

IoT-based Early Warning System for Current Limiting Disturbance in Distribution Transformers

[Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Gangguan Pembatas Arus Listrik Pada Trafo Distribusi Berbasis IoT]

Auzan Surya Prasetyo¹⁾, Syamsudduha Syahrerini^{*2)}

¹⁾Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: syahrerini@umsida.ac.id

Abstract. *This research paper addresses the issue of interference experienced by electrical distribution transformers, which can lead to a decrease in their lifespan and negatively impact both consumers and electricity providers. The objective of this study is to develop an early warning system utilizing Internet of Things (IoT) technology to monitor current and voltage values in distribution transformers. The research follows a research and development methodology, encompassing observations, literature reviews, device and system design, and testing. The findings reveal that the PZEM-004T sensor readings display a 9.97% error for current and a 0.28% error for voltage compared to a standard multimeter. A 20x4 I2C LCD serves as a direct display for users. Furthermore, notifications are sent to PLN officers' smartphones via the Blynk application when the voltage falls below 180V, providing real-time current and voltage values for convenient monitoring of distribution transformers.*

Keywords - *Blynk; Distribution Transformer; Monitoring; NodeMCU ESP8266; PZEM-004T*

Abstrak. *Sistem Peringatan Dini Gangguan Pembatas Arus Listrik Pada Trafo Distribusi Berbasis IoT dapat berfungsi optimal. Sistem dapat mengirimkan notifikasi ke smartphone petugas PLN agar saat terjadi gangguan atau anomali pada trafo distribusi, petugas dapat dengan cepat ditugaskan tanpa perlu menunggu adanya laporan dari masyarakat. Pemantauan nilai tegangan serta arus dari sensor PZEM-004T yang ditampilkan pada aplikasi Blynk menunjukkan hasil positif dengan tampilan angka yang jelas dan akurat serta delay pengiriman data yang tergolong cepat yaitu 1.54 detik. Meskipun sistem peringatan dini ini telah beroperasi optimal sesuai dengan tujuan penelitian, masih terdapat selisih pada rata-rata yang nilainya relative kecil yaitu 9.97% untuk arus dan 0.28% untuk tegangan sehingga perlu adanya penggunaan sensor yang lebih akurat sehingga pembacaan dapat sesuai dengan kondisi di lapangan.*

Kata Kunci - *Blynk; Trafo Distribusi; Monitoring; NodeMCU ESP8266; PZEM-004T*

I. PENDAHULUAN

Proses penyaluran energi listrik ke konsumen, atau biasa disebut dengan sistem distribusi listrik, sangat bergantung pada kapabilitas dan kapasitas sistem serta pertumbuhan penduduk dan pemakaian beban oleh konsumen [1]. Sistem distribusi ini menggunakan transformator yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik dari gardu listrik ke konsumen dengan mengonversi nilai tegangan menengah (20 kV) ke tegangan rendah antar fasa (380V - 400V) dan fasa netral (220V) [2].

Dalam penerapannya, transformator atau trafo seringkali mengalami beragam gangguan yang dapat mengurangi umur dan kerusakan akibat panas berlebih. Salah satu gangguan yang paling sering dialami adalah overload, yang terjadi akibat beban, atau konsumsi daya oleh konsumen, melebihi batas wajar penggunaan trafo dimana menurut standar PLN, pembebanan trafo harus tidak lebih dari 80% kapasitas maksimalnya [3] [4].

Ketidakeimbangan beban yang terjadi akibat overload ini dapat menyebabkan menurunnya kualitas listrik yang diterima oleh konsumen karena munculnya rugi-rugi daya (*losses*) akibat dari pemeliharaan transformator yang minim sehingga permasalahan *overload* tidak segera ditangani [5].

Selain itu, permasalahan lain yang terjadi pada transformator distribusi adalah putusnya pembatas arus listrik yang mengakibatkan terputusnya seluruh ataupun sebagian aliran listrik ke konsumen. Jika tidak segera ditangani, karena lambatnya informasi yang diterima oleh petugas PLN, dapat mengakibatkan kerugian bagi PLN maupun konsumen [6]. Oleh karena itu, peneliti bermaksud membuat sebuah sistem peringatan dini agar pada saat terjadi gangguan berupa putusnya pembatas arus listrik pada transformator, sistem dapat secara otomatis memberi informasi pada petugas PLN melalui teknologi Internet of Things sehingga tidak perlu menunggu adanya laporan dari konsumen agar gangguan dapat segera ditangani.

Beberapa penelitian terdahulu mengenai topik ini telah banyak dilakukan, diantaranya penelitian dari Budi Eko Prasetyo (2020) dimana peneliti membangun sebuah sistem manajemen trafo distribusi untuk memantau kondisi trafo

untuk menurunkan risiko kerusakan dan penghematan biaya perawatan serta memberikan peringatan dini pada anomali yang terjadi seperti *overload*, *overvoltage*, dan *black-out event* [7].

Lalu penelitian dari Axel Reinald Madjid (2019) dimana peneliti membuat sebuah perangkat monitoring suhu dan arus pada transformator distribusi menggunakan sensor SCT 013-000 untuk mengukur arus dan sensor DS18B20 untuk mengukur suhu, sehingga efisiensi serta umur hidup dari transformator dapat dijaga dengan pengiriman data pembacaan *real-time* melalui protokol *Internet of Things* [8].

Terakhir, penelitian dari Bima Bryan Adam (2019) yang membuat sistem *monitoring* dengan parameter berupa arus, tegangan, dan suhu pada transformator distribusi yang datanya dikirim secara *real-time* ke pengguna melalui mikrokontroler Arduino Nano yang dilengkapi modul Wi-Fi ESP8266 sebagai protokol pengiriman data ke situs web Cayenne dan sensor PZEM-004T sebagai pengukur nilai arus dan tegangan pada transformator distribusi [9].

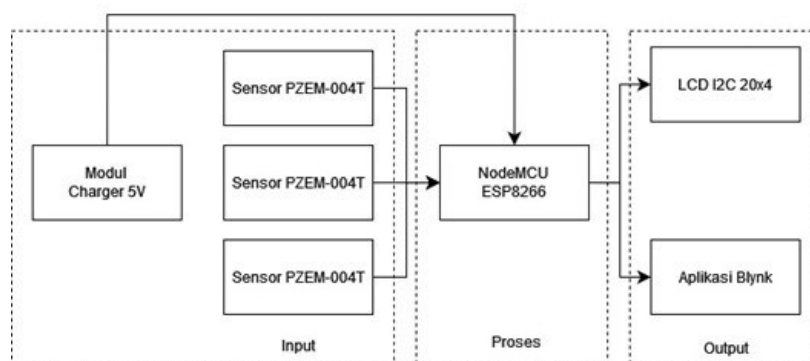
Penelitian saat ini mencoba memberi pembaruan berupa inovasi untuk mendeteksi gangguan pembatas arus listrik pada trafo distribusi dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* yang diperoleh dengan penerapan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 agar dapat mengirimkan pesan lebih cepat sehingga gangguan dapat segera ditangani [10].

Peneliti menggunakan modul sensor PZEM-004T sebagai pembaca nilai arus dan tegangan, lalu perangkat LCD I2C 20x4 dimanfaatkan sebagai penampil untuk melihat hasil pengukuran ketika di lokasi [11] [12]. Data pembacaan sensor dikirim ke server Blynk untuk dapat dipantau secara *real-time* oleh pengguna melalui *smartphone* [13] [14].

II. METODE

Penelitian memanfaatkan metode riset dan pengembangan dengan melakukan pengujian keefektifan alat melalui berbagai macam eksperimen, perbaikan, dan finalisasi alat demi mengatasi masalah yang dihadapi dan mencapai tujuan akhir dimana produk berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian [15]. Tahapan-tahapan dalam metode riset dan pengembangan adalah identifikasi masalah (1); studi kepustakaan (2); perancangan (3); pengujian (4); perbaikan (5); dan implementasi (6).

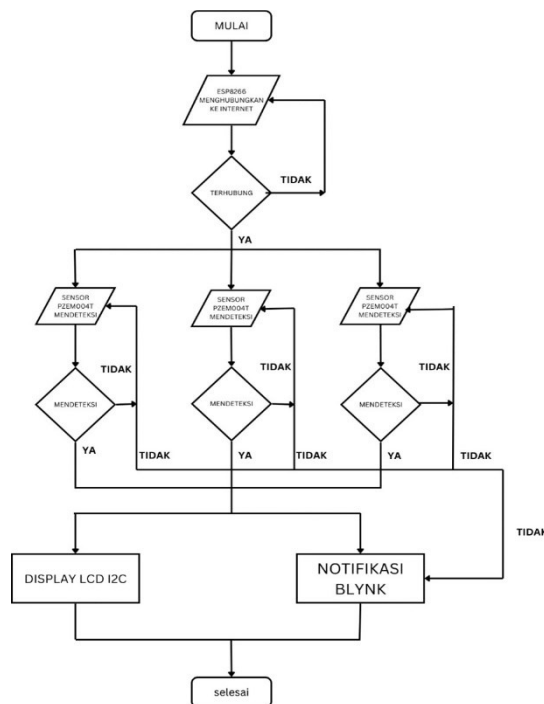
A. Blok diagram



Gambar 1. Blok Diagram

Penelitian memanfaatkan modul *charger 5v* sebagai input tegangan. Kemudian terdapat input sensor berupa tiga buah sensor PZEM-004T sebagai pendeteksi nilai arus dan tegangan pada transformator. Data nilai pembacaan dari ketiga sensor tersebut lalu diproses oleh NodeMCU ESP8266. Komponen output yang digunakan dalam penelitian adalah LCD I2C 20x4 sebagai penampil utama pada *hardware* alat lalu aplikasi Blynk sebagai perangkat pemantau jarak jauh secara *real-time* pada alat.

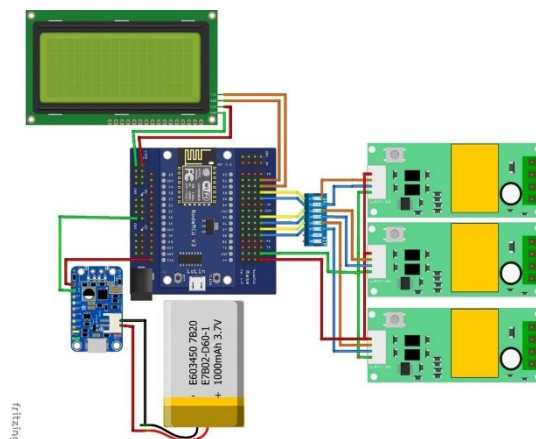
B. Flowchart



Gambar 2. Flowchart

Flowchart alat dimulai dengan memastikan koneksi NodeMCU ESP8266 ke internet melalui Wi-Fi berjalan baik, setelah itu dilanjutkan dengan pembacaan nilai data arus dan tegangan dari tiga modul sensor PZEM-004T. Apabila pembacaan sensor lancar, maka LCD I2C 20x4 akan menampilkan data nilai arus dan tegangan ke pengguna, dan juga aplikasi Blynk secara *real-time* dan jika salah satu atau ketiga modul PZEM-004T membaca tegangan dibawah 170V maka NodeMCU ESP8266 akan mengirimkan notifikasi ke aplikasi Blynk.

C. Wiring diagram



Gambar 3. Wiring Diagram

Wiring diagram berpusat pada mikrokontroler NodeMCU ESP8266 sebagai otak alat. Output dari modul charger akan menyuplai tegangan ke mikrokontroler NodeMCU ESP8266 melalui pin Vin dan GND, lalu mikrokontroler NodeMCU ESP8266 akan menyuplai tegangan 3,3v juga ke tiga buah modul PZEM-004T melalui pin 3,3V dan GND.

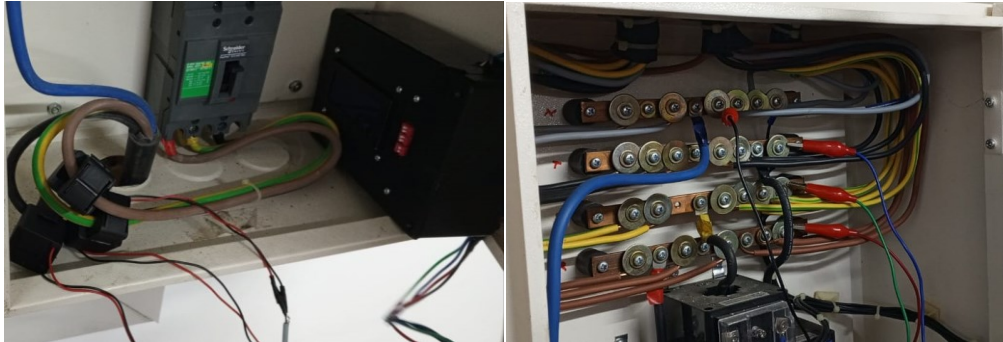
Lalu, pin D1 dan D2 dari NodeMCU ESP8266 akan terhubung ke pin SCL dan SDA dari LCD I2C 20x4, selanjutnya pin D3 dan D4 terhubung ke pin RX dan TX modul PZEM-004T pertama melalui pin dipswitch 1 dan 2,

selanjutnya pin d5 dan d6 terhubung ke pin RX dan TX modul PZEM-004T kedua melalui pin dipswitch 3 dan 4, dan yang terakhir pin d7 dan d8 terhubung ke pin RX dan TX modul PZEM-004T ketiga melalui pin dipswitch no 5 dan 6.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian pembacaan tegangan dari sensor PZEM-004T

Pengujian sensor PZEM-004T dilakukan untuk mengetahui akurasi pembacaan dari sensor dalam mendeteksi nilai arus dan tegangan pada trafo distribusi. Alat standar pengukuran arus dan tegangan yang digunakan sebagai komparator adalah multimeter Hioki AC Clamp Meter CM3281. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali pada masing-masing sensor PZEM-004T yang berjumlah tiga buah.



Gambar 4. Proses Pengujian Sensor PZEM-004T

Pengujian sensor dilakukan dengan memasang komponen CT (gambar sisi kiri) untuk mengukur arus dan komponen capit buaya (gambar sisi kanan) untuk mengukur tegangan pada panel distribusi. Tingkatan nilai error yang baik yaitu dibawah 10%, untuk mendapatkan nilai % error dihitung dengan menggunakan persamaan :

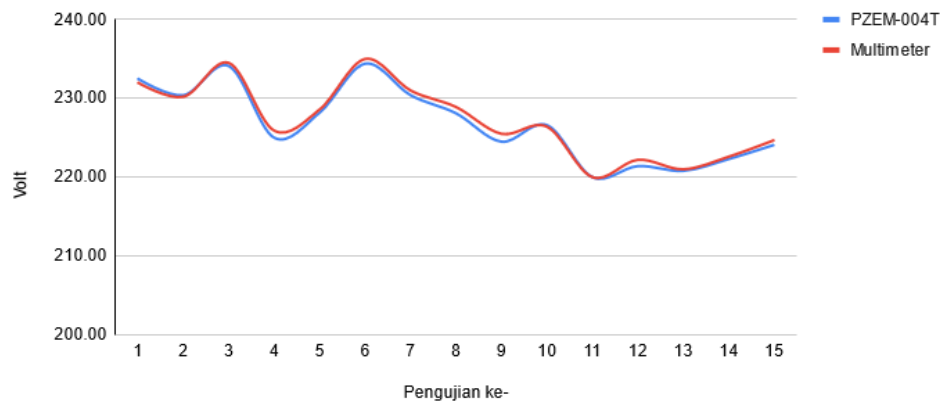
$$\%error = \frac{\text{nilai pembacaan sensor} - \text{nilai pembacaan alat ukur}}{\text{nilai pembacaan alat ukur}} \times 100\%$$

Tabel 1. Pengujian Pengukuran Nilai Tegangan dari Sensor PZEM-004T

Pengujian ke-	Sensor PZEM-004T (V)	Nilai Multimeter (V)	Selisih (V)	Error Pengukuran (%)
PZEM-004T Pertama				
1	232.5	232.0	0.5	0.21
2	230.4	230.2	0.2	0.08
3	234.1	234.5	0.4	0.17
4	225.0	225.9	0.9	0.4
5	228.2	228.6	0.4	0.17
PZEM-004T Kedua				
1	234.4	235.0	0.6	0.25
2	230.4	231.0	0.7	0.30
3	228.1	228.9	0.8	0.35
4	224.5	225.5	1.0	0.44
5	226.6	226.4	0.2	0.08
PZEM-004T Ketiga				
1	220.0	220.0	0	0
2	221.4	222.2	0.8	0.36
3	220.8	221.0	0.2	0.09
4	222.3	222.6	0.3	0.13
5	224.1	224.7	0.6	0.26

Tabel 1 menunjukkan perbandingan nilai pembacaan tegangan dari sensor PZEM-004T dan multimeter standar. Hasilnya, PZEM-004T menunjukkan rata-rata error 0.20%, 0.28%, dan 0.16% pada masing-masing PZEM-004T yang terpasang pada beban di trafo distribusi. Implikasi dari hasil pengujian ini adalah, sensor PZEM-004T terbilang *reliable* untuk mengukur nilai tegangan pada suatu beban.

Perbandingan Pembacaan Nilai Tegangan dari Sensor PZEM-004T dan Multimeter Standar



Gambar 5. Grafik Perbandingan Pembacaan Tegangan Sensor PZEM-004T dengan Multimeter

Grafik di atas mengilustrasikan perbandingan pembacaan antara sensor PZEM-004T dengan multimeter standar menunjukkan hasil pembacaan yang hampir identik.

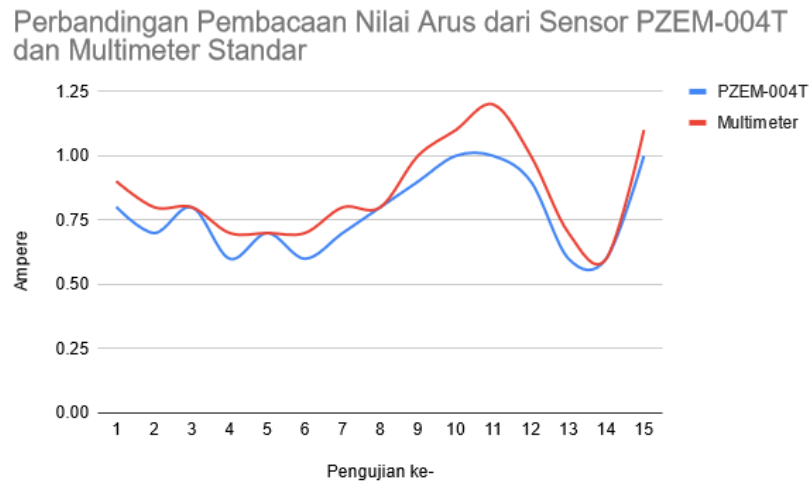
B. Pengujian pembacaan arus dari sensor PZEM-004T

Pengujian sensor PZEM-004T dilakukan untuk mengetahui akurasi pembacaan dari sensor dalam mendeteksi nilai arus pada trafo distribusi. Alat standar pengukuran arus yang digunakan sebagai komparator adalah multimeter Hioki AC Clamp Meter CM3281. Pengujian dilakukan sebanyak lima kali pada masing-masing sensor PZEM-004T yang berjumlah tiga buah.

Tabel 2. Pengujian Pengukuran Nilai Arus dari Sensor PZEM-004T

Pengujian ke-	Sensor PZEM-004T (A)	Nilai Multimeter (A)	Selisih (A)	Error Pengukuran (%)
PZEM-004T Pertama				
1	0.8	0.9	0.1	11.1
2	0.7	0.8	0.1	12.5
3	0.8	0.8	0	0
4	0.6	0.7	0.1	14.2
5	0.7	0.7	0	0
PZEM-004T Kedua				
1	0.6	0.7	0.1	14.2
2	0.7	0.8	0.1	12.5
3	0.8	0.8	0	0
4	0.9	1.0	0.1	11.1
5	1.0	1.1	0.1	9.09
PZEM-004T Ketiga				
1	1.0	1.2	0.2	16.6
2	0.9	1.0	0.1	10
3	0.6	0.7	0.1	14.2
4	0.6	0.6	0	0
5	1.0	1.1	0.1	9.09

Tabel 2 menunjukkan perbandingan nilai pembacaan arus dari sensor PZEM-004T dan multimeter standar. Hasilnya, PZEM-004T menunjukkan rata-rata error 7.56%, 9.37%, dan 9.97% pada masing-masing PZEM-004T yang terpasang pada beban di trafo distribusi. Implikasi dari hasil pengujian ini adalah, sensor PZEM-004T terbilang *reliable* untuk mengukur nilai arus pada suatu beban.



Gambar 6. Grafik Perbandingan Pembacaan Arus Sensor PZEM-004T dengan Multimeter

Grafik di atas mengilustrasikan perbandingan pembacaan antara sensor PZEM-004T dengan multimeter standar menunjukkan hasil pembacaan yang cukup mendekati.

C. Pengujian LCD I2C 20x4

Pengujian LCD I2C 20x4 dilakukan untuk memastikan bahwa data pembacaan sensor PZEM-004T dapat tampil dengan baik dan dibaca dengan jelas oleh pengguna.



Gambar 7. Tampilan LCD I2C 20x4

Hasil pengujian menunjukkan bahwa LCD I2C 20x4 dapat menampilkan tiga baris data teks dan angka yaitu, V yang berupa nilai pembacaan tegangan, A yang berupa nilai pembacaan arus, dan P yang berupa nilai pembacaan daya. Semua angka pembacaan ditampilkan dalam bentuk desimal.

D. Pengujian pengiriman data ke aplikasi Blynk

Pengujian pengiriman data hasil pembacaan alat ke aplikasi Blynk ditujukan untuk mengetahui *delay* antara waktu pembacaan dengan pengiriman.

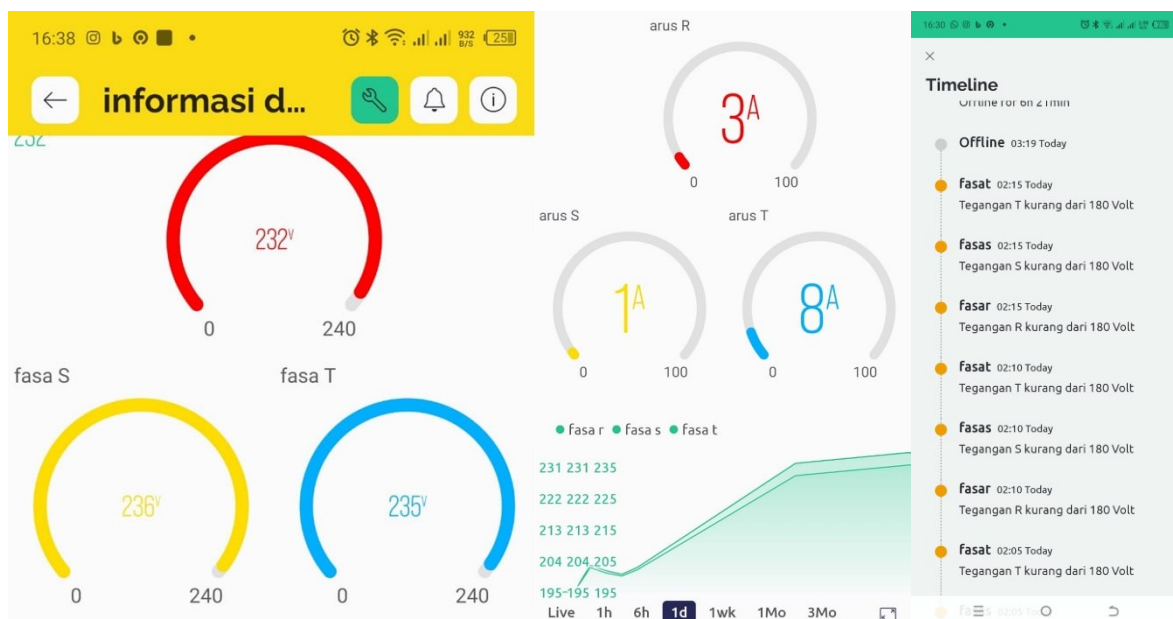
Tabel 3. Pengujian Pengiriman Data ke Aplikasi Blynk pada *Smartphone* Pengguna

Pengujian ke-	Kondisi Data	Waktu Tunggu (s)	Kecepatan Respon
1	Sent	1.4	CEPAT
2	Sent	1.3	CEPAT
3	Sent	1.6	SEDANG
4	Sent	1.7	SEDANG
5	Sent	1.9	SEDANG
6	Sent	1.2	CEPAT
7	Sent	1.3	CEPAT
8	Sent	1.5	CEPAT
9	Sent	1.7	SEDANG
10	Sent	1.8	SEDANG
Rata-rata delay		1.54	

Tabel 3 menunjukkan rata-rata delay antara pembacaan alat yang tampil pada LCD I2C 20x4 dengan penerimaan data dari aplikasi Blynk yaitu 1.54 detik yang tergolong cepat sehingga memudahkan pengguna untuk mendapatkan data *real-time* dengan cukup akurat.

E. Pengujian aplikasi Blynk

Pengujian dilakukan pada aplikasi Blynk yang telah dipasang di *smartphone* pengguna. Dalam aplikasi yang dibuat, terdapat tiga *widget* inti yaitu label judul aplikasi yang berisi teks “Informasi Dini Gangguan Pembatas Arus”, kemudian *gauge* pertama yang berjumlah tiga buah untuk menampilkan data pembacaan tegangan dari sensor PZEM-004T pada fasa RST, lalu *gauge* kedua yang berjumlah tiga buah untuk menampilkan data pembacaan arus dari sensor PZEM-004T pada fasa RST, dan terakhir adalah *superchart* yang berfungsi sebagai penampil histori pembacaan sensor dalam bentuk *line chart*.

**Gambar 8.** Tampilan Aplikasi Blynk

Gambar pada sisi kiri menampilkan saat *gauge* berhasil membaca nilai tegangan dari sensor PZEM-004T. *Gauge* tegangan dibatasi hanya sampai 240V. Gambar tengah adalah tampilan saat *gauge* menerima data nilai arus dari sensor PZEM-004T. *Gauge* arus dibatasi sampai 100A. Gambar sisi kanan menampilkan notifikasi yang akan dikirimkan ke petugas PLN saat terdapat anomali atau gangguan pada pembatas arus listrik trafo distribusi.

IV. SIMPULAN

Sistem Peringatan Dini Gangguan Pembatas Arus Listrik Pada Trafo Distribusi Berbasis IoT dapat berfungsi optimal. Sistem dapat mengirimkan notifikasi ke smartphone petugas PLN agar saat terjadi gangguan atau anomali pada trafo distribusi, petugas dapat dengan cepat ditugaskan tanpa perlu menunggu adanya laporan dari masyarakat. Pemantauan nilai tegangan serta arus dari sensor PZEM-004T yang ditampilkan pada aplikasi Blynk menunjukkan hasil positif dengan tampilan angka yang jelas dan akurat serta *delay* pengiriman data yang tergolong cepat yaitu 1.54 detik. Meskipun sistem peringatan dini ini telah beroperasi optimal sesuai dengan tujuan penelitian, masih terdapat selisih pada rata-rata yang nilainya relative kecil yaitu 9.97% untuk arus dan 0.28% untuk tegangan sehingga perlu adanya penggunaan sensor yang lebih akurat sehingga pembacaan dapat sesuai dengan kondisi di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas bantuan dalam proses penelitian dan pembuatan laporan sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] M. A. Nugraha and I. G. M. N. Desnanjaya, "Penempatan Dan Pemilihan Kapasitas Transformator Distribusi Secara Optimal Pada Penyulang Perumnas," *Jurnal RESISTOR (Rekayasa Sistem Komputer)*, vol. 4, no. 1, pp. 33–44, Apr. 2021, doi: 10.31598/jurnalresistor.v4i1.722.
- [2] S. Syukri, T. M. Asyadi, M. Muliadi, and F. Moesnadi, "Analisa Pembebanan Transformator Distribusi 20 kV Pada Penyulang LS5 Gardu LSA 249," *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 202–206, Jul. 2022, doi: 10.37905/jjee.v4i2.14500.
- [3] Y. Yusmartato, R. Nasution, and A. Armansyah, "Pemilihan Fuse Cut Out Untuk Pengaman Transformator Distribusi 400 KVA," *JET (Journal of Electrical Technology)*, vol. 4, no. 2, pp. 73–79, Jun. 2019.
- [4] W. S. A. Ws, B. Bakhtiar, and E. Elviana, "Pengendalian Overload Transformator Dengan Metode Pecah Beban di PT.PLN (Persero) ULP Daya," *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)*, vol. 8, no. 1, pp. 421–428, Feb. 2023.
- [5] S. Baqaruzi and A. Muhtar, "Analisis Jatuh Tegangan dan Rugi-rugi Akibat Pengaruh Penggunaan Distributed Generation Pada Sistem Distribusi Primer 20 KV," *E-JOINT*, vol. 1, no. 1, pp. 20–26, Jul. 2020, doi: 10.35970/e-joint.v1i1.216.
- [6] R. Pratama, Y. Saragih, I. Ibrahim, and U. Latifa, "Rancang Bangun Alat Monitoring Arus dan Tegangan Berbasis Mikrokontroler pada Studi Kasus Prototype Gardu Distribusi PLN," *RELE (Rekayasa Elektrikal dan Energi) : Jurnal Teknik Elektro*, vol. 5, no. 2, Jan. 2023, doi: 10.30596/rele.v5i2.13084.
- [7] E. Prasetyo *et al.*, "Sistem Monitoring Trafo Distribusi PT.PLN (Persero) berbasis IoT," *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 7, no. 1, pp. 205–210, Feb. 2020.
- [8] R. Madjid and B. Suprianto, "Prototype Monitoring Arus, Dan Suhu Pada Transformator Distribusi Berbasis Internet Of Things (IoT)," *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, vol. 8, no. 1, 2019, doi: 10.26740/jte.v8n1.p%op.
- [9] B. Adam, H. Hilda, and H. Priyatman, "Sistem Real-time Monitoring Transformator Distribusi Berbasis Internet of Things (IoT)," *Journal of Electrical Engineering, Energy, and Information Technology (J3EIT)*, vol. 7, no. 2, Dec. 2019, doi: 10.26418/j3eit.v7i2.38083.
- [10] O. Zebua, E. Komalasari, S. Alam, and A. Aldiansyah, "Monitoring Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi Menggunakan Internet of Things," *Dielektrika*, vol. 8, no. 2, pp. 103–110, Aug. 2021.
- [11] Z. Zulfitri, D. Ramdan, and S. M. Putri, "Rancang Bangun Prototype Monitoring Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Berbasis Internet Of Things," *Jurnal Ilmiah Teknik Informatika & Elektro (JITEK)*, vol. 1, no. 1, pp. 24–35, Jun. 2022, doi: 10.31289/jitek.v1i1.1217.
- [12] S. D. Ayuni, S. Syahrinni, and J. Jamaaluddin, "Sosialisasi Aplikasi Monitoring Keamanan Tanggul Lapindo via Smartphone di Desa Gempolsari," *Jurnal Abdimas PHB : Jurnal Pengabdian Masyarakat Progresif Humanis Brainstorming*, vol. 5, no. 1, pp. 154–161, Jan. 2022, doi: 10.30591/japhb.v5i1.2717.
- [13] S. Haji, A. Ahfas, S. Syahrini, and S. D. Ayuni, "Leakage Warning System and Monitoring Lapindo Sidoarjo Mud Embankment Based on Internet of Things," *Indonesian Journal of Artificial Intelligence and Data Mining*, vol. 7, no. 1, pp. 57–63, Nov. 2023, doi: 10.24014/ijaidm.v7i1.25269.
- [14] J. Pramana, D. H. R. Saputra, and S. Syahrini, "Design of Speed Limiter Display For Uwin Fly Electric Bike Based on Internet of Things:," *Procedia of Engineering and Life Science*, vol. 4, Jul. 2023, doi: 10.21070/pels.v4i0.1415.
- [15] S. Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Bandung: Penerbit Alfabeta, 2015.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.