

# Sistem Proteksi Tegangan Cerdas: Integrasi IoT untuk Efisiensi Energi yang Optimal

Agus Kiswanto<sup>a</sup>, Muhammad Fajri<sup>b</sup>

<sup>a,b</sup> Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Surabaya

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received 12 September 2024

Received in revised form

26 September 2024

Accepted 20 October 2024

Available online 28 November 2024

### Keywords:

Internet of Things (IoT)

Over Voltage Relay (OVR)

PZEM-004T

Voltage Protection

Blynk Application

## ABSTRACT

Electric energy is a vital resource extensively used in various sectors such as industry, offices, agriculture, and trade. Its significance in supporting a nation's economy is undeniable, making the monitoring of power consumption and quality crucial. This study focuses on designing and implementing an Internet of Things (IoT)-based monitoring system for overvoltage protection in an electrical power system. The power system incorporates an Over Voltage Relay (OVR) as a protective measure against voltage fluctuations that may harm the equipment. The OVR operates based on electromagnetic principles, promptly responding to deviations in voltage beyond specified limits. Additionally, the system integrates the PZEM-004T module for measuring voltage, current, power, frequency, energy, and power factor, providing comprehensive insights into the electrical system's performance. The heart of the IoT-based monitoring system is the ESP32-32D module, facilitating real-time monitoring and remote control through the Blynk application. The implemented system successfully detects overvoltage conditions, automatically triggers protective measures, and allows users to monitor the power system through an intuitive interface. The study concludes with an evaluation of the average voltage measured by the OVR, emphasizing the system's reliability and potential for further industrial applications. The average OVR voltage, determined to be approximately 239 Volts, provides a comprehensive overview of measurement consistency throughout the experiments. This research contributes to the enhancement of electrical power management, ensuring the reliability and efficiency of overvoltage protection through IoT-based monitoring systems. Further evaluations and advancements could optimize the system's performance for broader industrial applications.

## 1 Pendahuluan

Energi listrik menjadi sumber daya yang sangat vital dan luas penggunaannya dalam berbagai sektor kehidupan manusia, seperti industri, perkantoran, pertanian, perdagangan, dan sektor lainnya [1][2][3]. Penggunaan energi listrik telah menjadi bagian integral dari aktivitas manusia, mendukung berbagai aspek perekonomian, dan diakui sebagai salah satu elemen utama penopang pertumbuhan ekonomi, termasuk di Indonesia. Pentingnya energi listrik dalam konteks perekonomian sebuah negara membuat pemantauan jumlah daya dan energi listrik menjadi krusial [4][5]. Hal ini tidak hanya untuk mengukur konsumsi energi, tetapi juga untuk menilai kualitas daya listrik dalam sistem jaringan terpasang. Pemantauan ini memungkinkan perusahaan untuk mengambil langkah pemeliharaan yang tepat dan efisien, serta mengoptimalkan pemanfaatan energi guna menjaga kehandalan sistem tenaga listrik [6][7].

Pentingnya pemantauan jumlah daya dan energi listrik tidak dapat diabaikan. Hal ini tidak hanya membantu mengukur konsumsi energi, tetapi juga memungkinkan evaluasi kualitas daya listrik dalam sistem jaringan. Pemantauan yang efektif memungkinkan perusahaan untuk mengambil langkah-langkah pemeliharaan yang tepat dan mengoptimalkan penggunaan energi, sehingga sistem tenaga listrik dapat tetap handal dan efisien.

Sistem tenaga listrik di industri umumnya dilengkapi dengan sistem proteksi, yang bertugas melindungi peralatan dan komponen dari gangguan yang tidak diinginkan. Salah satu jenis gangguan yang sering terjadi adalah tegangan tinggi. Ketika tidak

termonitor dan terkontrol dengan baik, gangguan ini dapat menyebabkan kerusakan serius pada peralatan dan komponen yang rentan terhadap tegangan tinggi [8][9]. Oleh karena itu, implementasi sistem monitoring dan Relay Tegangan Lebih (*Over Voltage Relay*) menjadi penting untuk mengurangi potensi kerusakan saat terjadi tegangan lebih [10][11]. Relay tegangan lebih bekerja berdasarkan deteksi kenaikan atau penurunan tegangan yang mencapai atau melebihi nilai settingnya [12][13].

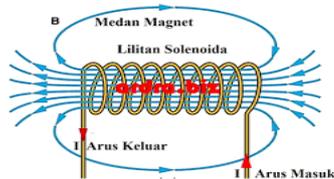
Dalam rangka mempermudah proses pengawasan dan kontrol, diterapkanlah sistem monitoring berbasis IoT dengan menggunakan aplikasi Blynk. Rancangan ini melibatkan penggunaan modul PZEM-004T 3.0 dan ESP32-32D sebagai komponen utama untuk menerapkan teknologi berbasis IoT pada sistem proteksi tegangan lebih [14][15][16].

## 2 Studi Literatur

*Relay Tegangan Lebih (Over Voltage Relay)* berperan sebagai sistem proteksi yang bertujuan untuk melindungi peralatan instalasi dari dampak perubahan tegangan yang melebihi batas normal. Peralatan pada gardu induk memiliki batasan nilai maksimum tegangan operasionalnya [17]. Ketika tegangan melebihi nilai maksimum ini, dapat membahayakan umur kerja peralatan dan bahkan menyebabkan kerusakan. Oleh karena itu, implementasi sistem proteksi seperti *over voltage relay* menjadi kebutuhan yang kritis [18][19].

Prinsip dasar kerja *over voltage relay* didasarkan pada prinsip elektromagnetik. Ketika tegangan yang masuk melebihi batas kerja yang telah ditentukan, terjadi peningkatan arus yang mengalir [20]. Proses ini menciptakan medan magnet pada koil tembaga yang dililitkan pada logam tertentu, menarik armatur di

atasnya. Ketika armatur tertarik oleh medan magnet, *switch* kontak pada relay terputus, memutuskan rangkaian secara otomatis [21]. Koil tembaga yang umumnya digunakan pada relay ini menggunakan lilitan solenoida. Prinsip ini memberikan keandalan dalam mendeteksi tegangan berlebih dan merespons dengan cepat untuk melindungi peralatan dari potensi kerusakan akibat tegangan yang tidak stabil [20][22]. Dengan demikian, *over voltage relay* menjadi komponen penting dalam sistem proteksi tegangan lebih, membantu memastikan keberlanjutan operasional dan umur panjang peralatan listrik [23][24].



Gambar 1 Lilitan koil solenoida

Besarnya medan magnet gambar 1. pada titik di tengah solenoida dirumuskan:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{l} \quad (1)$$

Dan besarnya medan magnet pada titik di ujung solenoida dirumuskan:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i \cdot N}{2 \cdot l} \quad (2)$$

Dimana,

B : Besarnya medan magnet(Wb/m<sup>2</sup> atau tesla)

$\mu_0$  : permeabilitas ruang hampa =  $4\pi \cdot 10^{-7}$  Wb/A m

I : Kuat arus listrik (A)

l : Panjang kawat (m)

N : Jumlah lilitan

Berdasarkan hukum Lorentz, besarnya medan magnet tersebut akan menghasilkan gaya magnetik atau gaya tarik dengan dirumuskan sebagai berikut:

$$F = B \cdot i \cdot l \quad (3)$$

Dimana,

F : gaya magnetik atau gaya lorentz (N)

B : kuat medan magnet (Tesla)

i : kuat arus listrik (A)

l : panjang kawat (m)

*Over Voltage Relay* yang digunakan pada rancang bangun ini menggunakan *Over Voltage Relay TOMZN 60A*.



Gambar 2 : *Over Voltage Relay TOMZN 60A*

Relay TOMZN 60A, seperti yang terlihat pada Gambar 2, bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik. Deteksi tegangan tinggi menyebabkan peningkatan arus yang mengaktifkan mekanisme relay [25]. Koil tembaga pada relay ini menggunakan jenis lilitan solenoida, yang memungkinkan respons cepat terhadap perubahan tegangan yang tidak diinginkan. Dengan demikian, ketika tegangan melebihi batas yang telah ditetapkan,

relay ini secara otomatis akan memutuskan rangkaian untuk melindungi peralatan dari potensi kerusakan.

### 2.1 Modul PZEM-004T

PZEM-004T adalah sebuah modul elektronik yang berfungsi untuk mengukur tegangan, arus, daya, frekuensi, energi, dan faktor daya.

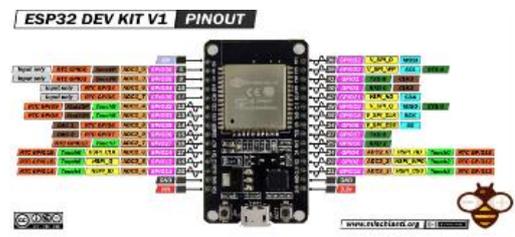


Gambar 3 : PZEM-004T

Modul yang ditunjukkan pada Gambar 3 memiliki kemampuan untuk mengukur tegangan, arus, daya, frekuensi, energi, dan faktor daya, sehingga menyediakan informasi komprehensif mengenai kinerja dan karakteristik sistem listrik[26]. Berkat kemampuannya yang luas, PZEM-004T menjadi komponen utama dalam perancangan sistem proteksi tegangan lebih berbasis *Internet of Things* (IoT). Integrasi modul ini dengan teknologi IoT, seperti modul ESP32-32D, memungkinkan pemantauan real-time dan kontrol jarak jauh melalui aplikasi Blynk. Dengan demikian, PZEM-004T tidak hanya memastikan pengukuran yang akurat, tetapi juga mendukung optimalisasi dan keamanan sistem listrik secara efisien.

### 2.2 Modul ESP32

Modul ESP32, yang ditampilkan pada Gambar 4, adalah mikrokontroler yang memegang peran kunci dalam berbagai aplikasi yang memerlukan kontrol dan pemrosesan data.



Gambar 4 Modul ESP32 Devkit

ESP32 menawarkan kapasitas memori yang besar, dukungan untuk berbagai perangkat keras tambahan, serta kemampuan komunikasi dengan berbagai sensor dan perangkat eksternal. Dalam konteks perancangan sistem proteksi tegangan lebih berbasis IoT, modul ESP32-32D memainkan peran krusial dalam mendukung konektivitas dan pengendalian jarak jauh, memungkinkan integrasi yang efektif dengan perangkat IoT lainnya, seperti *Over Voltage Relay* dan PZEM-004T.

## 3 Metodologi

Metodologi penelitian ini terdiri dari beberapa langkah yang bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring proteksi tegangan lebih berbasis *Internet of Things* (IoT). Setiap langkah dirancang untuk memastikan sistem yang dikembangkan efektif dan efisien dalam memantau dan mengelola tegangan listrik. Uraian lengkap dari setiap langkah adalah sebagai berikut:

#### A. Studi Literatur:

- **Tujuan:** Memahami konsep dasar sistem proteksi tegangan lebih dan karakteristik komponen yang digunakan.
- **Kegiatan:** Melakukan kajian terhadap literatur terkait, termasuk artikel jurnal, buku, dan sumber lainnya untuk mendapatkan informasi mendalam tentang mekanisme kerja *Over Voltage Relay* (OVR), modul ESP32, dan PZEM-004T.
- **Hasil:** Menyusun dasar teori dan prinsip kerja dari komponen yang akan digunakan dalam sistem, serta memahami kebutuhan dan tantangan dalam sistem proteksi tegangan lebih.

#### B. Perancangan Sistem:

- **Tujuan:** Merancang sistem proteksi tegangan lebih yang terintegrasi dengan teknologi IoT.
- **Kegiatan:** Pemilihan Komponen: Menentukan spesifikasi dan jenis komponen yang akan digunakan, termasuk ESP32-32D, OVR TOMZN 60A, dan PZEM-004T. Perancangan Antarmuka: Mengembangkan antarmuka pengguna menggunakan aplikasi Blynk untuk memantau dan mengontrol sistem secara real-time.
- **Metode Komunikasi:** Menentukan metode komunikasi yang akan digunakan antara komponen sistem (misalnya, Wi-Fi untuk ESP32 dan komunikasi serial untuk PZEM-004T).
- **Hasil:** Dokumen desain sistem yang mencakup diagram skematik, antarmuka pengguna, dan rencana komunikasi antar komponen.

#### C. Implementasi Sistem:

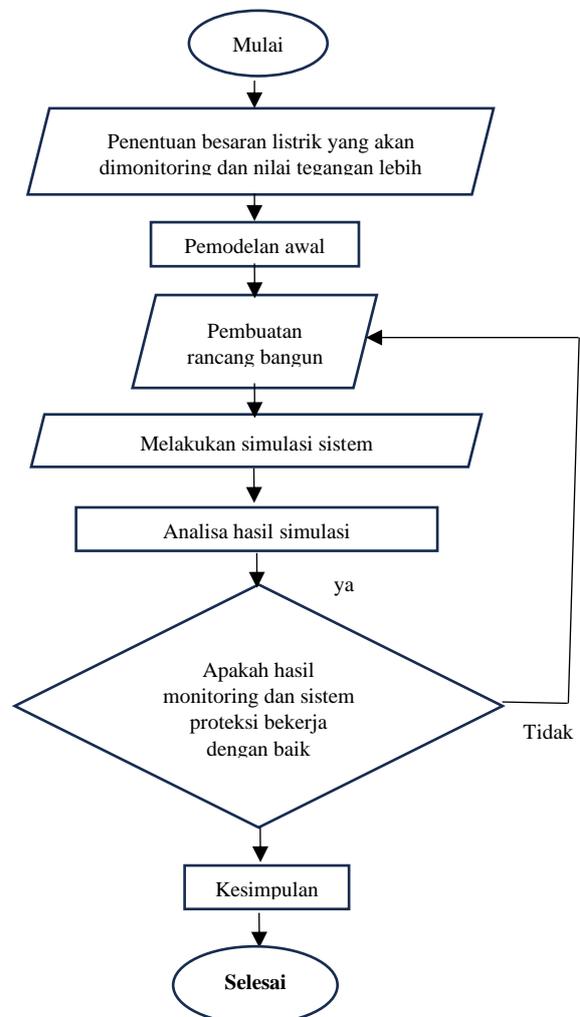
- **Tujuan:** Mengintegrasikan komponen fisik dan perangkat lunak untuk membangun sistem yang berfungsi penuh.
- **Kegiatan:** Integrasi Fisik: Merakit modul ESP32-32D, OVR TOMZN 60A, dan PZEM-004T sesuai dengan desain yang telah dibuat. Pengembangan Perangkat Lunak: Membuat dan mengkonfigurasi perangkat lunak untuk monitoring berbasis IoT menggunakan platform Blynk.
- **Hasil:** Sistem proteksi tegangan lebih yang siap diuji dengan semua komponen terintegrasi dan perangkat lunak berfungsi dengan baik.

#### D. Uji Coba dan Evaluasi:

- **Tujuan:** Menguji kinerja sistem dalam kondisi nyata dan simulasi untuk memastikan efektivitas dan keandalan.
- **Kegiatan:** Simulasi Kondisi Tegangan Lebih: Menguji respons sistem terhadap kondisi tegangan lebih untuk memastikan bahwa *Over Voltage Relay* bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Pengujian Lapangan: Melakukan uji coba di lingkungan nyata untuk mengevaluasi performa sistem dalam kondisi operasional sebenarnya. Evaluasi Kinerja: Menganalisis hasil uji coba untuk mengidentifikasi potensi perbaikan dan area untuk peningkatan sistem.
- **Hasil:** Data dan umpan balik dari pengujian yang digunakan untuk menyempurnakan sistem dan meningkatkan keandalan serta efisiensi pengelolaan tegangan listrik.

### 3.1 Diagram Alur Penelitian

Diagram alur penelitian ini memberikan gambaran singkat tentang proses penelitian yang terstruktur. Diagram alur penelitian ini memvisualisasikan langkah-langkah kunci dalam penelitian, mulai dari studi literatur hingga implementasi dan evaluasi sistem. Studi literatur membentuk dasar pemahaman, diikuti oleh perancangan sistem, implementasi fisik dan perangkat lunak, serta uji coba dan evaluasi untuk mengidentifikasi potensi perbaikan.



Gambar 5. Diagram alur penelitian

## 4 Pembahasan

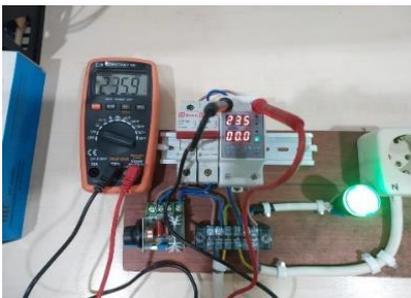
Hasil penelitian ini mencakup implementasi sistem pemantauan untuk proteksi tegangan lebih berbasis *Internet of Things* (IoT) menggunakan modul ESP32-32D, *Over Voltage Relay* (OVR) TOMZN 60A, dan PZEM-004T. Sistem ini efektif dalam menyediakan pemantauan *real-time* terhadap kondisi tegangan listrik, mendeteksi tegangan lebih, dan memberikan perlindungan otomatis untuk mencegah kerusakan pada peralatan.

Pada tahap implementasi yang ditunjukkan dalam Gambar 6 dan 7, integrasi modul ESP32-32D, OVR TOMZN 60A, dan PZEM-004T berhasil dilaksanakan. Modul ESP32-32D berfungsi sebagai pusat kendali sistem, mentransfer data ke platform IoT melalui koneksi Wi-Fi. OVR TOMZN 60A merespons dengan cepat terhadap kondisi tegangan lebih dengan memutuskan rangkaian secara otomatis untuk melindungi peralatan. Sementara

itu, PZEM-004T menyediakan data akurat mengenai tegangan, arus, daya, frekuensi, energi, dan faktor daya



Gambar 6. Rangkaian alat



Gambar 7. Pengujian rangkaian

Pada tahap uji coba yang diperlihatkan dalam Gambar 6, sistem berhasil mendeteksi dan merespons tegangan lebih dengan baik, memberikan notifikasi secara *real-time* melalui aplikasi Blynk. Pengukuran yang dilakukan oleh PZEM-004T juga konsisten dengan kondisi sebenarnya, menunjukkan akurasi dalam memantau parameter listrik. Uji coba lapangan menunjukkan bahwa sistem efektif dalam melindungi peralatan dari tegangan berlebih.

#### 4.1 Pengukuran OVR dan Multimeter

Berdasarkan hasil pengukuran tegangan yang dilakukan pada *Over Voltage Relay* (OVR) dan multimeter, sebagaimana ditunjukkan dalam Tabel 1, terdapat konsistensi relatif antara nilai tegangan yang diukur oleh OVR dan multimeter. Perbedaan kecil yang tercatat kemungkinan disebabkan oleh toleransi dan akurasi peralatan pengukuran.

Tabel 1 Hasil pengukuran OVR dan multimeter

Percobaan	OVR	Multimeter
1	225	225,9
2	235	235,9
3	240	241,8
4	245	250,9
5	250	256,9

**Percobaan 1:** OVR mencatat tegangan sebesar 225 V, sementara multimeter mengukur sedikit lebih tinggi pada 225,9 V.

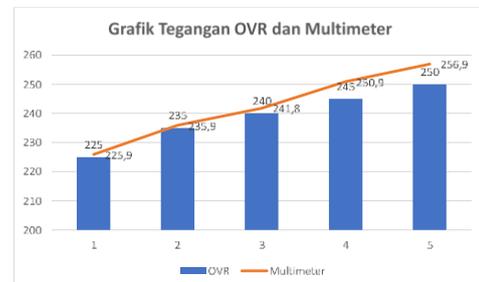
**Percobaan 2:** OVR mencatat tegangan sebesar 235 V, dengan multimeter menunjukkan 235,9 V.

**Percobaan 3:** OVR mencatat 240 V, sedangkan multimeter mencatat 241,8 V.

**Percobaan 4:** Pada pengukuran ini, OVR mencatat 245 V, sedangkan multimeter menunjukkan 250,9 V.

**Percobaan 5:** OVR mengukur 250 V, sementara multimeter menunjukkan 256,9 V.

Secara umum, tabel ini menunjukkan adanya perbedaan kecil antara pengukuran OVR dan multimeter. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh toleransi dan akurasi masing-masing peralatan pengukuran. Meski demikian, konsistensi relatif antara kedua alat menunjukkan bahwa keduanya dapat memberikan informasi tegangan yang cukup akurat.



Gambar 8. Grafik hasil pengukuran tegangan OVR dan Multimeter

Nilai yang diukur oleh OVR, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7, menunjukkan kemiripan dengan nilai yang diukur oleh multimeter, meskipun terdapat perbedaan kecil antara keduanya. Perbedaan ini kemungkinan disebabkan oleh toleransi dan presisi masing-masing peralatan pengukuran.

#### 4.2 Pengukuran OVR dan Aplikasi Blynk

Pengukuran antara *Over Voltage Relay* (OVR) dan aplikasi Blynk menunjukkan integrasi yang efektif antara sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) dan respons OVR terhadap tegangan lebih.



Gambar 9. Simulasi nilai tegangan OVR dengan Blynk

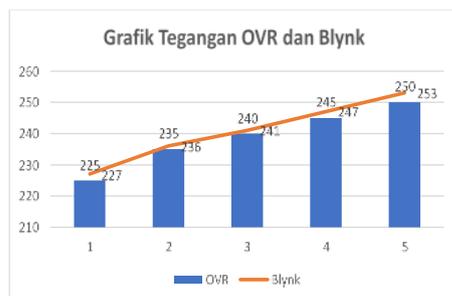
Gambar 9 menunjukkan simulasi nilai tegangan yang diukur oleh *Over Voltage Relay* (OVR) dan dipantau melalui aplikasi Blynk. Dalam gambar ini, antarmuka aplikasi Blynk menampilkan data tegangan secara *real-time*, mencerminkan nilai yang terdeteksi oleh OVR dan dikirim melalui modul ESP32-32D. Tampilan ini mengilustrasikan bagaimana data tegangan dari OVR muncul di aplikasi Blynk, memberikan informasi langsung tentang kondisi listrik yang dipantau. Simulasi ini juga menggambarkan respons OVR terhadap perubahan tegangan, dimana jika tegangan melebihi batas yang telah ditetapkan, OVR akan memutuskan rangkaian secara otomatis dan aplikasi Blynk akan memberikan notifikasi atau peringatan kepada pengguna. Hal ini menunjukkan efektivitas integrasi antara sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) dan OVR, yang memfasilitasi pemantauan dan pengendalian sistem secara efisien.

**Tabel 2.** Hasil pengukuran tegangan OVR dan Blynk

Percobaan	OVR	Blynk
1	225	227
2	235	236
3	240	241
4	245	247
5	250	253

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran tegangan yang dilakukan oleh *Over Voltage Relay* (OVR) dan aplikasi Blynk pada berbagai percobaan. Data dalam tabel ini memberikan perbandingan antara nilai tegangan yang terukur langsung dari OVR dengan nilai tegangan yang ditampilkan pada aplikasi Blynk.

Dari tabel, dapat dilihat bahwa nilai tegangan yang diukur oleh OVR dan Blynk umumnya menunjukkan kesesuaian yang baik. Perbedaan kecil antara hasil pengukuran OVR dan Blynk, seperti pada percobaan 1 hingga 5, kemungkinan disebabkan oleh faktor seperti toleransi dan akurasi masing-masing perangkat pengukuran. Sebagai contoh, pada percobaan 1, OVR mencatat 225V, sementara Blynk menampilkan 227V. Perbedaan ini menunjukkan bahwa aplikasi Blynk secara efektif merefleksikan nilai tegangan yang dideteksi oleh OVR dengan sedikit variasi. Hasil ini mengindikasikan bahwa sistem monitoring berbasis IoT, yang mengintegrasikan OVR dengan aplikasi Blynk, berfungsi dengan baik dalam memberikan data tegangan yang akurat dan konsisten.



**Gambar 10.** Grafik hasil pengukuran tegangan OVR dan Blynk

Grafik pada gambar 10 menggambarkan hasil pengukuran tegangan dari *Over Voltage Relay* (OVR) dan aplikasi Blynk. Grafik ini memvisualisasikan perbandingan antara nilai tegangan yang diukur oleh OVR dan yang ditampilkan pada aplikasi Blynk selama berbagai percobaan. Pada grafik tersebut, sumbu X mewakili nomor percobaan, sedangkan sumbu Y menunjukkan nilai tegangan dalam volt. Dua kurva yang berbeda pada grafik merepresentasikan hasil pengukuran dari OVR dan Blynk. Grafik ini menunjukkan bahwa kedua kurva mengikuti pola yang sama, dengan perbedaan kecil antara nilai-nilai yang terukur oleh kedua sistem. Misalnya, untuk percobaan yang lebih tinggi seperti pada percobaan 5, OVR menunjukkan nilai 250V, sedangkan Blynk menunjukkan 253V. Perbedaan ini konsisten dengan temuan pada tabel, yang mengindikasikan adanya kesesuaian yang baik antara pengukuran langsung dari OVR dan data yang ditampilkan oleh Blynk. Grafik ini membuktikan bahwa sistem monitoring berbasis IoT tidak hanya mampu mendeteksi tegangan lebih secara efektif tetapi juga mentransfer data tersebut dengan akurat ke platform aplikasi untuk pemantauan *real-time*.

## 5 Kesimpulan

Penelitian ini berhasil merancang dan menerapkan sistem monitoring proteksi tegangan lebih berbasis *Internet of Things*

(IoT) dengan memanfaatkan modul ESP32-32D, *Over Voltage Relay* (OVR) TOMZN 60A, dan PZEM-004T. Sistem ini dirancang untuk memberikan pemantauan *real-time* terhadap kondisi tegangan listrik, mendeteksi tegangan berlebih, dan melindungi peralatan dengan respons otomatis. Implementasi sistem menunjukkan bahwa komponen-komponen tersebut terintegrasi dengan baik. ESP32-32D bertindak sebagai otak pusat, mentransfer data ke platform IoT melalui koneksi Wi-Fi, sedangkan OVR TOMZN 60A merespons tegangan berlebih dengan memutuskan rangkaian secara otomatis. PZEM-004T menyediakan data akurat mengenai tegangan, arus, daya, frekuensi, energi, dan faktor daya.

Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem monitoring ini berfungsi dengan efektif, dengan pengukuran tegangan yang dilakukan oleh OVR dan multimeter menunjukkan konsistensi yang relatif. Meskipun terdapat perbedaan kecil yang kemungkinan disebabkan oleh toleransi peralatan pengukuran, sistem secara umum memberikan hasil yang akurat dan dapat diandalkan. Data yang diperoleh dari aplikasi Blynk juga sejalan dengan pengukuran yang dilakukan oleh OVR, menegaskan integrasi sistem monitoring yang efektif berbasis IoT.

Grafik hasil pengukuran tegangan dari OVR dan Blynk menunjukkan bahwa kedua sistem memberikan hasil yang sebanding, mengonfirmasi efektivitas sistem dalam pemantauan dan proteksi tegangan lebih. Dengan demikian, penelitian ini menegaskan keberhasilan sistem yang dikembangkan dalam meningkatkan pengelolaan tegangan listrik dan memberikan kontribusi dalam meningkatkan keandalan serta efisiensi sistem proteksi pada tingkat industri. Penelitian ini juga membuka peluang untuk perbaikan dan peningkatan lebih lanjut dalam sistem proteksi tegangan berbasis IoT.

## 6. Kontribusi Penulis

Penulis memberikan kontribusi signifikan dalam berbagai aspek penelitian ini, mulai dari tahap perancangan hingga implementasi dan evaluasi sistem. Kontribusi utama penulis meliputi:

- 1. Perancangan Sistem:** Penulis bertanggung jawab atas perancangan keseluruhan sistem monitoring proteksi tegangan lebih berbasis IoT. Ini termasuk pemilihan komponen, desain antarmuka dengan aplikasi Blynk, dan pengaturan metode komunikasi antar komponen. Penulis memastikan bahwa semua komponen—modul ESP32-32D, OVR TOMZN 60A, dan PZEM-004T—terintegrasi dengan baik untuk mencapai tujuan penelitian.
- 2. Implementasi Fisik dan Perangkat Lunak:** Penulis memimpin proses implementasi sistem, mulai dari penggabungan modul-modul fisik hingga pengembangan perangkat lunak untuk monitoring berbasis IoT. Ini mencakup pengaturan ESP32-32D untuk mentransfer data ke platform IoT, pengaturan OVR untuk merespons tegangan berlebih, serta pemrograman PZEM-004T untuk memberikan data akurat tentang parameter listrik.
- 3. Pengujian dan Evaluasi:** Penulis merancang dan melaksanakan uji coba sistem untuk menilai kinerjanya dalam kondisi nyata. Ini melibatkan simulasi kondisi tegangan lebih, pengukuran data, dan analisis hasil untuk mengidentifikasi potensi perbaikan. Penulis juga bertanggung jawab untuk menganalisis data hasil pengukuran dan memverifikasi keakuratan serta konsistensi sistem.

4. **Penulisan Laporan dan Dokumentasi:** Penulis menyusun laporan penelitian yang mencakup semua aspek dari studi ini, termasuk metodologi, hasil, dan analisis. Penulis juga membuat diagram, tabel, dan grafik untuk menyajikan data secara visual, serta menulis bagian kesimpulan yang merangkum temuan utama penelitian.

Kontribusi ini memastikan bahwa penelitian tidak hanya berhasil dalam merancang dan mengimplementasikan sistem yang efektif tetapi juga dalam menyediakan dokumentasi yang komprehensif untuk referensi di masa depan.

## 7. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang mendalam kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan kontribusi yang signifikan selama proses penelitian ini..

## 8. Referensi

- [1] I. B. Agus K, Riostantieka, Beny Harjadi, Hasti Afianti, *Indonesia's Energy Transition Preparedness Framework Towards 2045*. 2023.
- [2] A. Kiswanton, E. W. Pratama, T. Elektro, F. Teknik, and U. B. Surabaya, "Rancang kendali daya 3 phase real time 1 1,2," pp. 1–6.
- [3] D. B. Prasetyo and A. Kiswanton, "SINKRONISASI DAN MONITORING GENERATOR DENGAN PENGENDALI BERBASIS ARDUINO MEGA 2560," vol. 3, no. 2.
- [4] N. Prastyana, "M onitoring Arus dan Tegangan dari 9 Unit Pembangkit Di Indonesia Ke Kantor Pusat PLN Menggunakan Etab," pp. 654–655.
- [5] J. I. Tech, "TRANSFORMASI PEMANTAUAN ENERGI : KONTROL DAYA LISTRIK 3 FASA DENGAN ANTARMUKA GRAFIS PENGGUNA ( GUI ) SECARA LANGSUNG," vol. 1, no. 2, pp. 76–84, 2023.
- [6] R. Bangun, A. Perangkap, S. Di, P. Bertenaga, S. Dan, and M. Blower, "ISSN ( Print ) : 2621-3540 ISSN ( Online ) : 2621-5551," pp. 1–5.
- [7] A. Kiswanton and Y. A. Setiawan, "Antena Televisi Sederhana : Memanfaatkan Kaleng Minuman Simple Television Antenna : Utilizing Beverage Cans," vol. 1, no. 2, pp. 101–111, 2024.
- [8] A. Kiswanton, "Pengembangan Sistem Energi Terbarukan: Pendekatan Multigenerator Dan Simulasi Etab," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 2, 2024, doi: 10.23960/jitet.v12i2.4147.
- [9] T. Elektro, F. Teknik, and U. B. Surabaya, "Fuzzy Control Innovation : Optimizing DC Motor Performance with Solar Energy Matahari," pp. 31–44.
- [10] A. Kiswanton and Y. Hermanto, "PENINGKATAN KINERJA PLTB MELALUI KENDALI," vol. 12, no. 1, pp. 137–147, 2024.
- [11] O. Suhu, P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, and U. B. Surabaya, "Revitalisasi Sistem ATS : Integrasi Smart Relay dan Teknologi," pp. 56–63, 2023.
- [12] S. Adidaya and A. Nurhayati, "Simulasi Perancangan Jaringan DMVPN dengan GNS3," *Ejournal.Akademitelkom.Ac.Id*, pp. 656–660, [Online]. Available: <http://ejournal.akademitelkom.ac.id/emit/index.php/eMit/article/view/19%0Ahttp://ejournal.akademitelkom.ac.id/emit/index.php/eMit/article/download/19/16>
- [13] Y. Hermanto and A. Kiswanton, "Stability Control of Frequency and Voltage in Wind Power Plant Using Complementary Load with Pid Control, Pwm and Thingspeak Monitor," *JEECS (Journal Electr. Eng. Comput. Sci.*, vol. 7, no. 1, pp. 1159–1168, 2023, doi: 10.54732/jeeecs.v7i1.211.
- [14] H. T. P. Ryko and A. Kiswanto, "Analisis Stabilitas Tegangan Listrik Menggunakan Panel Surya Pada Lampu Penerangan Jalan Umum (Pju) Berbasis Arduino," *Aisyah J. Informatics Electr. Eng.*, vol. 3, no. 2, pp. 148–152, 2021, [Online]. Available: <http://jti.aisyahuniversity.ac.id/index.php/AJIEE>
- [15] A. Syaefudin, A. Kiswanton, and B. Purwahyudi, "Sistem Kendali Kinerja Motor 1 Fasa pada WTP Menggunakan ESP8266 Tipe 01," *Sent. Vi 2021*, no. November 2021, pp. 110–119, 2021.
- [16] H. D. Paminto and A. Kiswanton, "Volume 3 Issue 1 Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering RANCANG SIMULASI SISTEM OVER CURRENT RELAY PADA JARINGAN DISTRIBUSI 20KV MENGGUNAKAN ETAP," vol. 3, no. 1, pp. 45–49.
- [17] R. Bangun, B. Charge, C. Atmega, and M. Sepeda, "Design of Atmega2560 Charge Controller Battery Using Static Bicycle," vol. 7, no. 1, pp. 79–93, 2023.
- [18] R. Bangun, S. Proteksi, S. B. Motor, P. Waktu, and W. Heater, "Design of Single Phase Motor Current , Voltage , Over Temperature Protection System and Temperature Timing in Water Heater".
- [19] A. Kiswanton and A. P. Putra, "Analisa Perancangan Sistem Transmisi Pembangkit dengan Power 150 KVA dan proteksi gangguan listrik di penyaluran 10 KVA," pp. 565–568.
- [20] A. Yuli Hermanto, "Voltage and Frequency Controller for Wind Turbine With PID Controller , PWM and Thingspeak Monitor," *JTECS*, vol. 3:1, 2023.
- [21] A. Kiswanton and G. L. Arzadiwa, "Jurnal Pengabdian Siliwangi MEMBUAT LAMPU SEDERHANA SERBAGUNA MENGGUNAKAN LED DAN BARANG," vol. 7, pp. 59–61, 2021.
- [22] A. Kiswanton and D. I. Firmansyah, "STUDY ALIRAN DAYA ( LOAD FLOW ) PADA SISTEM DISTRIBUSI TENAGA LISTRIK GEDUNG PASCA SARJANA," pp. 133–140, 2020.
- [23] E. N. Cahyono, "Profil otomatisasi distribusi sistem tenaga listrik universitas bhayangkara surabaya," no. 1, pp. 18–24, 2021.
- [24] M. A. Faza, T. Elektro, F. Teknik, and U. B. Surabaya, "RANCANG BANGUN ALAT MONITORING ONLINE TEMPERATUR KLEM PADA," vol. 14, no. 1, 2022.
- [25] E. Engineering, S. Program, U. B. Surabaya, K. Gayungan, and J. Timur, "ELECTRICAL ANALYSIS USING ESP-32 MODULE IN," vol. 7, no. 2, pp. 1273–1284, 2022.
- [26] A. Kiswanton, "Design Analysis of Solar Powered Systems Full Flexible 10 WP Capacity," pp. 113–118, 2017.