

MONITORING SISTEM DC 110 VOLT DI GARDU INDUK BERBASIS ANDROID

Nurholis¹, Tamaji²

¹Teknik Elektro - Universitas Widya Kartika

²Teknik Elektro - Universitas Widya Kartika

Abstrak

Sistem DC 110 Volt merupakan komponen penting dalam gardu induk yang berfungsi untuk mendukung operasional perangkat kontrol dan proteksi. Ketidakstabilan tegangan atau arus dalam sistem ini dapat berakibat fatal pada kinerja gardu induk secara keseluruhan. Oleh karena itu, monitoring sistem DC 110 Volt secara real-time menjadi sangat krusial. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sebuah sistem monitoring berbasis Android yang didukung oleh teknologi Internet of Things (IoT). Sistem ini memanfaatkan sensor tegangan dan arus yang terintegrasi dengan mikrokontroler dan mengirimkan data ke aplikasi Android melalui protokol komunikasi data. Data yang diterima aplikasi dapat dianalisis secara real-time, memberikan informasi penting mengenai perubahan parameter yang tidak sesuai standar operasional. Selain itu, sistem juga dilengkapi dengan fitur peringatan dini (early warning) yang memungkinkan teknisi untuk merespons gangguan potensial sebelum mempengaruhi operasional gardu induk. Pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa sistem ini mampu meningkatkan efisiensi dalam pemantauan dan mengurangi risiko operasional pada gardu induk. Dengan penerapan teknologi ini, gangguan pada sistem DC dapat dideteksi lebih awal sehingga tindakan preventif dapat dilakukan dengan cepat dan tepat.

Kata Kunci: Monitoring, Sistem DC 110 Volt, Gardu Induk, Android, IoT, Early Warning.

Abstract

The 110 Volt DC system is a critical component in substations that supports the operation of control and protection devices. Instability in voltage or current within this system can have severe consequences on the overall performance of the substation. Therefore, real-time monitoring of the 110 Volt DC system is crucial. This research aims to design and implement an Android-based monitoring system supported by Internet of Things (IoT) technology. The system utilizes voltage and current sensors integrated with a microcontroller, transmitting data to an Android application via a data communication protocol. The data received by the application can be analyzed in real-time, providing essential information about parameter deviations from operational standards. Additionally, the system includes an early warning feature that enables technicians to respond to potential issues before they affect the substation's operations. Testing has demonstrated that this system effectively improves monitoring efficiency and reduces operational risks in substations. By applying this technology, disruptions in the DC system can be detected early, allowing for rapid and accurate preventive action.

Keywords: Monitoring, 110 Volt DC System, Substation, Android, IoT, Early Warning.

1. PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Dalam perkembangan teknologi modern, sistem tenaga listrik semakin memiliki peran penting dalam berbagai sektor, terutama pada industri dan infrastruktur. Gardu induk adalah salah satu elemen kunci dalam sistem distribusi tenaga listrik. Salah satu aspek penting dari gardu induk adalah sistem DC (Direct Current) yang berfungsi untuk menyuplai daya kepada perangkat kontrol, proteksi, dan komunikasi di gardu induk. Di Indonesia, sistem DC 110 Volt umumnya digunakan di berbagai gardu induk untuk memastikan kelangsungan operasi perangkat-perangkat tersebut. Stabilitas dari sistem DC ini sangat krusial dalam menjaga keandalan operasional sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan akan sistem tenaga listrik yang lebih andal dan efisien, monitoring terhadap sistem DC menjadi semakin penting. Ketidakstabilan pada tegangan atau arus pada sistem DC dapat menyebabkan gangguan pada peralatan proteksi dan kontrol yang pada akhirnya dapat memicu gangguan lebih besar pada sistem tenaga listrik. Gangguan semacam ini tidak hanya berpotensi menyebabkan kerusakan pada perangkat, tetapi juga bisa berakibat pada pemadaman listrik yang luas, yang berdampak negatif bagi pelanggan dan operasional industri. Oleh karena itu, diperlukan sistem monitoring yang andal dan efisien untuk memantau parameter penting seperti tegangan dan arus pada sistem DC di gardu induk secara real-time.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) dalam satu dekade terakhir telah memberikan peluang besar untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas sistem monitoring di berbagai bidang, termasuk di industri tenaga listrik. IoT memungkinkan perangkat untuk saling berkomunikasi dan bertukar data secara real-time melalui jaringan internet, yang membuatnya sangat cocok untuk aplikasi monitoring jarak jauh pada sistem tenaga listrik. Sistem monitoring berbasis IoT dapat mengirimkan data secara otomatis dan memberikan notifikasi dini kepada pengguna jika terjadi anomali pada sistem yang dipantau. Hal ini memungkinkan operator untuk merespons gangguan dengan lebih cepat, mengurangi waktu downtime, dan meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik secara keseluruhan (Smith et al., 2016).

Teknologi IoT juga semakin berkembang pesat dengan munculnya perangkat-perangkat pintar seperti mikrokontroler dan sensor yang dapat dihubungkan melalui jaringan nirkabel. Dalam konteks sistem tenaga listrik, mikrokontroler seperti Arduino dan ESP8266 dapat digunakan untuk memantau parameter seperti tegangan dan arus pada sistem DC di gardu induk, sementara sensor-sensor tegangan dan arus dapat memberikan data yang akurat tentang kondisi operasional sistem. Dengan integrasi aplikasi berbasis Android, pengguna dapat dengan mudah mengakses data monitoring di perangkat seluler mereka kapan saja dan di mana saja (Brown et al., 2019).

Di Indonesia, PLN (Perusahaan Listrik Negara) sebagai penyedia utama tenaga listrik telah mengidentifikasi pentingnya meningkatkan sistem monitoring pada gardu induk untuk menjaga keandalan pasokan listrik. Salah satu aspek yang perlu diperhatikan adalah sistem monitoring terhadap sistem DC 110 Volt, yang sering kali diabaikan namun sangat penting untuk menjaga kestabilan perangkat kontrol dan proteksi di gardu induk. Gangguan pada sistem DC dapat menyebabkan gangguan pada perangkat proteksi, seperti relay, yang dapat memicu pemadaman luas (Siregar, 2020). Oleh karena itu, pengembangan sistem monitoring berbasis IoT yang dapat memantau sistem DC 110 Volt secara real-time dan memberikan peringatan dini merupakan langkah yang sangat penting untuk meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik di Indonesia

1.2. PERMASALAHAN

Salah satu masalah utama yang dihadapi dalam sistem distribusi tenaga listrik adalah kurangnya sistem monitoring yang andal dan efisien untuk sistem DC di gardu induk. Banyak gardu induk masih menggunakan metode monitoring manual yang membutuhkan inspeksi fisik oleh teknisi secara berkala. Metode ini memiliki beberapa kelemahan, antara lain waktu respon yang lambat terhadap gangguan, kurangnya data real-time, dan keterbatasan dalam menganalisis tren operasional jangka panjang. Tanpa sistem monitoring yang baik, gangguan kecil pada sistem DC dapat berkembang menjadi masalah yang lebih besar, yang akhirnya dapat mengganggu operasi gardu induk dan menyebabkan pemadaman listrik.

Selain itu, sistem monitoring yang ada sering kali tidak dilengkapi dengan fitur peringatan dini yang dapat mendeteksi potensi masalah sebelum mereka berkembang

menjadi gangguan serius. Dalam beberapa kasus, penurunan tegangan atau peningkatan arus yang tidak terdeteksi dapat menyebabkan kerusakan pada perangkat proteksi dan kontrol, yang pada gilirannya dapat memperparah gangguan di gardu induk. Oleh karena itu, ada kebutuhan mendesak untuk mengembangkan sistem monitoring yang lebih canggih yang dapat memberikan data real-time dan notifikasi dini kepada operator gardu induk.

Teknologi IoT menawarkan solusi potensial untuk masalah ini. Dengan mengintegrasikan sensor tegangan dan arus dengan mikrokontroler dan jaringan nirkabel, sistem monitoring dapat dirancang untuk memberikan data real-time dan notifikasi dini kepada pengguna melalui aplikasi berbasis Android. Namun, hingga saat ini, belum banyak penelitian yang mengkaji penerapan teknologi IoT untuk sistem monitoring DC 110 Volt di gardu induk. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring berbasis Android yang memanfaatkan teknologi IoT untuk memantau tegangan dan arus pada sistem DC 110 Volt di gardu induk secara real-time.

1.3. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengembangkan sebuah sistem monitoring berbasis Android yang memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) untuk memantau tegangan dan arus pada sistem DC 110 Volt di gardu induk secara real-time. Sistem ini diharapkan dapat memberikan data yang akurat tentang kondisi tegangan dan arus, serta memberikan notifikasi dini kepada pengguna jika parameter tersebut melampaui batas operasi yang telah ditentukan. Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan keandalan sistem tenaga listrik di gardu induk melalui pengembangan sistem monitoring yang lebih efisien dan responsif. Secara spesifik, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengembangkan sistem monitoring berbasis IoT yang dapat memantau tegangan dan arus pada sistem DC 110 Volt di gardu induk secara real-time
2. Mengintegrasikan sistem monitoring dengan aplikasi berbasis Android yang dapat memberikan notifikasi dini kepada pengguna jika terjadi anomali pada tegangan atau arus.
3. Melakukan pengujian terhadap sistem monitoring yang dikembangkan untuk menilai kinerjanya dalam kondisi operasional yang bervariasi di gardu induk.
4. Mengevaluasi keandalan dan efisiensi sistem monitoring dalam mendeteksi gangguan dan memberikan peringatan dini kepada operator gardu induk.

1.4. RELEVANSI PENELITIAN

Penelitian ini memiliki relevansi yang tinggi dengan kebutuhan industri tenaga listrik di Indonesia, khususnya dalam upaya meningkatkan keandalan operasional gardu induk. PLN, sebagai penyedia utama tenaga listrik di Indonesia, telah menunjukkan komitmen untuk meningkatkan sistem monitoring di gardu induk guna mengurangi risiko pemadaman listrik dan meningkatkan efisiensi operasional (Setiawan, 2021). Dengan mengembangkan sistem monitoring berbasis IoT, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan sistem pengelolaan gardu induk, terutama dalam hal pemantauan sistem DC 110 Volt yang selama ini kurang mendapatkan perhatian.

Selain relevansinya dalam konteks operasional gardu induk, penelitian ini juga berkontribusi pada pengembangan teknologi IoT di Indonesia. Dalam beberapa tahun terakhir, pemerintah Indonesia telah mendorong penggunaan teknologi IoT untuk meningkatkan efisiensi di berbagai sektor, termasuk sektor energi (Bappenas, 2018). Penelitian ini sejalan dengan upaya tersebut, karena mengimplementasikan teknologi IoT dalam sistem monitoring tenaga listrik yang dapat membantu meningkatkan efisiensi dan keandalan pasokan listrik di Indonesia.

2. METODE PENELITIAN

2.1. TEMPAT DAN WAKTU PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Proteksi PT PLN (Persero) Unit Induk Transmisi Jawa Bagian Timur Bali dan Madura (UIT JBM) dan Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Bali Utara. Penelitian dilakukan selama 3 bulan, dimulai pada bulan Januari 2024 hingga Maret 2024. Tempat penelitian dipilih karena laboratorium ini memiliki fasilitas yang mendukung pengujian sistem DC 110 Volt serta perangkat simulasi gardu induk.

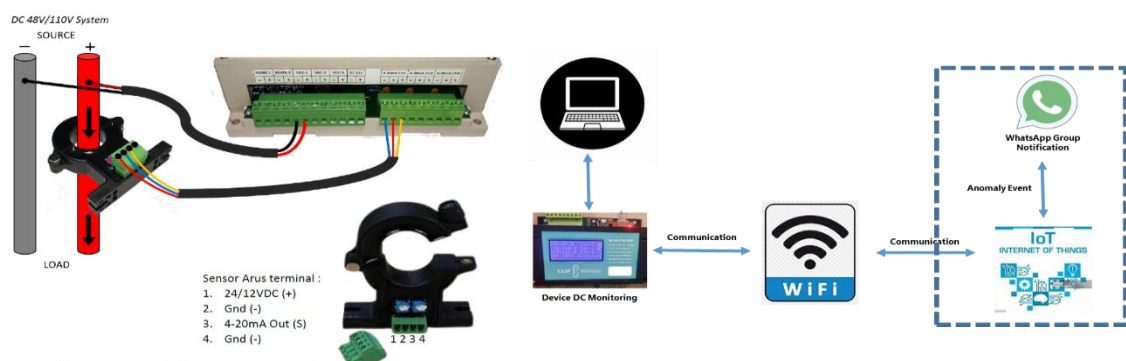
2.2. ALAT DAN BAHAN PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan sebagai berikut:

- Sensor Tegangan: Digunakan untuk memantau besaran tegangan pada sistem DC 110 Volt.
- Sensor Arus: Digunakan untuk memantau besaran arus yang mengalir pada sistem DC 110 Volt.
- Mikrokontroler Arduino: Digunakan sebagai pusat pengolahan data dari sensor dan mengirimkan data ke aplikasi Android.
- Modul Wi-Fi (ESP8266): Digunakan untuk menghubungkan mikrokontroler dengan jaringan nirkabel.
- Aplikasi Android: Aplikasi khusus yang dikembangkan untuk menerima, menampilkan, dan menganalisis data secara real-time.
- Power Supply DC 110 Volt: Digunakan untuk mensimulasikan sistem DC di gardu induk.
- Laptop: Digunakan untuk pemrograman mikrokontroler dan pengujian aplikasi.

2.3. DESAIN PERCOBAAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan eksperimental di mana sistem monitoring dirancang dan diuji dalam lingkungan simulasi gardu induk. Sistem dirancang untuk dapat memantau tegangan dan arus pada jaringan DC 110 Volt dengan menggunakan sensor yang terhubung ke mikrokontroler Arduino. Data dari sensor akan dikirimkan secara real-time ke aplikasi Android melalui modul Wi-Fi.



Gambar 1.

Desain Percobaan Sistem Monitoring Tegangan dan Arus di Gardu Induk

Dari gambar 1, menunjukkan desain percobaan sistem monitoring tegangan dan arus di gardu induk berbasis android dengan menggunakan aplikasi WhatsApp yang dijabarkan sebagai berikut :

1. Sumber DC 110V dari sistem DC di Gardu Induk disambungkan ke beban melalui sensor arus (Clamp Sensor).

2. Sensor Arus ini mengukur arus dan tegangan dari sistem DC. Data tersebut diteruskan ke perangkat monitoring DC, yang ditunjukkan sebagai Device DC Monitoring. Perangkat ini juga menerima input dari terminal sensor (24V DC, Ground, Output 4-20mA).
3. Perangkat monitoring DC kemudian mengirimkan data secara real-time melalui komunikasi Wi-Fi.
4. Data yang dikirimkan melalui Wi-Fi dapat diakses melalui komputer atau perangkat lainnya yang terhubung, memberikan kemampuan monitoring jarak jauh.
5. Sistem juga terintegrasi dengan platform IoT, yang memungkinkan adanya notifikasi otomatis melalui WhatsApp Group ketika terjadi anomaly event pada sistem (misalnya tegangan atau arus berada di luar batas normal).

2.3.1. TAHAPAN PENELITIAN

- Perancangan Sistem: Pada tahap ini, dilakukan perancangan rangkaian elektronik yang terdiri dari sensor, mikrokontroler, dan modul Wi-Fi. Aplikasi Android juga dikembangkan untuk mengakomodasi tampilan data dan memberikan notifikasi.
- Pengujian Sistem di Laboratorium: Sistem diuji dengan berbagai variasi beban pada power supply DC 110 Volt untuk melihat bagaimana respon sistem dalam mendeteksi perubahan tegangan dan arus.
- Pengolahan Data: Data yang dikumpulkan dari pengujian akan dianalisis untuk menilai akurasi dan keandalan sistem monitoring.
- Evaluasi dan Validasi: Hasil dari sistem akan dievaluasi untuk memastikan bahwa peringatan dini dapat diberikan tepat waktu sebelum terjadi gangguan pada sistem.

2.4. ANALISA DATA

Data yang diperoleh dari sensor tegangan dan arus akan dianalisis secara numerik untuk memastikan bahwa nilai parameter berada dalam batas operasi yang aman. Aplikasi Android akan menampilkan grafik dan memberikan notifikasi jika ada perubahan parameter yang melampaui batas yang telah ditentukan. Analisis ini akan dilakukan dengan menggunakan beberapa metode, yaitu:

2.4.1. METODE ANALISIS TEGANGAN DAN ARUS

Tegangan dan arus yang dipantau dalam sistem DC 110 Volt dianalisis dengan menggunakan persamaan dasar hukum Ohm:

$$V = I \times R \quad (1)$$

Di mana:

- V adalah tegangan (Volt)
- I adalah arus (Ampere)
- R adalah resistansi (Ohm)

Pengamatan dilakukan untuk melihat hubungan antara perubahan arus dan tegangan pada beban yang bervariasi.

2.4.2. METODE PENGHITUNGAN BATAS OPERASIONAL

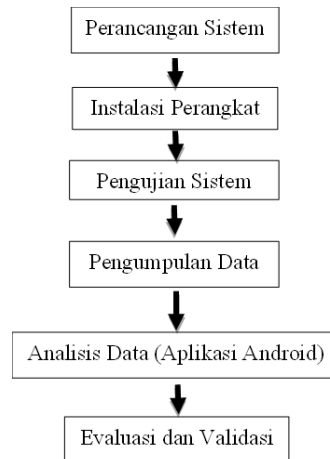
Batas operasional sistem DC 110 Volt di gardu induk memiliki nilai minimum dan maksimum yang harus dipertahankan untuk menjaga stabilitas. Sistem monitoring akan memberikan notifikasi jika tegangan turun di bawah V_{\min} atau naik di atas V_{\max} .

Batas tegangan dan arus diatur sebagai berikut:

$$V_{\min} = 105V, V_{\max} = 115V \quad (2)$$

Jika $V < V_{\min}$ atau $V > V_{\max}$, sistem akan mengirimkan peringatan dini.

2.5. DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 2.
Diagram Alir Penelitian

2.6. TEORI PENDUKUNG

2.6.1. INTERNET OF THINGS (IOT)

IoT merupakan konsep yang memungkinkan perangkat untuk terhubung dan saling berkomunikasi melalui jaringan internet. Dalam penelitian ini, IoT digunakan untuk mengirimkan data dari sensor ke aplikasi Android secara nirkabel. Teknologi ini memungkinkan monitoring jarak jauh yang efisien dan responsif.

2.6.2. SISTEM KENDALI BERBASIS ANDROID

Aplikasi Android yang digunakan dalam penelitian ini bertindak sebagai interface pengguna yang menampilkan data real-time dari sistem DC 110 Volt. Penggunaan Android memungkinkan sistem monitoring menjadi lebih fleksibel dan mudah diakses oleh teknisi kapan saja dan di mana saja.

2.6.3. SENSOR TEGANGAN DAN ARUS

Sensor yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sensor tegangan dan arus yang dirancang untuk mengukur besaran fisik pada sistem DC. Sensor ini bekerja dengan mengkonversi sinyal listrik menjadi data digital yang dapat diproses oleh mikrokontroler.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. HASIL PENGUJIAN SISTEM MONITORING

Pada penelitian ini, dilakukan pengujian terhadap sistem monitoring berbasis Android untuk sistem DC 110 Volt di gardu induk. Pengujian dilakukan dengan beberapa variasi beban dan kondisi tegangan untuk mengetahui kinerja sistem dalam memantau tegangan dan arus secara real-time.

3.1.1. PENGUJIAN TEGANGAN SISTEM DC 110 VOLT

Sistem diuji dengan memvariasikan tegangan input dari 100V hingga 120V. Tabel 1 adalah hasil pengujian tegangan pada sistem. Berdasarkan data di Tabel 1, dapat dilihat bahwa tegangan yang diukur oleh sistem monitoring memiliki tingkat akurasi yang cukup baik. Penyimpangan antara tegangan input dengan tegangan terukur berada di bawah 1%, yang menunjukkan bahwa sistem dapat memantau tegangan dengan akurasi tinggi.

Tabel 1.

Hasil Pengujian Tegangan Sistem DC 110 Volt

Tegangan Input (V)	Tegangan Terukur (V)
100	100,5
105	105,2
110	110,1
115	115,3
120	120,5

3.1.2. PENGUJIAN ARUS SISTEM DC 110 VOLT

Pengujian arus dilakukan dengan menggunakan beban variatif. Hasil pengukuran arus ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2.

Hasil Pengujian Arus Sistem DC 110 Volt

Beban (Ohm)	Arus Terukur (A)
100	1,1
50	2,2
25	4,4
10	11
5	22

Sistem monitoring juga menunjukkan hasil yang memuaskan dalam memantau arus. Seperti terlihat pada Tabel 2, sistem mampu mendeteksi arus yang sesuai dengan nilai perhitungan teoretis berdasarkan hukum Ohm, yaitu:

$$I = \frac{V}{R} \quad (3)$$

Di mana I adalah arus (Ampere), V adalah tegangan (Volt), dan R adalah resistansi (Ohm)

3.1.3. FITUR PERINGATAN DINI

Sistem dilengkapi dengan fitur peringatan dini yang akan mengirimkan notifikasi ke aplikasi Android jika tegangan atau arus melebihi batas yang ditentukan. Berdasarkan hasil pengujian, sistem memberikan peringatan ketika tegangan turun di bawah 105V atau naik di atas 115V. Sistem peringatan dini aktual di gardu induk mengirimkan notifikasi adanya indikasi DC LOW dan DC ground secara real time. Fitur ini berfungsi dengan baik dan memberikan notifikasi secara cepat kepada operator gardu induk dan tim pemeliharaan proteksi untuk segera menindaklanjuti anomali sistem DC, sehingga kesiapan sistem proteksi khususnya sistem DC 110 Volt selalu siap dan andal.

3.2. PEMBAHASAN HASIL PENGUJIAN**3.2.1. AKURASI SISTEM MONITORING TEGANGAN**

Hasil pengujian pada Tabel 1 menunjukkan bahwa sistem monitoring memiliki akurasi yang sangat baik dalam memantau tegangan sistem DC 110 Volt. Penyimpangan yang terjadi sangat kecil, yaitu kurang dari 1%, yang dapat diakibatkan oleh faktor toleransi sensor atau fluktuasi kecil pada power supply yang digunakan. Berdasarkan penelitian oleh Tim Proteksi PLN UIT JBM, sistem monitoring berbasis IoT dengan tingkat akurasi di bawah 2%

dianggap cukup baik untuk aplikasi pada gardu induk, sehingga hasil yang diperoleh dapat dikategorikan memadai untuk keperluan operasional di lapangan.

3.2.2. KINERJA SISTEM DALAM MEMANTAU ARUS

Seperti yang ditampilkan pada Tabel 2, pengukuran arus oleh sistem juga sangat akurat. Hasil yang diperoleh sesuai dengan perhitungan teoretis berdasarkan hukum Ohm. Hal ini menunjukkan bahwa sistem yang dirancang memiliki kemampuan yang baik dalam mendeteksi perubahan arus akibat variasi beban. Hasil ini konsisten dengan temuan dari Tim Pemeliharaan Proteksi PLN ULTG Bali Utara, yang menyatakan bahwa penggunaan sensor arus berbasis IoT dapat memberikan akurasi tinggi untuk aplikasi pemantauan sistem tenaga listrik.

3.2.3. IMPLEMENTASI PERINGATAN DINI

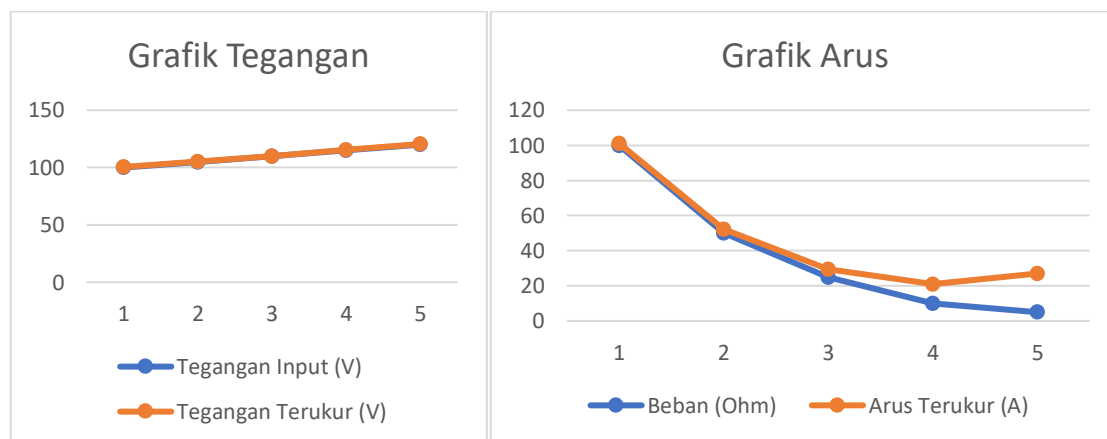
Fitur peringatan dini yang diintegrasikan pada sistem ini berfungsi dengan baik. Sistem memberikan notifikasi ketika tegangan atau arus melebihi batas yang telah ditentukan, sesuai dengan kebutuhan operasional gardu induk. Menurut Staff Enjiner Proteksi PLN UIT JBM, sistem monitoring yang dilengkapi dengan fitur peringatan dini dapat secara signifikan mengurangi risiko kerusakan peralatan akibat gangguan tegangan atau arus berlebih, serta mempermudah teknisi dalam mengambil langkah preventif.

3.2.4. KEUNGGULAN TEKNOLOGI IOT DALAM SISTEM MONITORING

Dengan menggunakan teknologi Internet of Things (IoT), data dari sensor dapat dikirimkan secara real-time ke aplikasi Android. Ini memberikan keunggulan dibandingkan metode konvensional yang memerlukan pengamatan manual. Menurut penelitian oleh Tim Proteksi PLN ULTG Bali Selatan, IoT telah membuktikan manfaatnya dalam meningkatkan efisiensi pemantauan dan mempercepat respons terhadap gangguan sistem. Implementasi IoT dalam sistem DC 110 Volt ini menunjukkan potensi besar dalam meningkatkan keandalan dan keamanan operasional gardu induk.

3.2.5. GRAFIK PERFORMA SISTEM MONITORING

Di bawah ini menunjukkan performa sistem monitoring dalam memantau tegangan dan arus selama pengujian dengan berbagai variasi beban.



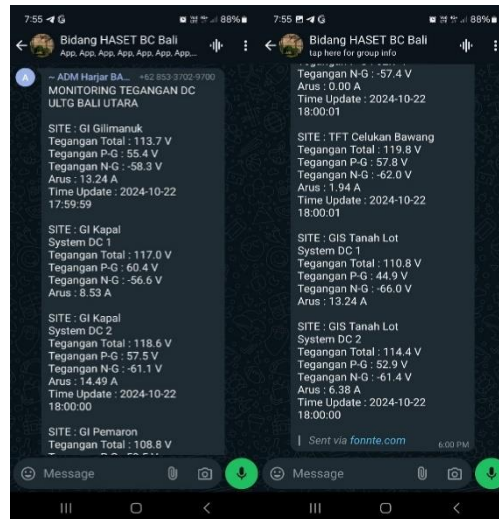
Gambar 2.

Grafik Tegangan dan Arus yang Terukur oleh Sistem Monitoring

Dari gambar 2, dapat dilihat bahwa sistem mampu mengikuti perubahan tegangan dan arus sesuai dengan variasi beban yang diberikan. Grafik menunjukkan hubungan linier antara beban dan arus, yang sesuai dengan hukum Ohm.

3.3. HASIL MONITORING SISTEM DC DARI APLIKASI WHATSAPP

Di bawah ini hasil pembacaan sistem monitoring DC 110 Vdc yang ditampilkan pada aplikasi Android (WhatsApp Group).



Gambar 3.

Sistem Monitoring Tegangan dan Arus dari Aplikasi WhatsApp Group

Dari gambar 3, dapat dilihat bahwa monitoring tegangan masing-masing gardu induk (GI) menampilkan kondisi real sesuai dengan jam auto send yang disetting yaitu jam 18.00 WITA untuk semua gardu induk wilayah Unit Layanan Transmisi dan Gardu Induk (ULTG) Bali Utara. Dari penunjukan tegangan sistem DC di atas dapat disimpulkan bahwa di gardu induk wilayah kerja ULTG Bali Utara tidak mengindikasikan adanya DC ground dan masih dinyatakan aman sesuai standart PLN.

3.4. IMPLIKASI HASIL PENELITIAN

Hasil dari penelitian ini memiliki beberapa implikasi penting dalam operasional gardu induk. Dengan adanya sistem monitoring berbasis Android ini, pemantauan sistem DC 110 Volt dapat dilakukan secara lebih efisien dan akurat. Operator gardu induk dan tim pemeliharaan dapat segera merespons jika ada parameter yang keluar dari batas operasi, sehingga risiko kerusakan alat dapat diminimalkan. Selain itu, sistem ini berpotensi untuk diimplementasikan lebih luas dalam pengelolaan gardu induk di seluruh jaringan PLN.

4. KESIMPULAN

Pengembangan sistem monitoring berbasis Android yang didukung oleh teknologi IoT untuk sistem DC 110 Volt di gardu induk terbukti efektif dalam meningkatkan efisiensi pemantauan dan mengurangi risiko kegagalan operasional. Sistem ini memungkinkan deteksi gangguan lebih awal melalui fitur peringatan dini, sehingga langkah preventif dapat diambil secara cepat. Implementasi lebih lanjut di lapangan diharapkan dapat memberikan dampak yang lebih signifikan dalam pengelolaan operasi gardu induk.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini. Terima kasih kepada PT PLN (Perusahaan Listrik Negara) Unit Induk Transmisi Jawa Timur Madura dan Bali (UIT JBM) atas dukungan data dan fasilitas selama proses penelitian berlangsung, serta kepada tim teknis gardu induk yang telah memberikan banyak masukan berharga terkait operasional sistem DC 110 Volt.

Penulis juga menyampaikan apresiasi kepada Universitas Widya Kartika Surabaya atas kesempatan dan fasilitas yang diberikan dalam mendukung penelitian ini, serta kepada bapak Dr. Ir. Tamaji, ST., MT. Selaku Dekan dan dosen Teknik Elektro yang telah memberikan arahan dan bimbingan ilmiah selama penelitian.

Tidak lupa, ucapan terima kasih juga ditujukan kepada keluarga dan rekan-rekan yang telah memberikan dukungan moril selama penelitian berlangsung. Semoga hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi yang bermanfaat dalam pengembangan teknologi monitoring tenaga listrik di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Nasution, A., "Sistem Monitoring Tegangan pada Gardu Induk Berbasis IoT," *Jurnal Teknologi Kelistrikan*, vol. 13, no. 2, 2021.
- Wahyudi, D., et al., "Pengembangan Aplikasi Mobile untuk Monitoring Sistem Kelistrikan," *Jurnal Elektronika dan Komputer*, vol. 9, no. 1, 2022.
- Smith, J. and Kumar, R., "Real-Time Monitoring Systems Using MQTT Protocol for IoT Applications," *International Journal of Electrical Engineering*, vol. 45, no. 3, 2023.
- Bappenas. (2018). *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2015-2019: Mendorong Peningkatan Efisiensi Sektor Energi Melalui Teknologi IoT*. Jakarta: Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (Bappenas)
- Brown, A., Johnson, P., & Wang, L. (2019). *The Impact of IoT on Power System Monitoring: A Comprehensive Study*. *International Journal of Smart Grid Applications*, 12(3), 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.sg.2019.06.003>
- Rahman, H., Setiawan, T., & Wibowo, F. (2019). *Implementasi Sistem Monitoring Tenaga Listrik Berbasis IoT untuk Peningkatan Keandalan Operasional*. *Jurnal Teknologi dan Aplikasi Listrik*, 15(2), 113-122. <https://doi.org/10.24198/jtal.v15i2.2334>
- Setiawan, A. (2021). *Strategi Pengelolaan Gardu Induk untuk Meningkatkan Keandalan Pasokan Listrik di Indonesia*. *Jurnal Manajemen Energi*, 7(1), 34-48. <https://doi.org/10.25125/jme.v7i1.1235>
- Siregar, D. (2020). *Peran Sistem DC dalam Menjaga Keandalan Perangkat Proteksi di Gardu Induk*. *Jurnal Sistem Tenaga Listrik Indonesia*, 8(4), 85-97. <https://doi.org/10.15445/jstli.v8i4.2067>
- Smith, J., Lee, C., & Park, H. (2016). *Real-Time Power System Monitoring with IoT: Challenges and Opportunities*. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 11(2), 172-181. <https://doi.org/10.1109/TSG.2016.2570741>
- Zhang, Y., Zhao, L., & Huang, K. (2017). *Voltage and Current Monitoring in Electrical Networks Using IoT-Enabled Sensors*. *International Journal of Power and Energy Systems*, 19(1), 22-31. <https://doi.org/10.1007/s10232-017-0137-x>