

PEMANTAUAN TEGANGAN LISTRIK TIGA FASE BERBASIS INTERNET OF THINGS PADA TRANSMISI TVRI JAWA TENGAH

Hendri Noviyanto¹, Agus Rianto², Jalu Dwi Kusumo³

^{1,2,3}Universitas Surakarta

hendrinoviyantoo@gmail.com¹, riantosolo73@gmail.com², jaludwikusumo@gmail.com³

Naskah diterima: 10 Mei 2025 ; Direvisi : 22 Mei 2025 ; Disetujui : 23 Mei 2025

Abstrak (Indonesia)

Kestabilan tegangan listrik pada sistem transmisi sangat krusial dalam mendukung kelancaran siaran televisi, terutama pada instalasi tiga fase seperti yang digunakan oleh TVRI Jawa Tengah. Gangguan tegangan atau beban berlebih (overload) dapat menyebabkan kerusakan peralatan dan menurunkan kualitas siaran. Penelitian ini bertujuan merancang sistem pemantauan dan pengendalian tegangan listrik tiga fase berbasis Internet of Things (IoT) dengan integrasi aplikasi Blynk sebagai antarmuka pengguna. Sistem menggunakan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor ZMPT101B untuk memantau tegangan tiap fase secara real-time. Data dikirim ke platform Blynk melalui jaringan Wi-Fi, sehingga pengguna dapat memantau kondisi sistem dari jarak jauh melalui smartphone. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan mekanisme otomatisasi yang akan memutus jaringan listrik secara otomatis melalui relay jika terdeteksi beban berlebih, guna mencegah kerusakan pada peralatan transmisi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja secara responsif, akurat dalam pembacaan tegangan, dan mampu melakukan pemutusan otomatis saat nilai ambang batas terlampaui. Sistem ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pemantauan dan perlindungan instalasi transmisi secara signifikan.

Kata kunci: IoT, pemantauan tegangan, Blynk, ESP32, overload

Abstract (English Version)

Voltage stability in transmission systems is crucial to ensure uninterrupted television broadcasting, especially in three-phase installations such as those used by TVRI Central Java. Voltage disturbances or overload conditions can damage equipment and disrupt broadcast quality. This study aims to design a three-phase voltage monitoring and control system based on the Internet of Things (IoT), integrated with the Blynk application as a user interface. The system utilizes an ESP32 microcontroller connected to ZMPT101B voltage sensors to monitor each phase in real-time. Data is transmitted via Wi-Fi to the Blynk platform, allowing users to remotely monitor system conditions through a smartphone. Additionally, the system is equipped with an automatic shutdown mechanism using a relay that disconnects the power supply when an overload is detected, preventing potential equipment damage. Test results show that the system performs responsively, provides accurate voltage readings, and effectively executes automatic disconnection when threshold limits are exceeded. This system is expected to significantly enhance monitoring efficiency and protect transmission installations.

Keywords: IoT, voltage monitoring, Blynk, ESP32, overload

PENDAHULUAN

Ketersediaan dan kestabilan tegangan listrik merupakan aspek krusial dalam sistem transmisi dan distribusi tenaga listrik, khususnya pada instalasi vital seperti stasiun transmisi TVRI Jawa Tengah. Fluktuasi tegangan seperti tegangan rendah (*low voltage*) dan tegangan tinggi (*over voltage*) dapat menyebabkan kerusakan pada perangkat elektronik, gangguan siaran, serta penurunan efisiensi operasional [1], [2], [3].

Dalam sistem tiga phase, kestabilan antar fasa menjadi faktor penting untuk menjaga kinerja optimal sistem penyiaran [4]. Namun, pada praktiknya sering terjadi ketidakseimbangan dan gangguan tegangan akibat beban tidak merata, gangguan eksternal, atau kesalahan sistem proteksi [5], [6]. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring yang mampu mendeteksi perubahan tegangan secara *real-time* dan memberikan peringatan dini terhadap kondisi *abnormal*.

Seiring perkembangan teknologi, pendekatan berbasis *Internet of Things* (IoT) menjadi solusi yang efisien untuk memantau parameter kelistrikan dari jarak jauh [7]. Dengan memanfaatkan mikrokontroler seperti ESP32, sensor tegangan ZMPT101B, serta platform *Blynk*, sistem monitoring dapat dirancang untuk memberikan data *real-time* serta otomatisasi dalam pengamanan sistem ketika terjadi gangguan [8], [9], [10].

Penggunaan IoT memungkinkan pengawasan tegangan dilakukan melalui

perangkat seluler atau komputer, sehingga mempermudah pemantauan oleh teknisi bahkan di luar lokasi stasiun transmisi [11]. Selain itu, dengan menambahkan fitur otomatisasi pemutusan jaringan listrik saat terjadi *overload* atau tegangan berlebih, sistem dapat mencegah kerusakan peralatan lebih lanjut [12], [13].

Studi sebelumnya telah menunjukkan efektivitas IoT dalam mendeteksi gangguan tegangan secara tepat waktu serta membantu manajemen energi pada sistem tiga fase [14], [15]. Namun, pada kasus spesifik seperti sistem transmisi penyiaran TVRI, belum banyak diterapkan secara langsung sehingga menjadi urgensi untuk melakukan implementasi dan analisis pada lingkungan nyata.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring tegangan listrik tiga fase berbasis IoT pada stasiun transmisi TVRI Jawa Tengah. Fokus utama penelitian adalah untuk mendeteksi kondisi *low voltage* (<190V) dan *over voltage* (>240V), serta mengaktifkan sistem proteksi otomatis guna menjaga kestabilan dan keamanan sistem transmisi.

Sistem tenaga listrik tiga fase merupakan sistem yang umum digunakan dalam transmisi dan distribusi energi listrik karena efisiensinya dalam mentransfer daya. Sistem ini terdiri dari tiga konduktor dengan fasa yang berbeda

120° satu sama lain. Dalam kondisi ideal, tegangan antar fasa seimbang [16][17]. Namun, dalam praktiknya sering terjadi gangguan berupa tegangan rendah (*low voltage*) dan tegangan tinggi (*over voltage*) akibat faktor eksternal maupun internal [1], [5].

Menurut [2], tegangan rendah dapat menyebabkan turunnya performa alat elektronik dan pemanasan berlebih, sedangkan tegangan lebih dapat mengakibatkan kerusakan permanen pada peralatan listrik sensitif.

Gangguan tegangan merupakan salah satu masalah paling umum dalam instalasi listrik, terutama pada sistem tiga fase di instalasi penyiaran. Tegangan rendah (di bawah 190V) dapat mengganggu fungsi peralatan transmisi, sedangkan tegangan tinggi (di atas 240V) dapat menyebabkan kerusakan modul pemancar[6].

Penelitian oleh [13] menekankan pentingnya sistem proteksi otomatis untuk memutus aliran listrik saat tegangan berada di luar ambang batas toleransi. Sistem ini mampu mencegah kerusakan lebih lanjut dan meminimalkan *downtime*.

Internet of Things (IoT) adalah konsep penggabungan perangkat keras, sensor, dan internet untuk mengumpulkan serta memantau data secara *real-time* [11]. Dalam konteks sistem listrik, IoT digunakan untuk memantau parameter seperti tegangan, arus, daya, dan frekuensi menggunakan sensor-sensor seperti ZMPT101B (sensor tegangan AC) dan ACS712 (sensor arus).

Penelitian [9] menjelaskan bahwa

mikrokontroler seperti ESP32 mampu mengolah data dari sensor dan mengirimkannya ke platform *cloud* seperti *Blynk*, sehingga pengguna dapat memantau kondisi listrik melalui *smartphone* atau komputer.

Penelitian [18] mengembangkan sistem monitoring tiga fase menggunakan ESP32 yang memberikan notifikasi ketika tegangan menyimpang dari nilai normal. Hal ini menjadi sangat berguna dalam sistem transmisi penyiaran, di mana stabilitas sangat penting untuk kelangsungan siaran.

Platform *Blynk* merupakan aplikasi IoT berbasis *cloud* yang mendukung berbagai board seperti ESP32 dan NodeMCU. Dengan *Blynk*, pengguna dapat mengakses data sensor secara *real-time*, membuat antarmuka pengguna yang interaktif, dan mengatur logika kendali otomatis [10].

Penelitian [19] berhasil merancang sistem monitoring tegangan dan arus berbasis ESP32 dan *Blynk* untuk penggunaan industri kecil. Sistem ini tidak hanya menampilkan grafik data secara langsung, tetapi juga mengirim notifikasi ketika terjadi gangguan.

Proteksi otomatis berfungsi untuk mengamankan sistem dari kerusakan lebih lanjut akibat gangguan tegangan. Sistem ini biasanya menggunakan *relay* atau kontaktor yang dikontrol oleh mikrokontroler dan dikombinasikan dengan logika pemutusan ketika terjadi

overload, overvoltage, atau *undervoltage* [12].

Dalam penelitian [20], sistem proteksi otomatis terbukti mampu memperpanjang usia pakai alat dan mengurangi biaya perawatan pada instalasi industri. Implementasi konsep serupa dalam lingkungan penyiaran akan meningkatkan keandalan sistem transmisi seperti di TVRI.

METODE

1. Alat dan Bahan

Adapun alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- a. Mikrokontroler: ESP32.
- b. Sensor Tegangan: ZMPT101B (3 unit untuk 3 fasa).
- c. Sensor Arus (opsional): ACS712.
- d. Relai Proteksi: *Relay* 5V/220V untuk pemutusan beban otomatis.
- e. Platform IoT: *Blynk* IoT (aplikasi dan *cloud*).
- f. Kabel penghubung, modul *relay*, resistor, *breadboard*.
- g. *Smartphone* atau PC untuk monitoring Beban listrik (simulasi).

2. Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen rekayasa (*engineering experiment*) yang bertujuan untuk merancang, membangun, dan menguji system pemantauan tegangan listrik tiga fase berbasis Internet of Things (IoT). Proses penelitian dilakukan melalui beberapa tahapan utama sebagai berikut:

a. Perancangan Sistem

Tahap ini meliputi desain sistem secara keseluruhan, baik perangkat keras (*hardware*) maupun perangkat lunak (*software*). Perangkat keras yang digunakan meliputi mikrokontroler ESP32, sensor tegangan ZMPT101B untuk masing-masing fase (R, S, T), dan modul *relay* sebagai aktuator pemutus daya saat terjadi *overload*. Sedangkan pada sisi perangkat lunak, sistem terintegrasi dengan aplikasi *Blynk* sebagai media antarmuka pengguna (*user interface*) berbasis mobile.

b. Perakitan dan Implementasi

Komponen elektronik dirakit sesuai rancangan. Sensor ZMPT101B dikalibrasi untuk mendeteksi nilai tegangan AC dengan akurasi yang memadai. ESP32 diprogram menggunakan Arduino IDE untuk membaca data tegangan dari sensor, mengirimkannya ke *cloud Blynk*, serta memicu *relay* untuk memutus arus jika tegangan melebihi ambang batas yang ditentukan.

c. Integrasi dengan Platform IoT (*Blynk*)

Data tegangan dikirim secara nirkabel menggunakan koneksi Wi-Fi ke aplikasi *Blynk*. Aplikasi ini digunakan untuk memantau kondisi tegangan dari tiga fase secara *real-time* melalui *smartphone*. Fitur notifikasi juga ditambahkan untuk memberikan peringatan saat terdeteksi tegangan abnormal atau *overload*.

d. Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan untuk memastikan sistem dapat memantau

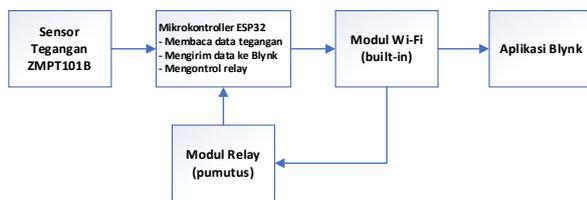
tegangan secara akurat, merespons perubahan tegangan dengan cepat, dan melakukan pemutusan otomatis saat tegangan melewati batas normal.

e. Analisis dan Evaluasi

Hasil dari pengujian dianalisis untuk menilai keandalan sistem, tingkat akurasi sensor, kestabilan koneksi ke *Blynk*, serta efektivitas sistem pemutus otomatis. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan pembacaan sensor dengan alat ukur standar dan mengamati waktu respon sistem terhadap perubahan tegangan.

3. Desain Sistem

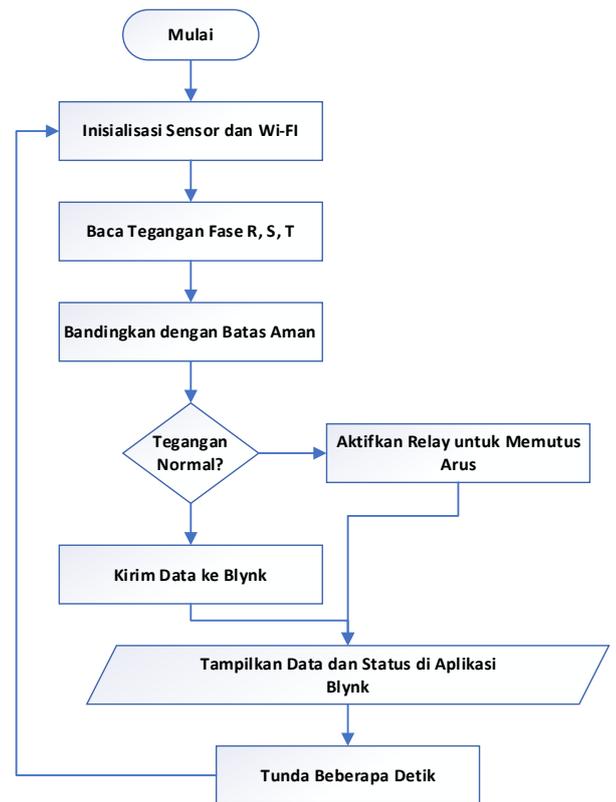
a. Blok Diagram Sistem



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Pada Gambar 1 sensor mengumpulkan data yang kemudian di kirim ke Mikrokontroler, kemudian mikrokontroler mengirimkan data ke *Blynk* melalui jaringan Wi-Fi. Jika nilai tidak sesuai maka mikrokontroler mengirimkan instruksi ke *Relay* untuk melakukan pemutusan arus listrik, kemudian dilaporkan ke Mikrokontroler dan dikirimkan ke *Blynk* melalui jaringan Wi-Fi.

b. Alur Kerja Sistem



Gambar 2. Flowchart Alur Kerja Sistem

Berdasarkan Gambar 2 Sistem berjalan dengan menginisialisasi sensor dan Wi-Fi, setelah sensor dan Wi-Fi terdeteksi maka dilanjutkan dengan membaca tegangan dari sensor R, S, T. Data yang didapatkan kemudian dibandingkan dengan batas aman, jika arus listrik yang mengalir tidak sesuai maka Aktifkan *relay* untuk melakukan pemutusan arus dan mengirimkan data ke *Blynk* untuk ditampilkan di monitor. Jika arus yang lewat normal maka tampilkan data saja di Aplikasi *Blynk*. Proses akan diulang terus menerus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Hasil Implementasi Sistem

Setelah proses perakitan dan pemrograman selesai, sistem diuji dengan mensimulasikan berbagai kondisi tegangan pada tiga fase. Sensor ZMPT101B berhasil membaca nilai tegangan pada masing-masing fase (R, S, dan T) dan mengirimkan data tersebut secara *real-time* ke aplikasi *Blynk* melalui mikrokontroler ESP32. Antarmuka *Blynk* menampilkan nilai tegangan dalam bentuk digital dan grafik sehingga memudahkan pemantauan oleh pengguna.

Sistem juga berhasil memberikan notifikasi otomatis saat terjadi anomali tegangan, misalnya ketika salah satu fase menunjukkan nilai melebihi ambang batas 240V atau di bawah 180V. Selain itu, jika tegangan pada salah satu fase melampaui ambang batas yang ditentukan sebagai kondisi *overload*, sistem secara otomatis mengaktifkan *relay* untuk memutus aliran listrik, sebagai langkah *preventif* terhadap kerusakan peralatan.



Gambar 1. Pengujian Perangkat Keras dan Dashboard Aplikasi *Blynk*



Gambar 2. Dashboard Aplikasi *Blynk*

2. Akurasi Pembacaan Tegangan

Hasil pembacaan sensor dibandingkan dengan alat ukur *voltmeter* digital. Selisih rata-rata pembacaan berada dalam rentang $\pm 3V$ dari nilai aktual, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki tingkat akurasi yang cukup baik untuk keperluan pemantauan operasional.

Tabel 1. Akurasi Tegangan

Fase	Tegangan (<i>Voltmeter</i>)	Tegangan (Sensor IoT)	Selisih
R	231V	229	-2 V
S	233V	230	-3 V
T	233V	230	-3 V



Gambar 3. Pengecekan Voltase R



Gambar 4. Pengecekan Voltase S dan T

Pengecekan *voltase* dengan *voltmeter* dilakukan pada malam hari yang menunjukkan *voltase* berada pada angka 233 V. Proses pengecekan dirangkum pada Tabel 1. Akurasi tegangan.

3. Kinerja Notifikasi dan Otomatisasi

Pengujian fitur notifikasi dan pemutusan otomatis menunjukkan bahwa sistem merespon dalam waktu kurang dari 2 detik sejak tegangan abnormal terdeteksi. Pemutusan daya oleh relay berlangsung cepat dan stabil, kemudian sistem dapat kembali aktif secara manual atau otomatis sesuai konfigurasi yang diprogram.

PENUTUP

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Sistem pemantauan tegangan tiga fase berbasis IoT yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler ESP32, sensor ZMPT101B, dan aplikasi *Blynk* berhasil berfungsi dengan baik dalam memantau kondisi tegangan listrik secara *real-time*.
2. Aplikasi *Blynk* terbukti efektif sebagai

antarmuka pengguna yang memudahkan proses pemantauan tegangan dari jarak jauh melalui perangkat mobile. Tampilan data yang interaktif dan notifikasi otomatis memberikan kenyamanan serta kecepatan dalam mendeteksi gangguan.

3. Sistem mampu mendeteksi kondisi *overload* dan secara otomatis memutuskan aliran listrik menggunakan modul *relay*. Fitur ini berfungsi sebagai proteksi dini untuk mencegah kerusakan pada peralatan transmisi akibat tegangan yang tidak stabil.
4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa akurasi pembacaan tegangan cukup tinggi, dengan deviasi rata-rata $\pm 3V$ dari alat ukur standar, dan waktu respons sistem tergolong cepat (kurang dari 2 detik).

Dengan demikian, sistem ini layak digunakan sebagai solusi monitoring dan proteksi tegangan listrik pada instalasi tiga fase, khususnya di lingkungan penyiaran seperti TVRI Jawa Tengah

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Siregar, "Analisis Kestabilan Tegangan pada Sistem Transmisi," *J. Sist. Energi List.*, vol. 8, no. 3, pp. 77-83, 2021.
- [2] R. D. Putra, "Implementasi Proteksi Tegangan Lebih dan Kurang pada

- Sistem 3 Phase,” *J. Ilm. Elektro*, vol. 5, no. 1, pp. 45–51, 2020.
- [3] A. Wijaya *et al.*, “Dashboard Monitoring Dan History Data Tegangan Listrik Ac (Alternating Current),” vol. 26, no. 2, pp. 196–208, 2024.
- [4] T. Akhir, F. Y. Amanda, and F. Teknik, “RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAYA 3 PHASA BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DAN LORA UNTUK PEMAKAIAN SEKOLAH RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAYA 3 PHASA BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT),” vol. 2022310078, 2023.
- [5] A. Hartono, *Sistem Proteksi Listrik*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2018.
- [6] M. I. Yusup, “Evaluasi Sistem Proteksi Listrik Pada Stasiun Penyiaran,” *J. Transm. Elektro*, vol. 3, no. 2, pp. 22–29, 2022.
- [7] S. Nurdiyanti and O. Candra, “Sistem Monitoring Daya Listrik 3 Fasa Berbasis IoT (Internet of Things),” *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 4, no. 2, pp. 924–933, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.532.
- [8] A. Widodo and H. Prasetyo, “Sistem Monitoring Listrik Tiga Fase Berbasis IoT Menggunakan ESP32,” *J. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 2, pp. 88–94, 2020.
- [9] M. Ardiansyah, “Pemanfaatan ESP32 untuk Sistem Monitoring Tegangan,” *J. Teknol. dan Rekayasa*, vol. 7, no. 1, pp. 33–38, 2019.
- [10] Blynk Inc., “Blynk IoT Platform Documentation,” 2023.
- [11] S. Yuliana and T. Kurniawan, “Monitoring Tegangan Listrik dengan IoT Menggunakan NodeMCU,” *J. Teknol. Terap.*, vol. 6, no. 2, pp. 100–107, 2019.
- [12] D. Susanto, “Proteksi Otomatis pada Sistem Listrik Berbasis Arduino,” *J. Tek. dan Sist. Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 43–50, 2019.
- [13] A. F. Nugraha, “Sistem Pengamanan Otomatis pada Sistem Listrik Tiga Phase,” *J. Ketenagalistrikan*, vol. 6, no. 2, pp. 40–46, 2023.
- [14] R. Wibowo, “Rancang Bangun Monitoring Daya Listrik pada Sistem Tiga Fasa,” *J. Ilm. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 9, no. 3, pp. 89–95, 2021.
- [15] A. Prasetya, “Pemantauan Beban Listrik Berbasis Internet of Things,” *J. Teknol. Inf. dan Elektro*, vol. 4, no. 1, pp. 11–17, 2020.
- [16] R. Hermawan and A. Abdurrohman, “PEMANFAATAN TEKNOLOGI INTERNET OF THINGS PADA ALARM SEPEDA MOTOR MENGGUNAKAN NodeMcu LoLiN V3 DAN MEDIA TELEGRAM,” *Infotronik J. Teknol. Inf. dan Elektron.*, vol. 5, no. 2, p. 58,

- 2020, doi:
10.32897/infotronik.2020.5.2.453.
- [17] S. Meutia and G. Salsabila, "Rancang Bangun Komunikasi Kwh Meter 3 Fasa Berbasis Internet of Things (IoT) Menggunakan LoRa," *e-Proceeding Eng.*, vol. 9, no. 5, p. 2335, 2022.
- [18] A. Widodo and H. Prasetyo, "Sistem Monitoring Listrik Tiga Fase Berbasis IoT," *J. Teknol. dan Sist. Komput.*, vol. 8, no. 1, pp. 45–51, 2020.
- [19] H. Septian, "Sistem Pemantauan Tegangan dan Arus Berbasis ESP32 dan Blynk," *J. IoT dan Embed. Syst.*, vol. 1, no. 1, pp. 12–18, 2021.
- [20] R. Supriadi, "Pemanfaatan Teknologi IoT untuk Monitoring Instalasi Industri," *J. Inov. Tek. Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 65–70, 2019.