

**RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING BATERAI LAMPU PENERANGAN
DI TEMPAT PUBLIK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT)****Muhammad Musholi¹, Lusia Rakhmawati², Subuh Isnur Haryudo³, Miftahur
Rohman⁴**¹ Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang
60231, Indonesia^{2,3,4} Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya, Ketintang 60231,
Indonesiae-mail : muhammad.21014@mhs.unesa.ac.id, lusiarakhmawati@unesa.ac.id,
subuhisnur@unesa.ac.id, miftahurrohman@unesa.ac.id**Abstract (English)**

This study presents the development of a battery monitoring system for emergency lighting in public spaces using Internet of Things (IoT) technology. The system enables real-time monitoring of battery parameters, including voltage, current and charging status, through the Blynk application, which interfaces with an ESP32 microcontroller and an INA219 sensor. An automatic cut-off feature is integrated to prevent damage due to low voltage levels. The system was tested to assess its reliability in terms of network connectivity, data transmission speed (bandwidth and latency), and its ability to resend data when disconnection occurs. Results demonstrate that the system functions reliably and efficiently in tracking battery status and can deliver real-time notification to user via smartphones or PCs. This implementation is expected to enhance the management and maintenance of emergency lighting systems while extending battery service life.

Article History*Submitted: 9 Juli 2025**Accepted: 12 Juli 2025**Published: 13 Juli 2025***Key Words**

Internet of Things, battery monitoring, ESP32, Blynk, emergency lighting, automatic cut-off.

Abstrak (Indonesia)

Penelitian ini mengembangkan sebuah sistem pemantauan baterai pada lampu penerangan darurat yang diterapkan di area publik, dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini memungkinkan pengguna untuk memantau kondisi baterai secara langsung, seperti tegangan, arus, dan status pengisian, melalui aplikasi Blynk yang terhubung dengan mikrokontroler ESP32 dan sensor INA219. Selain itu, sistem dilengkapi dengan fitur pemutusan otomatis (cut-off) untuk mencegah kerusakan akibat tegangan yang terlalu rendah. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kestabilan koneksi jaringan, kecepatan transfer data (bandwidth dan latensi), serta keandalan sistem saat terjadi gangguan jaringan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini bekerja secara optimal dalam memantau kondisi baterai dan mampu mengirim notifikasi secara real-time ke perangkat pengguna, baik melalui komputer maupun ponsel. Dengan demikian, sistem ini berpotensi membantu pengelolaan dan perawatan lampu darurat secara lebih efisien dan memperpanjang masa pakai baterai.

Sejarah Artikel*Submitted: 9 Juli 2025**Accepted: 12 Juli 2025**Published: 13 Juli 2025***Kata Kunci**

Internet of Things, pemantauan baterai, ESP32, Blynk, lampu darurat, pemutusan otomatis.

PENDAHULUAN

Terbatasnya jumlah pasokan energi listrik, khususnya pada jam pemakaian tinggi (malam hari) menyebabkan seringnya terjadi pemadaman listrik secara bergilir terutama daerah pedesaan (Ardiyanto dkk., 2022). Pemadaman listrik berakibat fatal pada sistem penerangan sehingga keadaan menjadi gelap gulita. Banyaknya aktivitas yang menggunakan penerangan saat malam hari terganggu saat terjadi pemadaman listrik seperti belajar, bekerja, dan sebagainya (Abdussamad & Dunggio, 2020). Saat terjadi pemadaman listrik, lampu darurat sangat bermanfaat untuk digunakan sebagai penerangan darurat. Selain itu, lampu ini bisa digunakan untuk membantu kegiatan di lapangan atau outdoor, karena bentuknya yang praktis dan mudah dibawa kemana-mana, lampu *emergency* merupakan salah satu perangkat penting dimana alat ini berupa lampu darurat yang akan berfungsi apabila sedang tidak ada aliran listrik atau secara umum disebut pemadaman listrik (Yuliana dkk., 2017).

Seiring dengan perkembangan teknologi, Internet of Things (IoT) telah menjadi solusi

yang efektif dalam berbagai bidang, IoT yang merupakan sebuah jaringan perangkat yang tersambung dan berguna untuk mendukung proses komunikasi antar perangkat guna untuk memproses dan mentransfer informasi digital yang diperoleh dari peralatan sensor INA219 (Megawati & Lawi, 2021). Dengan teknologi ini diharapkan server dapat mengirim data-data numerik ataupun grafik dari hasil pengukuran yang dapat dilihat pada Smartphone (Yassir, 2023). Sehingga tindakan preventif seperti pengisian ulang baterai atau penggantian komponen bisa segera diselesaikan setelah mengetahui hasil monitoring yang didapatkan. Fitur *cut off* dan *connect* otomatis pada rangkaian baterai menjadi salah satu fitur yang akan memastikan keamanan penggunaan baterai dan mencegah kerusakan akibat pengisian daya berlebihan atau penggunaan yang tidak semestinya.

Penelitian ini difokuskan pada perancangan dan implementasi sistem monitoring baterai untuk lampu penerangan di area publik dengan memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT). Permasalahan yang diangkat mencakup bagaimana merancang sistem yang mampu memantau kondisi baterai secara waktu nyata, bagaimana performa sistem berdasarkan hasil pengujian tegangan, serta bagaimana kemampuan sistem dalam merespons kondisi jaringan, termasuk kecepatan transmisi data, keterlambatan (latensi), dan mekanisme pengiriman ulang data saat terjadi gangguan koneksi. Tujuan utama dari penelitian ini adalah merumuskan metode perancangan sistem monitoring yang handal, mengevaluasi hasil pengujian untuk menilai efektivitas sistem, serta memastikan kestabilan konektivitas perangkat agar data dapat dikirim secara cepat, akurat, dan tetap tersampaikan meskipun terjadi gangguan pada jaringan.

Tinjauan Pustaka

Beberapa penelitian terdahulu telah mengembangkan sistem lampu emergency dengan penggunaan komponen yang bervariasi, penelitian terdahulu diantaranya, yaitu: Desain Lampu Darurat Portabel Berbasis Rangkaian Joule Thief. 2023, Monitoring Arus dan Tegangan Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin Menggunakan ESP8266 Berbasis Node-Red. 2023, dan Sistem Monitoring Baterai Berbasis IoT Menggunakan Blynk IoT.

Emergency Power Supply

Modul Emergency Power Supply Lampu darurat (*emergency lamp*) merupakan perangkat penerangan yang berfungsi sebagai sumber cahaya alternatif saat tidak terdapat aliran listrik atau terjadi pemadaman listrik. Sistem kerja lampu ini menggunakan mekanisme *switching* yang secara otomatis mengalihkan sumber daya ketika aliran listrik utama terganggu. Lampu darurat ini memperoleh suplai daya dari dua sumber utama, yaitu listrik PLN dan baterai bertegangan 12V. Pada saat suplai listrik PLN masih ada, alat akan mengisi baterai sampai penuh, dengan cara memberi arus dan tegangan secara konstan pada baterai menggunakan rangkaian penurun tegangan dan rangkaian penyearah arus, untuk menghindari terjadinya *overcharged* pada baterai terdapat rangkaian pemutus arus dengan menggunakan variabel resistor, dioda zener, Transistor BD139, dan relay. Ketika terjadi pemadaman listrik, lampu penerangan akan tetap menyala dengan teknologi *switching* sumber tegangan antara listrik PLN dan baterai 12V menggunakan transistor BD139 dan relay (Widodo s s, 2018) (Tanjung I S, 2011).

Mikrokontroler ESP-32

Mikrokontroler ESP-32 merupakan mikrokontroler yang dirancang dan dikembangkan oleh Espressif Systems. Secara umum mikrokontroler ESP-32 merupakan penerus dari ESP8266 dengan fungsi serupa dengan board Arduino, namun memiliki fitur yang lebih baik. Mikrokontroler ini sudah dilengkapi dengan modul WiFi dan terhubung dengan BLE (Bluetooth Low Energy) melalui sebuah chip, sehingga sangat kuat dan bisa menjadi pilihan yang bagus untuk membuat sistem aplikasi IoT (Pratama & Kiswantono, 2023), Pada penelitian ini digunakan mikrokontroler ESP32 dengan spesifikasi sesuai tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Mikrokontroler ESP32

Parameter	Spesifikasi
Prosesor	Xtensa single/dual-core 32-bit LX6 160/240 MHz
SRAM	520 KB
Memori Flash	4 MB
Wi-Fi	802.11 b/g/n
Bluetooth	Bluetooth V4.27 Bluetooth Low energy
Tegangan Operasi	3.3V
Tegangan Input	7-12V (Vin)/5V (USB)
Pin GPIO	30 atau 36 (sesuai model)
Digital IO /ADC /DAC	25 / 15 / 2
Capacitive Touch	9
UART/ SPI/ I2C	3 / 2 / 3
Kontroler USB	CP2102

METODE

Pendekatan Penelitian

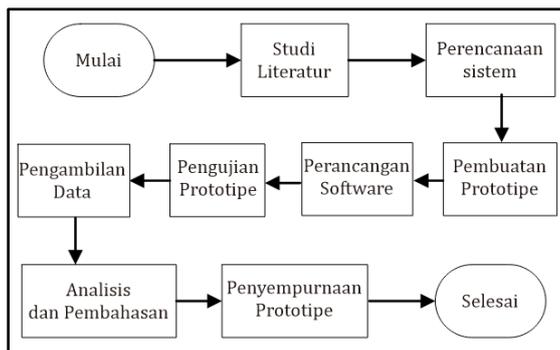
Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini menggunakan metode pendekatan kuantitatif. Dalam buku metodologi penelitian kuantitatif yang ditulis oleh Karimudin. (Priadana, 2021) Secara umum, penelitian merupakan suatu usaha untuk menjawab pertanyaan dan memecahkan permasalahan yang ada. Pada penelitian kuantitatif arah dan fokus penelitiannya adalah untuk membangun teori dari data atau fakta yang ada. Dalam metode penelitian kuantitatif, umumnya masalah yang diteliti memiliki cakupan yang lebih luas serta variasi yang lebih kompleks dibandingkan dengan penelitian kualitatif. Penelitian kuantitatif lebih sistematis, terencana, terstruktur, jelas dari awal hingga akhir penelitian dan tidak dipengaruhi oleh keadaan yang ada pada lapangan.

Tempat dan Waktu

Penelitian ini bertempat di taman hiburan dan edukasi KidZania Surabaya, lebih tepatnya bertempat di Lagoon Avenue Mall, Jl. KH Abdul Wahab Siamin Surabaya No.Kav. 9-10, Dukuh Pakis, Kec. Dukuhpakis, Surabaya, Jawa Timur yang dilaksanakan pada semester gasal tahun ajaran 2024/2025.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan studi literatur sebagai landasan dalam merancang sistem monitoring baterai berbasis IoT, kemudian dilanjutkan dengan tahap perencanaan sistem dan perangkat lunak yang mencakup penentuan komponen, perancangan blok diagram, serta antarmuka pengguna. Setelah itu, dilakukan perakitan prototipe dengan mengintegrasikan sensor, mikrokontroler, dan modul komunikasi, yang selanjutnya diuji untuk memastikan fungsi dan kemampuan pengiriman data secara real-time. Data monitoring dari lampu penerangan dikumpulkan dan dianalisis untuk menilai kinerja sistem, lalu digunakan sebagai dasar dalam penyempurnaan prototipe agar lebih akurat, efisien, dan andal.



Gambar 1. Langkah-langkah penelitian sistem monitoring baterai lampu penerangan di tempat public

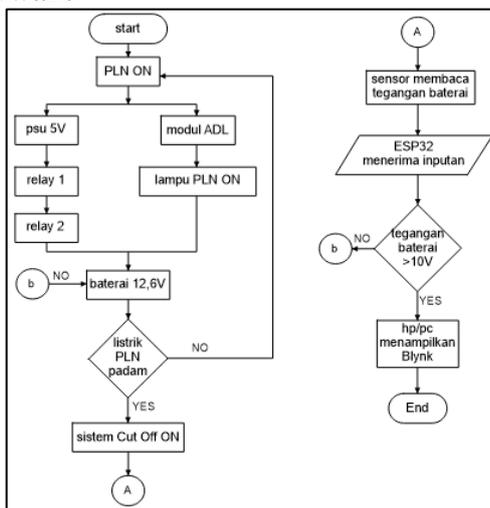
Teknik dan Instrumen Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data dilakukan dalam dua kali pengujian utama, yaitu: pertama pengujian perangkat keras dan kedua pengujian perangkat lunak. Dalam masing-masing pengujian terbagi lagi menjadi beberapa pengujian yang lebih spesifik diantaranya pengujian pertama ada pengujian pengisian baterai, pengujian konektivitas sensor INA219 dan Mikrokontroler ESP32, pengujian komunikasi IoT (Blynk). Sedangkan untuk pengujian yang kedua ada pengujian konektivitas jaringan, pengujian bandwidth dan latensi, dan pengujian Retry Mechanism.

Instrumen pengumpulan data pada penelitian ini menggunakan Multimeter Digital yang berfungsi untuk monitoring tegangan dan arus listrik DC yang dihasilkan, Blynk IoT Software platform untuk monitoring secara IoT, Arduino IDE berfungsi sebagai aplikasi utama pemrograman dan juga untuk melihat hasil pembacaan sementara dari sensor tegangan pada serial monitor.

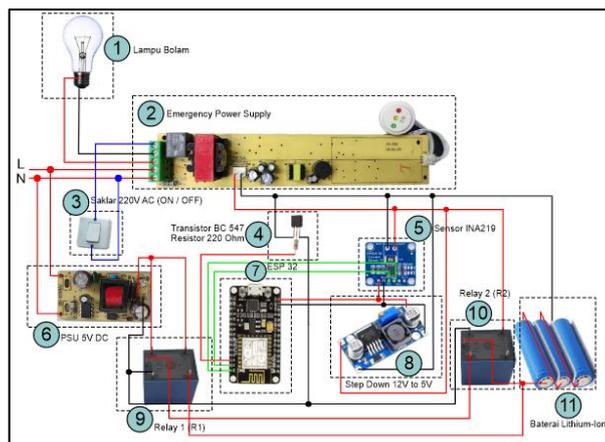
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Perancangan Hardware



Gambar 2. Diagram Alir Sistem Monitorig Baterai Lampu Emergency

Perencanaan sistem monitoring baterai pada lampu penerangan berbasis Internet of Things (IoT) bisa dilihat pada gambar 2 Diagram sistem direncanakan dan prototipe lampu penerangan dibuat untuk memfasilitasi kelancaran penelitian. Penjelasan cara kerja Diagram Alir Sistem Monitoring Baterai Lampu Penerangan Berbasis Internet of Things IoT



Gambar 3. Desain Rancang Hardware

Penelitian ini merancang prototipe sistem monitoring baterai untuk lampu penerangan ruang publik berbasis IoT dengan mengintegrasikan modul Emergency Power Supply, ESP32, sensor INA219, dan relay. Modul Emergency Power Supply berfungsi mengalihkan dan mengubah tegangan antara PLN dan baterai, serta menyediakan pasokan listrik cadangan saat terjadi pemadaman. ESP32 memproses data dari sensor dan mengirimkannya ke aplikasi Blynk untuk pemantauan dan pengendalian sistem secara real-time. Sistem juga dilengkapi mekanisme cut-off otomatis ketika tegangan baterai turun di bawah 10V dengan mengaktifkan relay untuk memutus arus.

Tabel 2. Wiring Sensor Tegangan dengan ESP32

Sensor Tegangan	ESP 32
+	3V3
-	GND
S	D34

Tabel 3. Wiring Sensor INA219 dengan ESP32

Sensor INA219	ESP 32
VCC	5V
GND	GND
SCL	D22
SDA	D21

Tabel 4. Wiring Modul Relay dengan ESP32

Modul Relay 2 Channel	ESP 32
VCC	5V
GND	GND
IIN	D26

Pembuatan Program

Pemrograman dilakukan menggunakan aplikasi Arduino IDE 1.8.18 yang terinstal pada laptop atau komputer penulis. Program berfungsi untuk melakukan pengujian sensor dan perintah untuk menentukan kerja pada mikrokontroler yang digunakan. Program dibuat sesuai dengan perancangan software pada bab III dan sesuai dengan fungsi yang diinginkan. Proses komunikasi antara server aplikasi Blynk dan ESP32 melibatkan beberapa tahapan, mulai dari penambahan konfigurasi board dan library di Arduino IDE, pembuatan template

di Blynk Console, hingga pengaturan antarmuka aplikasi dengan berbagai widget. Template ID, Device Name, dan Auth Token dimasukkan ke dalam program untuk menghubungkan ESP32 dengan Blynk melalui virtual pin. Setelah program diunggah ke ESP32, data ditampilkan secara real-time dan kontrol dapat dilakukan dari jarak jauh melalui aplikasi Blynk di ponsel atau PC. Untuk notifikasi tegangan baterai rendah (10,5–10V), dilakukan pengaturan pada menu Events and Notifications di Blynk Console agar push notification terkirim secara otomatis ke perangkat pengguna.

```
08:53:33.980 -> Kontrol Manual Relay: OFF
08:53:35.750 -> ADC: 2623 | Tegangan Sensor: 11.37 V | Persentase Baterai: 68.5 %
08:53:35.950 -> Relay AKTIF
08:53:40.399 -> Mode OTOMATIS
```

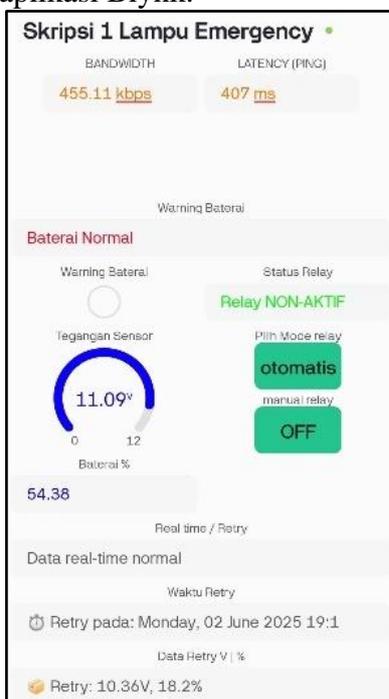
Gambar 4. Hasil Pembacaan Serial Monitor Arduino IDE

Gambar 4 menunjukkan hasil program yang meliputi konversi nilai ADC menjadi tegangan oleh sensor pada mikrokontroler ESP32, tampilan tegangan sensor dalam satuan volt, perhitungan persentase baterai berdasarkan rentang 10–12,6 V (contohnya 68,5% pada 11,37 V), status relay sebagai sistem cut-off, serta mode kontrol relay yang memungkinkan pengaturan otomatis atau manual melalui aplikasi Blynk.

```
05:12:43.376 -> 🔄 Menyinkronkan waktu NTP...
05:13:03.398 -> ADC: 2627 | Tegangan Sensor: 11.39 V | Persentase Baterai: 69.3 %
05:13:03.478 -> 🔄 Mengirim ulang data dari EEPROM (buffer)...
05:14:18.388 -> 🔄 Reconnecting to Blynk...
05:14:36.387 -> ADC: 2604 | Tegangan Sensor: 11.29 V | Persentase Baterai: 64.4 %
05:14:36.387 -> 💾 Menyimpan data ke EEPROM karena koneksi putus...
```

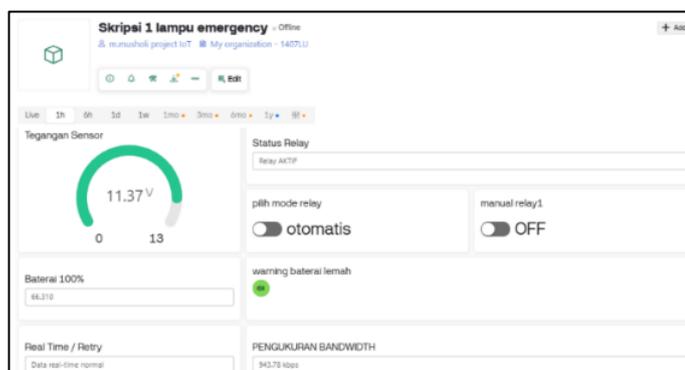
Gambar 5. Hasil Pembacaan Serial Monitor Arduino IDE

Gambar 5 menampilkan hasil pembacaan serial monitor yang menjelaskan mekanisme retry, yaitu penyimpanan dan pengiriman ulang data sensor dari memori EEPROM pada ESP32. Tampilan tersebut mencakup sinkronisasi waktu sistem, data pembacaan sensor terakhir, proses penyimpanan dan pengiriman ulang data dari EEPROM, serta status koneksi dan rekoneksi ESP32 dengan aplikasi Blynk.



Gambar 6. Tampilan Dashboard Blynk di Handpone

Gambar 6 dan 7 merupakan tampilan hasil dari pembuatan program yang ada pada layarhandpone dan PC yang terhubung dengan prototipe.



Gambar 7. Tampilan Dashboard Blynk di PC

Penyempurnaan Prototipe

Pada langkah ini, dilakukan perbaikan dan penataan komponen pada perangkat yang telah dibuat, termasuk penyempurnaan desain prototipe untuk menghindari kerusakan pada rangkaian saat terjadi penempatan prototipe yang tidak sesuai, pemeriksaan ulang pada solderan rangkaian, dan pembuatan maket sebagai salah satu implementasi dari prototipe ini. Langkah ini bertujuan untuk memastikan kualitas dan keandalan perangkat yang lebih baik serta memberikan aplikasi yang lebih efektif dari prototipe tersebut. Hasil dari penyempurnaan prototipe dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. Hasil Realisasi Penyempurnaan Prototipe

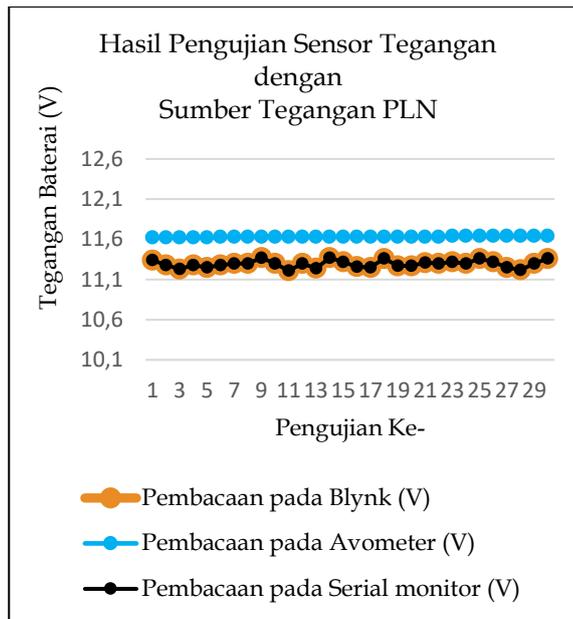
Implementasi Pengujian

Pengujian prototipe dan sistem ini bertujuan untuk mengetahui tingkat responsivitas dan akurasi prototipe dalam menjalankan sistem dan menerima sinyal perintah dari pengguna. Pada pengujian ini ESP32 digunakan sebagai protokol komunikasi untuk menjalankan sistem cut off pada prototipe yang terintegrasi dengan server aplikasi Blynk.

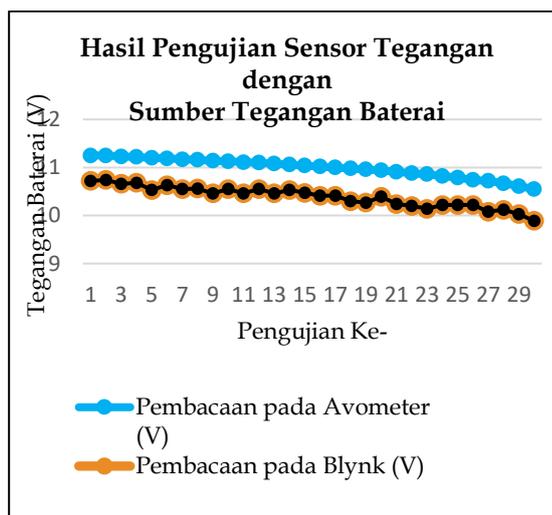
A. Pengujian perangkat keras

1. Pengujian sensor tegangan

Pengujian Sensor tegangan dengan tiga metode yang digunakan. Hasil pengujian yang dilakukan ditampilkan dalam bentuk grafik nilai pengujian tegangan dengan sumber listrik dari PLN dan Baterai yang menggunakan tiga alat uji yaitu: aplikasi Blynk, Serial monitor pada software Arduino IDE, dan Avometer sebanyak 30 kali pengujian yang dilakukan. Grafik pengujian tegangan di ditampilkan pada Gambar 9 dan 10.



Gambar 9. Grafik hasil Pengujian Sensor Tegangan dengan Sumber Tegangan PLN



Gambar 10. Grafik hasil Pengujian Sensor Tegangan dengan Sumber Tegangan Baterai

2. Pengujian sistem Cut Off

Pada penentuan batas bawah tegangan yang digunakan untuk sistem cut off peneliti menentuka besaran tegangan sebesar 10V DC, dengan perhitungan 3 baterai dengan maksimal tegangan yang bisa tersimpan masing-masing baterai sebesar 4,2V DC, sehingga dengan rangkaian seri maka baterai akan dapat menyimpan tegangan secara penuh sebesar 12,6V DC. Dalam perhitungan matimatis sendiri, waktu yang di butuhkan untuk mengurangi kapasitas baterai yang terisih secara penuh yaitu 2,4 jam dibuktikan dengan perhitungan matimatis.

$$Waktu (jam) = \frac{Energi (Wh)}{Daya beban (W)}$$

$$Waktu (jam) = \frac{12}{5} = 2,4 jam$$

Tabel 5. Hasil Pengujian Pemantauan Sistem Cut Off secara fisik

No	Tegangan awal (V)	Tegangan akhir (V)	Sistem Cut Off	Waktu yang dibutuhkan (s)
1	11.82	10.00	memutus	29:40
2	11.75	9.99	memutus	25:11
3	11.57	9.96	memutus	28:13
4	11.70	10.01	memutus	27:10
5	11.65	9.98	memutus	26:45
6	11.60	9.97	memutus	27:30
7	11.68	10.00	memutus	26:20
8	11.74	9.99	memutus	28:00
9	11.58	9.96	memutus	27:15
10	11.62	9.97	memutus	27:50
Rata-rata				27:23

3. Pengujian sistem komunikasi Iot (Blynk)

Tahapan pengujian meliputi proses konfigurasi koneksi jaringan Wi-Fi pada perangkat ESP32, pengiriman data secara berkala dalam interval waktu tertentu, serta verifikasi keakuratan data yang ditampilkan pada dashboard aplikasi Blynk. Beberapa indikator yang dianalisis dalam pengujian ini antara lain waktu tunda (latensi) antara pengiriman dan penerimaan data, stabilitas komunikasi dalam berbagai kondisi jaringan (baik lancar maupun terganggu), serta batas maksimum kapasitas data yang dapat dikirimkan melalui satu kanal. Selain itu, evaluasi dilakukan terhadap kemampuan Blynk dalam menampilkan data secara visual melalui grafik dan indikator waktu nyata, serta sistem notifikasi otomatis yang aktif ketika nilai sensor melampaui batas tertentu.

B. Pengujian perangkat lunak

1. Pengujian konektivitas jaringan

Pengujian perangkat lunak diawali dengan uji konektivitas antara mikrokontroler ESP32 dan platform Blynk melalui jaringan Wi-Fi pada tiga tingkat kekuatan sinyal yang berbeda. Hasil pengujian memperlihatkan bahwa pada sinyal kuat (-30 dBm hingga -60 dBm), koneksi berlangsung stabil dan pengiriman data sangat cepat. Ketika sinyal berada di level sedang (-61 dBm hingga -70 dBm), ESP32 masih dapat terhubung, tetapi kecepatan pengiriman data menurun dan terkadang terjadi kegagalan. Sebaliknya, pada kekuatan sinyal rendah (di bawah -71 dBm), ESP32 tidak mampu menjalin koneksi dengan Blynk, sehingga data tidak dapat dikirim.

2. Bandwidth dan latensi

Uji performa jaringan dilanjutkan dengan pengujian terhadap bandwidth dan latensi yang dilakukan sebanyak 30 kali berdasarkan variasi jarak antara prototipe dan device pengguna. Grafik hasil pengujian (Tabel 4.8) menunjukkan bahwa peningkatan jarak umumnya berdampak pada penurunan bandwidth dan fluktuasi latensi. Namun, tidak semua hasil mengikuti pola ini secara konsisten. Misalnya, pada jarak 30 meter, bandwidth menurun drastis menjadi 121,89 kbps, tetapi pada jarak yang lebih jauh seperti 105 meter justru meningkat menjadi 688,98 kbps.

Ketidakkonsistenan performa jaringan tidak hanya disebabkan oleh jarak fisik, tetapi juga dipengaruhi oleh berbagai faktor eksternal seperti banyaknya perangkat yang terhubung ke Wi-Fi, hambatan fisik di lokasi pengujian, kualitas jaringan yang tidak stabil, serta perbedaan rute jaringan antara ESP32 dan server Blynk.

3. Retry mechanism

Platform Blynk sendiri tidak menyediakan fitur bawaan untuk mengulang pengiriman data ketika koneksi terputus. Oleh karena itu, mekanisme retry ini dirancang secara

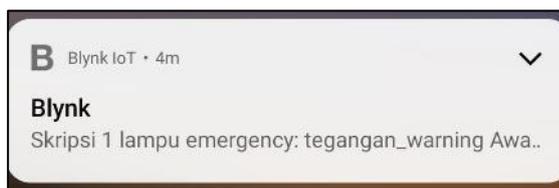
manual dalam program yang dijalankan di ESP32. Penambahkan logika pemulihan koneksi dengan memanfaatkan fungsi `Blynk.connect()` secara berkala guna mencoba menyambungkan ulang ESP32 ke server.



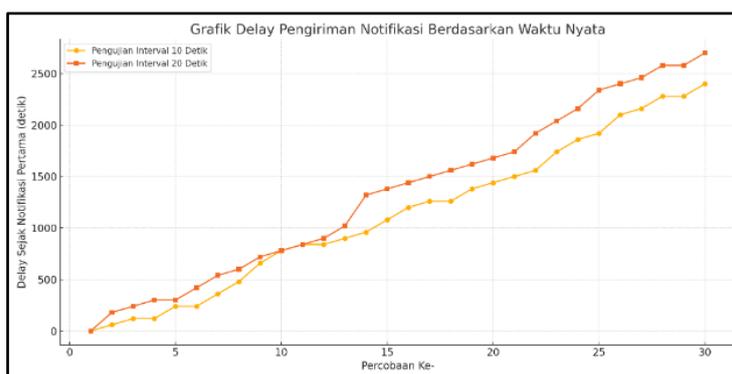
Gambar 11. Hasil perancangan software Retry Mechanism pada layar.

4. Pengujian pengiriman notifikasi dan warning

Pengujian pengiriman notifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa sistem dapat mengirimkan notifikasi peringatan ketika tegangan baterai mendekati batas bawah tegangan atau low voltage. Pengujian pengiriman notifikasi meliputi delay pengiriman serta kontinuitas notifikasi terkirim. Akurasi dari pengiriman notifikasi juga diuji melalui perbandingan antara notifikasi yang diterima dengan tampilan pada serial monitor dalam 30 kali percobaan.



Gambar 12. Hasil pengiriman Notifikasi Melalui Handpone.



Gambar 13. Grafik Hasil Pengujian Pengiriman Notifikasi

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada Ibu Dr. Ir. Lusua Rakhmawati, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing saya, yang sudah dengan sabar, teliti, dan tulus memberikan bimbingan, arahan, serta masukan yang sangat membantu selama proses penelitian ini. Berkat dukungan dan arahan beliau, saya bisa menyelesaikan penelitian ini dengan lebih jelas dan terarah. Semangat, ilmu, dan pengalaman yang beliau bagikan menjadi motivasi dan dorongan besar bagi saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

PENUTUP**Kesimpulan**

1. Sistem monitoring lampu darurat berbasis Internet of Things (IoT) di ruang publik yang telah dirancang dengan menggunakan komponen utama emergency power supply, mikrokontroler ESP32, dan relay 5VDC dapat diaplikasikan dengan baik serta berhasil menyalakan lampu LED 220 VAC dengan daya 5 watt dalam waktu rata-rata 27 menit 23 detik. Berdasarkan hasil pengujian, durasi penyalaan lampu dipengaruhi oleh energi yang tersimpan dalam baterai, terutama ketika baterai sedang dalam kondisi pengisian. Penambahan fitur pemutus otomatis (cut-off) pada rangkaian berfungsi optimal sebagai sistem pengaman, guna menjaga kestabilan tegangan pada baterai. Melalui fitur pemantauan IoT, pengguna dapat memantau dan mengendalikan data secara langsung (real-time) melalui aplikasi dan situs web Blynk IoT.
2. Berdasarkan hasil pengujian tegangan menggunakan alat ukur avometer, serial monitor, dan aplikasi Blynk, diperoleh hasil pembacaan dengan tingkat akurasi sebesar 100%. Terdapat selisih pembacaan tegangan antara avometer dengan serial monitor dan Blynk, yaitu sekitar 0,33–0,50 volt, baik saat listrik PLN menyala maupun saat suplai tegangan dari baterai. Sistem mampu berfungsi dengan baik dalam menyuplai tegangan ke rangkaian dan mengisi daya baterai, serta tetap berjalan optimal saat fitur cut-off diaktifkan.
3. hasil respons sistem terhadap konektivitas jaringan, bandwidth, latensi, dan mekanisme retry melalui aplikasi Blynk pada sistem monitoring baterai lampu penerangan, yaitu:
 - a. ESP32 berhasil terhubung ke Blynk dengan stabil pada kekuatan sinyal -30 dBm hingga -60 dBm, masih terhubung dengan gangguan pada -61 dBm hingga -70 dBm, dan gagal terhubung pada sinyal di bawah -71 dBm.
 - b. Pengujian sebanyak 30 kali menunjukkan bahwa rata-rata bandwidth adalah 1117,49 kbps, dengan nilai tertinggi mencapai 1773,16 kbps pada jarak 10 meter, dan nilai terendah 122,67 kbps pada jarak 220 meter. Bandwidth menurun seiring bertambahnya jarak dan dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti gangguan sinyal dan kepadatan jaringan.
 - c. Rata-rata latensi pengiriman data dari ESP32 ke Blynk adalah 87,93 ms, dengan nilai terendah 46 ms dan tertinggi 155 ms. Latensi cenderung meningkat pada jarak yang lebih jauh dan ketika sinyal melewati banyak hambatan fisik.
 - d. Platform Blynk tidak menyediakan fitur retry otomatis, sehingga mekanisme pengulangan pengiriman data dirancang secara manual di ESP32. Mekanisme retry yang terkirim pada Blynk hanya menampilkan satu data terakhir setelah retry koneksi, berbeda dengan serial monitor yang tetap menyimpan seluruh histori pembacaan sensor sebelumnya.

Saran

1. Penggunaan rangkaian joule thief dengan suplai modul fast charger sebagai pengganti modul emergency power supply dengan mempertimbangkan alternatif bahan atau modul yang lebih praktis dan sumber tegangan DC yang lebih aman.
2. Pengembangan sistem monitoring multi-perangkat melalui integrasi Teknologi ESP-NOW dapat digunakan untuk memungkinkan monitoring beberapa unit secara bersamaan tanpa bergantung pada jaringan Wi-Fi, sehingga sistem lebih fleksibel dan skalabel.
3. Penambahan media penyimpanan seperti SD card diperlukan untuk mencatat data saat koneksi internet terputus, agar histori tetap tersimpan dan bisa dianalisis.
4. Untuk menjaga konektivitas, penempatan perangkat di area sinyal yang kurang stabil, disarankan menggunakan repeater untuk mengatasi hambatan sinyal di area tertentu.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdussamad, & Dunggio. (2020). Utilization Of Used Trafo Components Handphone Charger For Emergency Lights.
- Andriyanto, D., Ahfas, A., Sulistiyowati, I., Elektro, J. T., Sains, F., Teknologi, D., Muhammadiyah, U., Kampus, S., Raya, J., No, G., & Sidoarjo, C. (2023). Sistem Monitoring Dan Protection Smart Charger Baterai Mobil Listrik Lithium Ion Berbasis Telegram.
- Ardiyanto, Y., Nurnisya, F. Y., & Pratama, M. W. (2022). Pengembangan Sound System Dan Backup Catu Daya Listrik Di Musala.
- Hilal. (2023). Analisa Balancing Bms (Battery Management System) Pada Pengisian Baterai Lithium-Ion Tipe Inr 18650 Dengan Metode Cut Off.
- Megawati, S., & Lawi, A. (2021). *Pengembangan Sistem Teknologi Internet Of Things Yang Perlu Dikembangkan Negara Indonesia*.
- Mirandha Hamid, R., Amin, M., Bagus, I. D., Teknik Elektronika Politeknik Negeri Balikpapan, M., Teknik Mesin Politeknik Negeri Balikpapan, M., & Mesin Politeknik Negeri Balikpapan, T. (2016). *Rancang Bangun Charger Baterai Untuk Kebutuhan Umkm* (Vol. 4, Issue 2).
- Najib, N., Syakur, A., Yosua, D., & Soetrisno, A. A. (2021). *Perancangan Sistem Charging Baterai Pada Prototipe Alat Ukur Tegangan Ujung Feeder Berbasis Iot* (Vol. 10, Issue 1).
- Nasution. (2021). Muslih Nasution Karakteristik Baterai Sebagai Penyimpan Energi Listrik Secara Spesifik. In *Cetak Journal Of Electrical Technology* (Vol. 6, Issue 1).
- Pradana, Alifvio Arya Sapta + Hendrarini, Nina + Suchendra, Devic Ryana. (2024a). *Sistem Monitoring Baterai Berbasis Iot Menggunakan Blynk Iot*.
- Pradana, Alifvio Arya Sapta + Hendrarini, Nina + Suchendra, Devic Ryana. (2024b). *Sistem Monitoring Baterai Berbasis Iot Menggunakan Blynk Iot*.
- Pratama, E. W., & Kiswantono, A. (2023). Electrical Analysis Using Esp-32 Module In Realtime. *Jeecs (Journal Of Electrical Engineering And Computer Sciences)*.
- Prawira. (2018). *Uji Karakteristik Baterai Lithium-Ion Terhadap Variasi Pembebanan Skripsi Oleh : Rizky Dwi Prawira Nim 141910201013 Program Studi Strata 1 Teknik Elektro*.
- Priadana, M. + S. D. (2021). *Book-Metode-Penelitian-Kuantitatif*.
- Putri, M. R. (2022). *Abstract Load Control System And Battery Power Monitoring On 50wp Solar Panel For Internet Of Things-Based Lighting Applications*.
- Ramdani, D., Mukti Wibowo, F., & Adi Setyoko, Y. (2020). *Journal Of Informatics, Information System, Software Engineering And Applications Rancang Bangun Sistem Otomatisasi Suhu Dan Monitoring Ph Air Aquascape Berbasis Iot (Internet Of Thing) Menggunakan Nodemcu Esp8266 Pada Aplikasi Telegram*.
- Risanty, R. D., & Arianto, D. L. (2017). *Rancang Bangun Sistem Pengendalian Listrik Ruangan Dengan Menggunakan Atmega 328 Dan Sms Gateway Sebagai Media Informasi*.
- Satriady. (2016). Pengaruh Luas Elektroda Terhadap Karakteristik Baterai Lifepo 4. In *Jurnal Material Dan Energi Indonesia* (Vol. 06, Issue 02).
- Suhariningsih, S., Yulianda, F., Sunarno, E., & Nugroho, M. A. B. (2024). Battery Management System Dengan Fitur Adaptive Current Protection Terhadap Suhu. *Elkomika: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 12(2), 498.
- Widodo S S. (2018). *Desain Lampu Emergency Dengan Teknologi Switching*.
- Yuliana, R., Muksin, U., & Syahreza, S. (2017). Perancangan Perangkat Lampu Emergency Multifungsi The Design Of Multifunctional Emergency Light System. *Journal Of Aceh Physics Society (Jacps)*, 6(2), 30–33.

Yudhy Kurniawan, Wardika, Winani, Sasi Utami. (2023). Analisis Baterai Emergency Pada Inkubator Bayi Dengan Variasi Daya Lampu Pijar 25 Watt Dan 50 Watt.