

Monitoring of electrical energy consumption in the BEM Room at IKIP PGRI Bojonegoro has so far been conducted manually, making information regarding current, voltage, power, and electrical energy consumption unavailable in real time. This condition makes it difficult for administrators to monitor electricity usage, identify potential energy waste, and evaluate energy efficiency. This study develops an Internet of Things (IoT)-based electrical energy monitoring system using ESP32 as an alternative monitoring system capable of presenting electrical energy consumption information in real time through a web-based dashboard. The research problems are: (1) how to develop an IoT-based monitoring system for current, voltage, power, and electrical energy consumption using ESP32; (2) what is the feasibility level of the developed system; and (3) how do users respond to the developed monitoring system. This study is a research and development (R&D) study using the ADDIE model (Analysis, Design, Development, Implementation, Evaluation). The trial subjects consisted of users involved in operating the monitoring system in the BEM Room at IKIP PGRI Bojonegoro. Data were collected through expert validation questionnaires and user response questionnaires, then analyzed using the mean score formula to determine the feasibility and user response to the developed product. The results showed that the monitoring system successfully measured voltage, current, power, and electrical energy consumption parameters using the PZEM-004T sensor, transmitted the data in real time through the ESP32 to the server, and displayed the information on a web-based dashboard. The expert validation results indicated that the system was categorized as Highly Feasible, while the user response results were categorized as Very Good. It can be concluded that the IoT-based electrical current, voltage, power, and energy consumption monitoring system using ESP32, developed through the ADDIE model, is feasible to be used as a medium for monitoring electrical energy in the BEM Room at IKIP PGRI Bojonegoro, capable of assisting administrators in monitoring electrical energy usage in real time, and supporting energy-saving efforts within the campus environment.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal skripsi yang berjudul “PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING ARUS, TEGANGAN, DAYA DAN KONSUMSI ENERGI LISTRIK BERBASIS IOT MENGGUNAKAN ESP32 PADA RUANG BEM IKIP PGRI BOJONEGORO”. Proposal skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Teknologi Informasi, IKIP PGRI Bojonegoro.

Penyusunan proposal skripsi ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring arus, tegangan, daya, dan konsumsi energi listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan mikrokontroler ESP32 yang mampu melakukan pemantauan penggunaan energi listrik secara real-time pada Ruang BEM di IKIP PGRI Bojonegoro. Sistem yang dikembangkan diharapkan dapat membantu pihak kampus dalam memantau penggunaan energi listrik secara lebih efektif, mengidentifikasi potensi pemborosan energi, serta mendukung upaya pengelolaan dan penghematan energi listrik secara berkelanjutan.

Penulis menyadari bahwa proses penyusunan proposal skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ahmad Kholiql Amin, M.Pd. selaku dosen pembimbing I dan Bapak Day Ramadhani Amir, S.Tr.I.Kom., M.Pd. selaku dosen

pembimbing II yang telah memberikan arahan, bimbingan, serta motivasi selama proses penyusunan proposal skripsi ini.

2. Bapak/Ibu dosen penguji yang telah memberikan masukan dan saran demi penyempurnaan proposal skripsi ini.
3. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, dukungan moral, dan motivasi kepada penulis.
4. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah membantu terselesaikannya proposal skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa proposal skripsi ini masih memiliki keterbatasan dan kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun demi penyempurnaan penelitian ini. Semoga proposal skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca serta berkontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang pendidikan dan teknologi pembelajaran.

Bojonegoro, 29 Desember 2025
Penulis

M. Zaenal Arif

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah.....	6
C. Tujuan Penelitian	7
D. Manfaat Penelitian	7
1. Manfaat Teoretis	8
2. Manfaat Praktis	8
E. Definisi Operasional	11
F. Spesifikasi Produk	14
G. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan	16

BAB II KAJIAN PUSTAKA	18
A. Kajian Pustaka	18
1. Energi Listrik dan Konsumsi Energi.....	18
2. Sistem Monitoring Energi Listrik	23
3. Internet of Things (IoT) dalam Monitoring Energi Listrik	24
4. Mikrokontroler ESP32	25
5. Sensor Arus dan Sensor Tegangan.....	27
6. Sistem Monitoring Energi Listrik Berbasis Web.....	31
7. Penelitian Terdahulu tentang Sistem Monitoring Arus, Tegangan, dan Konsumsi Energi Listrik Berbasis IoT.....	34
8. Analisis Research Gap dan Novelty Penelitian.....	37
B. Kerangka Teoritis	38
1. Energi Listrik sebagai Objek Monitoring	39
2. <i>Internet of Things</i> (IoT) sebagai Pendekatan Integratif	40
3. Mikrokontroler ESP32 sebagai Unit Akuisisi dan Pengolahan Data.....	41
4. Sensor Energi Listrik sebagai Perangkat Pengukuran PZEM-004T	42
5. Sistem Monitoring Energi Listrik Berbasis Web.....	43
C. Kerangka Berpikir.....	44
BAB III METODE PENELITIAN	48
A. Pendekatan Penelitian	48
B. Jenis Penelitian dan Sumber Data.....	49
C. Lokasi dan Waktu Penelitian	51

D. Alat dan Bahan Penelitian.....	53
E. Desain Dan Model Pengembangan.....	64
F. Prosedur Pengembangan.....	80
G. Desain Produk.....	84
H. Instrumen Pengumpulan Data.....	88
I. Teknik Analisis Data	92
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	96
A. Hasil Penelitian	96
1. Realisasi Sistem Monitoring Berbasis <i>Internet of Things</i> (IoT)	96
B. Uji Implementasi Lapangan Selama Tiga Hari.....	99
C. Hasil Validasi.....	100
1. Uji Validasi Ahli	101
2. Uji Respon Pengguna.....	104
D. Pembahasan	105
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	109
A. Kesimpulan	109
B. Saran	111
DAFTAR PUSTAKA.....	114

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	35
Tabel 3. 1 Angket Respon Pengguna	89
Tabel 3. 2 Angket Validasi Ahli.....	91
Tabel 3. 3 Skala Skor Pengisian Angket Respon Pengguna	94
Tabel 3. 4 Skala Skor Pengisian Angket validasi ahli.....	95
Tabel 4. 1 Hasil Validasi Ahli	101
Tabel 4. 2 Komentar dan Saran Ahli	102
Tabel 4. 3 Hasil Respon Pengguna.....	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1 Mikrokontroler ESP32.....	54
Gambar 3. 2 PZEM-004T	55
Gambar 3. 3 Relay.....	56
Gambar 3. 4 Catu daya	57
Gambar 3. 5 Kabel dan breadboard.....	57
Gambar 3. 6 Modul USB to Serial	59
Gambar 3. 7 Arduino IDE	60
Gambar 3. 8 XAMPP	61
Gambar 3. 9 phpMyAdmin.....	62
Gambar 3. 10 visual studio code	63
Gambar 3. 11 Web Browser	63
Gambar 3. 12 model ADDIE.....	64
Gambar 3. 13 Use Case Diagram	71
Gambar 3. 14 Activity Diagram	72
Gambar 3. 15 Desain Perangkat Keras.....	86
Gambar 3. 16 Desain Awal (Mockup)	87
Gambar 4. 1 <i>dashboard</i> monitoring	98
Gambar 4. 2 riwayat monitoring	99

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Surat Permohonan Validasi Ahli Media I.....	121
Lampiran 2 Surat Permohonan Validasi Ahli Media II	123
Lampiran 3 Perangkat Keras Monitoring Energi Listrik.....	125
Lampiran 4 Dashboard Monitoring	126
Lampiran 5 Angket Validasi Ahli I.....	127
Lampiran 6 Angket Validasi Ahli II.....	129
Lampiran 7 Angket Respon Pengguna	131
Lampiran 8 Database my sql	133

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Energi listrik merupakan kebutuhan fundamental yang berperan krusial dalam mendukung berbagai aktivitas manusia di era modern. Hampir seluruh sektor kehidupan, seperti rumah tangga, industri, perkantoran, hingga lembaga pendidikan, sangat bergantung pada ketersediaan pasokan listrik agar setiap kegiatan dapat berlangsung secara optimal, efektif, dan efisien. Peningkatan penggunaan perangkat elektronik dan sistem berbasis teknologi informasi menyebabkan konsumsi energi listrik terus meningkat dari tahun ke tahun, sehingga energi listrik menjadi faktor utama dalam mendukung produktivitas dan aktivitas masyarakat secara luas (Yuniarto et al., 2023)

Seiring dengan meningkatnya konsumsi energi listrik tersebut, muncul tantangan dalam pengelolaan energi agar penggunaan listrik tidak berujung pada pemborosan dan tingginya biaya operasional. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa tanpa sistem pemantauan yang memadai, konsumsi energi listrik cenderung tidak terkendali karena tidak adanya informasi detail mengenai pola pemakaian listrik (Ali Jasim & ALRkabi, 2022). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang mampu menyediakan data penggunaan energi secara akurat dan berkelanjutan.

Di sektor pendidikan tinggi, energi listrik digunakan untuk menunjang berbagai aktivitas akademik dan non akademik, seperti penerangan Ruang

BEM, penggunaan pendingin ruangan, proyektor, komputer, serta perangkat pendukung pembelajaran lainnya. Intensitas penggunaan perangkat listrik di Ruang BEM yang cukup tinggi menjadikan Ruang BEM sebagai salah satu kontributor utama konsumsi energi listrik di lingkungan kampus. Namun, penggunaan energi listrik di Ruang BEM sering kali belum dikelola secara optimal, terutama ketika perangkat listrik tetap menyala meskipun tidak digunakan (Heri Andrianto, 2024).

Sistem pemantauan energi listrik yang digunakan di banyak institusi pendidikan masih bersifat konvensional, yaitu mengandalkan kWh meter standar. Sistem ini hanya mampu menampilkan total konsumsi energi listrik tanpa memberikan informasi rinci terkait parameter kelistrikan seperti arus, tegangan, dan daya secara *Real-time*. Menurut penelitian Muhtadi et al., (2025) menjelaskan bahwa sistem Monitoring energi listrik berbasis IoT memberikan informasi penggunaan energi secara detail dan berkelanjutan, sehingga sangat membantu dalam evaluasi efisiensi energi, khususnya pada sistem kelistrikan dengan beban yang beragam.

Selain keterbatasan sistem Monitoring, perilaku pengguna juga menjadi faktor penyebab terjadinya inefisiensi penggunaan energi listrik. Perangkat dengan daya relatif kecil namun digunakan secara terus-menerus dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap total konsumsi energi, tetapi sering kali tidak disadari karena tidak tersedianya informasi penggunaan listrik secara detail Prasetyo et al., (2025) Kondisi ini menunjukkan

perlunya sistem pemantauan energi yang mampu menyajikan data penggunaan energi secara rinci dan mudah dipahami.

Perkembangan teknologi *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi yang efektif untuk mengatasi permasalahan tersebut. Teknologi IoT memungkinkan perangkat listrik terhubung dengan jaringan internet sehingga proses pemantauan arus, tegangan, daya, dan konsumsi energi dapat dilakukan secara *Real-time* dan terintegrasi. Menurut Muhtadi et al., (2025) Sistem Monitoring energi listrik berbasis *Internet of Things* memungkinkan pemantauan parameter listrik seperti tegangan, arus, dan daya secara *Real-time* sehingga memudahkan pengelolaan energi listrik secara lebih efektif.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem Monitoring energi listrik berbasis IoT mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Data pemakaian listrik yang ditampilkan secara *Real-time* melalui platform berbasis web atau aplikasi seluler memudahkan pengguna dan pengelola dalam memantau serta mengevaluasi penggunaan energi listrik secara berkelanjutan (Muslihi, 2025). Dengan demikian, potensi pemborosan energi dapat diminimalkan sejak dini.

Berdasarkan kondisi tersebut, pengembangan Sistem Monitoring Arus, Tegangan, dan Konsumsi Energi Listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan ESP32 pada Ruang BEM di IKIP PGRI Bojonegoro menjadi hal yang penting untuk direalisasikan. Sistem ini diharapkan mampu menyajikan informasi penggunaan energi listrik secara *Real-time*, sehingga

dapat membantu meningkatkan efisiensi pemanfaatan energi, menekan potensi pemborosan listrik, serta mendukung implementasi kebijakan penghematan energi di lingkungan pendidikan.

Permasalahan terkait inefisiensi penggunaan energi listrik juga ditemukan di IKIP PGRI Bojonegoro. Berdasarkan hasil observasi awal yang dilakukan peneliti pada 25 Desember 2025, diketahui bahwa masih terdapat beberapa Ruang BEM dengan peralatan listrik yang tetap menyala meskipun tidak sedang digunakan. Kondisi ini terjadi karena proses pemantauan penggunaan energi listrik pada seluruh Ruang BEM masih dilakukan secara manual oleh petugas fasilitas kampus. Hasil observasi tersebut menunjukkan bahwa belum adanya sistem Monitoring terintegrasi menyebabkan pengawasan penggunaan energi listrik belum berjalan secara optimal. Data observasi menunjukkan bahwa :

1. Peralatan listrik sering kali masih menyala terutama pada siang hari saat kelas itu kosong.
2. Penggunaan yang boros dan tidak dipantau akan memberatkan pengeluaran listrik kampus.
3. Proses Monitoring masih terpusat, sehingga tidak terlihat kelas mana yang konsumsi listriknya paling tinggi.
4. tidak adanya data historis penggunaan listrik yang dapat digunakan untuk evaluasi efisiensi. Temuan ini menunjukkan perlunya sistem Monitoring Arus, Tegangan, dan Konsumsi Energi Listrik yang mampu memberikan informasi secara otomatis, akurat, dan terpusat.

Berdasarkan kondisi tersebut, pengembangan Sistem Monitoring Arus, Tegangan, dan Konsumsi Energi Listrik Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan ESP32 pada Ruang BEM di IKIP PGRI Bojonegoro menjadi penting untuk dilakukan. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi dalam meningkatkan efisiensi energi, meminimalkan pemborosan, serta mendukung kebijakan penghematan listrik di lingkungan pendidikan.

Berdasarkan hasil kajian terhadap penelitian terdahulu dan kondisi nyata di IKIP PGRI Bojonegoro, masih terdapat kesenjangan penelitian pada konteks penerapan sistem monitoring energi listrik di Ruang BEM perguruan tinggi. Penelitian Ali Jasim dan ALRkabi (2022) menunjukkan kemampuan monitoring energi berbasis IoT secara real-time, Asyari et al. (2024) menekankan transmisi data menggunakan LoRa, Heri Andrianto (2024) mengembangkan platform monitoring berbasis web, Muhtadi et al. (2025) mengembangkan monitoring energi listrik tiga fase berbasis IoT dan basis data real-time, sedangkan Muslihi et al. menggunakan PZEM-004T dan ESP8266.

Namun, penelitian-penelitian tersebut belum secara khusus diarahkan pada kebutuhan monitoring energi listrik Ruang BEM di IKIP PGRI Bojonegoro yang saat ini masih menghadapi masalah pemantauan manual, keterbatasan data historis, dan belum tersedianya informasi terpusat mengenai arus, tegangan, daya, dan konsumsi energi listrik. Dengan demikian, terdapat kebutuhan penelitian yang mengintegrasikan pengukuran parameter kelistrikan, pengiriman data melalui ESP32 berbasis

Wi-Fi, penyimpanan data historis, dan visualisasi pada Dashboard web dalam satu sistem yang disesuaikan dengan kondisi Ruang BEM di lingkungan kampus.

Kebaruan penelitian ini tidak ditekankan pada penciptaan sensor atau teknologi IoT yang benar-benar baru, melainkan pada kebaruan penerapan dan integrasi sistem dalam konteks spesifik Ruang BEM di IKIP PGRI Bojonegoro. Sistem yang dikembangkan mengintegrasikan sensor PZEM-004T untuk memperoleh data arus, tegangan, daya, dan energi listrik; ESP32 sebagai unit akuisisi serta komunikasi Wi-Fi; server dan basis data untuk penyimpanan data historis; serta Dashboard web untuk pemantauan real-time dan evaluasi penggunaan energi. Selain pengembangan produk, penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model ADDIE untuk memastikan produk dikembangkan berdasarkan kebutuhan, divalidasi oleh ahli, diimplementasikan, dan dievaluasi melalui respon pengguna. Kombinasi konteks penerapan, integrasi perangkat keras-perangkat lunak, penyimpanan historis, serta evaluasi kelayakan dan respon pengguna tersebut menjadi pembeda utama penelitian ini dibandingkan penelitian terdahulu yang menjadi rujukan.

B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana tahapan pengembangan Sistem Monitoring Arus, Tegangan, Daya, dan Konsumsi Energi Listrik berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 pada Ruang BEM di IKIP PGRI Bojonegoro dengan model ADDIE?

2. Bagaimana tingkat kelayakan Sistem Monitoring Arus, Tegangan, Daya, dan Konsumsi Energi Listrik berbasis IoT menggunakan ESP32 yang dikembangkan pada Ruang BEM di IKIP PGRI Bojonegoro?
3. Bagaimana respon pengguna terhadap Sistem Monitoring Arus, Tegangan, Daya, dan Konsumsi Energi Listrik berbasis IoT menggunakan ESP32 yang dikembangkan pada Ruang BEM di IKIP PGRI Bojonegoro?

C. Tujuan Penelitian

1. Mengembangkan Sistem Monitoring Arus, Tegangan, Daya, dan Konsumsi Energi Listrik berbasis Internet of Things (IoT) menggunakan ESP32 pada Ruang BEM di IKIP PGRI Bojonegoro melalui tahapan model ADDIE.
2. Mengetahui tingkat kelayakan Sistem Monitoring Arus, Tegangan, Daya, dan Konsumsi Energi Listrik berbasis IoT menggunakan ESP32 yang dikembangkan pada Ruang BEM di IKIP PGRI Bojonegoro berdasarkan hasil validasi ahli.
3. Mengetahui respon pengguna terhadap Sistem Monitoring Arus, Tegangan, Daya, dan Konsumsi Energi Listrik berbasis IoT menggunakan ESP32 berdasarkan hasil uji penggunaan sistem.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini memberikan dampak positif terhadap pengembangan teknologi IoT, khususnya dalam upaya mengoptimalkan pengelolaan listrik di lingkungan kampus. Selain menghasilkan prototipe sistem pemantauan

arus, tegangan, daya, dan energi, penelitian ini turut membuka pemahaman yang lebih luas tentang penggunaan *mikrokontroler* dan sensor pada sistem otomatis (Putra, 2025). Secara umum, penelitian ini menawarkan dua jenis manfaat: manfaat teoretis dan manfaat praktis.

1. Manfaat Teoretis

Secara teoretis, penelitian ini diharapkan dapat memperluas kajian ilmiah di bidang teknologi pendidikan mengenai penerapan teknologi *Internet of Things* (IoT) dalam sistem Monitoring energi listrik, khususnya pada integrasi sensor arus, tegangan, dan mikrokontroler ESP32 untuk proses pengukuran dan pengiriman data secara *Real-time*. Hasil penelitian ini juga dapat menjadi rujukan bagi peneliti maupun akademisi yang ingin mengembangkan konsep Monitoring energi berbasis IoT pada lingkungan pendidikan.

2. Manfaat Praktis

Secara praktis, Sistem Monitoring Arus, Tegangan, dan Konsumsi Energi Listrik Berbasis IoT yang dikembangkan dalam penelitian ini memberikan manfaat langsung bagi berbagai pihak di lingkungan kampus. Selain mendukung kelancaran operasional, sistem ini juga berfungsi sebagai instrumen evaluasi yang membantu proses penetapan kebijakan terkait pengelolaan listrik di IKIP PGRI Bojonegoro. Manfaat praktis tersebut dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Untuk Institusi Kampus

- 1) Menyediakan data pemantauan listrik yang tersaji secara *Real-time* maupun historis, sehingga pihak kampus memiliki dasar yang lebih kuat untuk mengevaluasi pola penggunaan listrik setiap hari.
- 2) Mendukung institusi dalam merumuskan kebijakan penghematan serta pengelolaan distribusi listrik yang lebih terukur dan berkelanjutan sebagai bagian dari implementasi program *Green Campus*.
- 3) Mengurangi potensi inefisiensi yang disebabkan oleh penggunaan daya berlebih atau distribusi energi yang kurang optimal, sehingga pemanfaatan sumber daya listrik dapat dilakukan secara lebih efektif dan menyeluruh.

2. Untuk Pengelola Fasilitas atau Petugas Lapangan

- 1) Mempermudah proses pemantauan tanpa memerlukan inspeksi manual ke setiap titik beban listrik, sehingga waktu dan tenaga dapat dialihkan untuk tugas lain yang memiliki prioritas lebih tinggi.
- 2) Membantu petugas dalam mengatur pengendalian beban listrik secara lebih tepat, khususnya pada area-area yang selama ini berpotensi mengalami kekurangan pasokan maupun kelebihan penggunaan energi.

- 3) *Dashboard* web menyajikan informasi terperinci mengenai kondisi dan penggunaan listrik, sehingga pekerjaan petugas dapat dilaksanakan secara lebih sistematis, efisien, dan terarah.

3. Untuk Mahasiswa Teknologi Informasi

- 1) Dapat berfungsi sebagai materi pembelajaran maupun referensi akademik bagi mahasiswa yang berminat dalam pengembangan sistem otomasi berbasis sensor dan teknologi *Internet of Things*, khususnya pada bidang pemantauan dan pengelolaan energi listrik.
- 2) Menyediakan pengalaman praktis yang sesuai dengan tuntutan industri modern, terutama dalam penguasaan teknologi sistem tertanam serta platform pemantauan berbasis web, sehingga mahasiswa memperoleh kesiapan kompetensi yang lebih baik untuk memasuki dunia kerja.
- 3) Berperan sebagai model implementatif teknologi *Internet of Things* (IoT) yang dapat dikaji secara langsung, mencakup pemanfaatan sensor, pemrosesan data pada mikrokontroler ESP32, serta visualisasi informasi melalui *Dashboard* web sebagai sistem pemantauan terpadu.

4. Untuk Peneliti dan Pengembang Sistem

- 1) Memberikan landasan teknis bagi pengembangan sistem pemantauan dan manajemen energi listrik berbasis IoT, seperti peningkatan keakuratan deteksi arus dan tegangan, optimasi

pengukuran konsumsi daya, serta penerapan algoritma analisis beban listrik.

- 2) Menyediakan acuan implementasi untuk perancangan infrastruktur Monitoring kelistrikan, mulai dari pemilihan sensor arus dan tegangan, konfigurasi mikrokontroler, hingga pengolahan data listrik untuk ditampilkan secara *Real-time* pada *Dashboard* web.
- 3) Menyediakan acuan implementasi untuk perancangan infrastruktur Monitoring kelistrikan, mulai dari pemilihan sensor arus dan tegangan, konfigurasi mikrokontroler, hingga pengolahan data listrik untuk ditampilkan secara *Real-time* pada *Dashboard* web.

E. Definisi Operasional

1. *Smart Electricity* Monitoring

Smart Electricity Monitoring dalam penelitian ini merujuk pada konsep pemantauan kondisi kelistrikan—meliputi arus, tegangan, dan konsumsi energi—secara otomatis dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT). Pemantauan dilakukan menggunakan sensor kelistrikan yang terintegrasi dengan mikrokontroler ESP32 sehingga data dapat diperoleh secara *Real-time* dan digunakan untuk menganalisis tingkat penggunaan listrik di Ruang BEM IKIP PGRI Bojonegoro.

2. Sistem Monitoring Arus, Tegangan, dan Konsumsi Energi Listrik Berbasis IoT

Sistem Monitoring Arus, Tegangan, dan Konsumsi Energi Listrik berbasis IoT adalah sistem yang dikembangkan dalam penelitian ini untuk memonitor kondisi kelistrikan di Ruang BEM secara otomatis. Sistem memanfaatkan sensor arus dan tegangan sebagai perangkat pengambil data, sementara ESP32 berfungsi sebagai pengolah dan pengirim data menuju *Dashboard* web. Melalui sistem ini, penggunaan energi di setiap Ruang BEM dapat dipantau tanpa inspeksi manual dan dapat dianalisis melalui data historis maupun *Real-time*.

3. *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) dalam penelitian ini merupakan konsep penghubung perangkat elektronik termasuk sensor arus, sensor tegangan, serta mikrokontroler ESP32 ke jaringan internet agar dapat mengirimkan, memproses, dan menyajikan informasi kelistrikan secara otomatis. Penerapan IoT memungkinkan Monitoring energi di Ruang BEM dilakukan secara terintegrasi, efisien, dan dapat diakses melalui *Dashboard* web kapan pun diperlukan.

4. Mikrokontroler ESP32

ESP32 dalam penelitian ini adalah mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat pengolahan data dari sensor arus dan tegangan. Perangkat ini dilengkapi modul Wi-Fi untuk mengirimkan data ke server atau *Dashboard* web sehingga proses Monitoring dapat dilakukan secara

Real-time. ESP32 dipilih karena konsumsi dayanya rendah, kinerjanya stabil, dan mendukung pengembangan sistem IoT pada skala Ruang BEM.

5. Sensor Arus dan Sensor Tegangan

Sensor arus dan sensor tegangan dalam penelitian ini adalah perangkat elektronik yang digunakan untuk mengukur besaran arus listrik (ampere) dan tegangan listrik (volt) pada setiap titik beban di Ruang BEM. Data yang dihasilkan sensor menjadi dasar sistem dalam menentukan kondisi penggunaan energi, mendeteksi beban berlebih, serta menganalisis pola konsumsi listrik secara *Real-time* maupun historis.

6. Research and Development (R&D)

Research and Development (R&D) dalam penelitian ini adalah metode pengembangan produk yang melibatkan serangkaian tahapan mulai dari analisis kebutuhan sistem Monitoring listrik, perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, pembuatan prototipe, pengujian akurasi sensor, evaluasi hasil, hingga penyempurnaan sistem Monitoring Arus, Tegangan, dan Konsumsi Energi Listrik Berbasis IoT menggunakan ESP32 agar siap diterapkan pada Ruang BEM IKIP PGRI Bojonegoro.

7. Model ADDIE

Model ADDIE dalam penelitian ini digunakan sebagai kerangka kerja pengembangan sistem yang terdiri atas lima tahap utama:

Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation. Model ini digunakan untuk memastikan proses pengembangan sistem Monitoring listrik berjalan sistematis, terarah, dan menghasilkan produk yang valid secara teknis, fungsional, serta sesuai kebutuhan pengguna di lingkungan kampus.

F. Spesifikasi Produk

Produk Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini berupa Sistem Monitoring Arus, Tegangan, dan Konsumsi Energi Listrik Berbasis *Internet of Things* (IoT) Menggunakan ESP32 pada Ruang BEM di IKIP PGRI Bojonegoro. Produk ini dikembangkan sebagai solusi atas permasalahan belum optimalnya pemantauan penggunaan energi listrik di Ruang BEM, sebagaimana dirumuskan dalam rumusan masalah penelitian, khususnya terkait kebutuhan pengukuran parameter kelistrikan secara akurat, pengiriman data secara *Real-time*, serta penyajian informasi yang mudah dipahami oleh pengguna.

Pengembangan produk ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model ADDIE, sehingga spesifikasi produk dirancang berdasarkan hasil analisis kebutuhan pengguna dan lingkungan penerapan sistem. Pada tahap analysis, sistem dirancang untuk mampu mengukur arus, tegangan, daya, dan konsumsi energi listrik secara akurat. Selanjutnya, pada tahap design dan development, sistem diwujudkan dalam bentuk integrasi perangkat keras dan perangkat lunak berbasis *Internet of*

Things (IoT) yang mendukung proses Monitoring secara *Real-time* dan terdokumentasi.

Secara teknis, sistem Monitoring ini menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pusat pengolahan data dan komunikasi jaringan, serta sensor energi listrik PZEM-004T sebagai perangkat pengukuran arus, tegangan, daya, dan konsumsi energi listrik pada jaringan AC Ruang BEM. Data hasil pengukuran diproses oleh ESP32 dan dikirimkan melalui jaringan internet menuju server untuk disimpan sebagai data historis. Hal ini selaras dengan tujuan penelitian, yaitu menyediakan sistem yang mampu melakukan pengukuran dan pengiriman data kelistrikan secara otomatis dan berkelanjutan.

Pada sisi perangkat lunak, sistem dilengkapi dengan *Dashboard* monitoring berbasis web yang berfungsi menampilkan data hasil pengukuran dalam bentuk informasi *Real-time* dan historis. *Dashboard* ini dirancang agar mampu menjawab rumusan masalah terkait kebutuhan visualisasi data arus, tegangan, daya, dan konsumsi energi listrik secara jelas dan informatif. Antarmuka sistem disusun secara sederhana dan mudah digunakan sehingga mendukung kepraktisan penggunaan oleh pengelola fasilitas kampus.

Dengan spesifikasi tersebut, produk yang dikembangkan diharapkan mampu mendukung pencapaian tujuan penelitian, yaitu mengembangkan sistem Monitoring energi listrik berbasis IoT yang akurat, praktis, dan efektif. Sistem ini diharapkan dapat membantu pihak kampus dalam

mengevaluasi pola penggunaan energi listrik, mengidentifikasi potensi pemborosan, serta menjadi dasar pengambilan keputusan dalam pengelolaan energi listrik di Ruang BEM secara lebih efisien dan berkelanjutan.

G. Asumsi dan Keterbatasan Pengembangan

1. Asumsi Pengembangan

- a) Sistem diasumsikan beroperasi pada lingkungan jaringan kampus yang stabil sehingga proses pengiriman data dari ESP32 ke server dapat berlangsung tanpa gangguan berarti.
- b) Sensor arus dan tegangan yang digunakan diasumsikan telah melalui proses kalibrasi dasar sehingga nilai pembacaan berada dalam batas toleransi yang dapat diterima.
- c) Pengguna (petugas fasilitas kampus) diasumsikan memiliki kemampuan dasar mengoperasikan *Dashboard* web dan memahami indikator Monitoring.
- d) Infrastruktur listrik Ruang BEM diasumsikan dalam kondisi standar sehingga pemasangan sensor dapat dilakukan tanpa modifikasi instalasi secara signifikan.

2. Keterbatasan Penelitian

- a) Pengujian sistem hanya dilakukan pada Ruang BEM sehingga belum mewakili implementasi dalam skala jaringan listrik kampus yang lebih luas.

- b) Parameter yang dipantau masih terbatas pada arus, tegangan, dan konsumsi energi, belum mencakup aspek kelistrikan lain seperti faktor daya, harmonisa, atau kestabilan beban.
- c) Sistem belum diuji dalam kondisi ekstrem, seperti fluktuasi daya besar, pemadaman listrik berkala, atau gangguan jaringan Wi-Fi yang parah.
- d) Pengujian jangka panjang belum dilakukan sehingga ketahanan sensor dan modul ESP32 dalam operasional berkelanjutan belum dapat dipastikan.
- e) Evaluasi kepraktisan hanya melibatkan sebagian petugas teknis, sehingga hasilnya belum menggambarkan persepsi seluruh pengguna potensial di lingkungan kampus.
- f) Sistem belum dilengkapi fitur notifikasi otomatis jika terjadi kondisi abnormal, sehingga deteksi dini masih bergantung pada pengamatan manual melalui *Dashboard*.