Jurnal Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Parepare
VOL.1 NO.1 TAHUN 2024

Rancang Bangun Sistem Monitoring Beban Tiga Fasa pada Gardu Distribusi Berbasis Arduino dan IOT

Eklesia Anggara Tandepadang[1*], A. Abd Jabbar[2], Andi Muhammad Syafar[3]

[1] *Program Studi Teknik Elektro*
[2] *Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia*
[3] *Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia*
* *eklesiaanggaratandepadang@gmail.com*

ABSTRACT:
To obtain optimal electrical load distribution results, load balancing between phases in a 3-phase installation system must be an absolute requirement, because if there is a load imbalance it will have an impact on electrical power losses. One of the things that can cause load imbalance is the installation of electrical equipment on each phase that is not in accordance with the existing installation design. This research aims to create a system that can store and inform (Load Monitoring System) the load conditions installed on a three-phase transformer loading system, so that it can facilitate the process of adding customers and dividing the load on each phase, can avoid load imbalances and can be used as a reference in carrying out routine maintenance of distribution substations every year. This research method is a quantitative method based on testing Internet of Things-based monitoring system tools. The results show that the system is capable of monitoring load current and voltage at the distribution substation. The tool can carry out remote monitoring, the Transmitter can send data to the Receiver from a distance of 50 m to 100 m with the TX Max position in dense environmental conditions and full of obstacles such as buildings, trees and in rural areas with minimal internet connection.

Keywords: *Transformator , Load Monitoring System, Load Balancing. Three Phases.*

1. Pendahuluan

Sistem pemantauan beban gardu distribusi adalah sirkuit yang mengukur dan menampilkan informasi dari sensor untuk penyimpanan atau analisis data. Sensor ini dimaksudkan untuk mengubah besaran fisik menjadi sinyal listrik yang dapat diukur secara otomatis dan kemudian dikirimkan ke komputer atau mikroprosesor untuk diproses. Intensitas cahaya, tingkat suara, sudut rotasi, suhu, posisi, kelembaban relatif, pH, oksigen terlarut, detak jantung, pernapasan, gerak, dan sensor kecepatan angin semuanya dapat diakses saat ini. Secara singkat, Sistem Pemantauan Beban adalah alat untuk melakukan pencatatan data. Umumnya, ukurannya kecil, bertenaga baterai, portabel, dan dilengkapi dengan mikroprosesor serta memori internal untuk menyimpan data dan sensor (Markoni, 2017).

PT. PLN (Persero) merupakan perusahaan Badan Usaha Milik Negara dan berfungsi sebagai penyedia listrik nasional untuk seluruh penduduk di Indonesia. Listrik telah menjadi kebutuhan utama dalam menjalankan aktivitas yang memanfaatkan teknologi. Pembangkitan listrik melibatkan konversi energi baik termal maupun non-termal, serta fosil dan non-fosil. Listrik

yang dihasilkan oleh pembangkit dialirkan ke rumah-rumah pelanggan, termasuk masyarakat umum, sektor industri, komersial, tempat ibadah, pelanggan sosial, dan lain-lain. Salah satu tantangan yang dihadapi oleh PT. PLN (Persero) adalah kurang optimalnya pendataan beban trafo, sehingga data beban trafo tidak akurat untuk acuan pemasangan baru dan pemeliharaan trafo. Selain itu, sulit untuk menentukan apakah beban trafo seimbang atau tidak karena ketidakakuratan data. (Albab. U, 2023).

PT. PLN (Persero) ULP Makale memiliki bagian Pelayanan Teknik yang bertanggung jawab untuk mengukur beban trafo selama puncak permintaan setiap bulannya, yang digunakan sebagai acuan untuk penambahan pelanggan dan pemeliharaan. Namun, terkadang jarak yang jauh dan medan sulit membatasi waktu pengambilan data pengukuran pada beban puncak. Untuk mengatasi masalah ini, penulis berpikir untuk mengembangkan sistem pemantauan beban pada gardu distribusi. Sistem ini bertujuan untuk memudahkan petugas dalam mengukur beban trafo saat puncak permintaan tanpa harus bepergian jauh, sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu pengukuran. (Dwiyanto, 2018).

Sistem pemantauan beban ini direncanakan menggunakan mini sistem Arduino UNO sebagai pemroses data pengukuran dari sensor arus ACS-712 yang telah dipasang di gardu distribusi. Perangkat ini akan beroperasi dengan menggunakan program yang telah dibuat sesuai dengan prosedur operasional bagian Pelayanan Teknik. Ketika arus melalui sensor arus pada fasa R, S, T, dan netral terdeteksi, nilai yang dihasilkan akan dikirim ke mini sistem Arduino untuk diproses. Selanjutnya, data yang telah diolah akan dikirim ke ESP-32 untuk transfer ke server Firebase. Pada kondisi tertentu di daerah yang jaringannya tidak memungkinkan, digunakan NRF24L01 dengan jangkauan maksimal 1 km. (Alviero, 2023).

Dalam pengembangan sistem pemantauan beban tiga fasa ini, digunakan metode prototyping. Dimana tahap awal dilakukan dengan pengumpulan referensi yang sesuai dengan penelitian, dan kemudian dilanjutkan dengan perancangan system dan pengujian sistem. Pada tahap awal, dilakukan proses perancangan dan pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak untuk menguji kinerja sistem pemantauan. Pengujian data yang telah dikumpulkan dilakukan dengan membandingkan data yang diukur oleh multimeter dengan data yang terbaca pada sensor arus yang ditampilkan pada fire base. Setelah berhasil diuji, perangkat yang telah terbentuk dalam simulasi sistem pemantauan beban tiga fasa pada instalasi 3 phasa dengan kontroler Arduino Uno, dapat diterapkan pada gardu distribusi. Penelitian ini dimaksudkan untuk memudahkan penambahan pelanggan, penyebaran beban antar fase, dan meminimalkan ketidakseimbangan beban pada gardu distribusi. (Simanjuntak, 2020).

2. Metodologi Penelitian

2.1 Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dimana dilakukan eksperimen dan perancangan dengan mengacu pada referensi yang terdahulu . Dalam penelitian ini dilakukan pretest sebelum observasi dilakukan. Dengan demikian, hasil observasi atau

pengamatan dapat lebih akurat, karena dapat dibandingkan dengan kondisi sebelumnya yang tercatat dalam pretest (Mi'raji, 2020).

Penerapan metode ini dilakukan dalam situasi di mana sistem tiga fasa berada dalam keadaan seimbang sebelum adanya penambahan beban. Selanjutnya, keadaan tersebut akan dibandingkan dengan kondisi setelah proses pengalihan beban dari fasa yang berlebih ke fasa yang memiliki beban lebih ringan atau rendah.

2.2. Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Kabupaten Makale Tana Toraja dan waktu pelaksanaan penelitian ini dilakukan pada tanggal 1 Desember 2023 hingga 30 Desember 2023

2.3 Alat dan Bahan

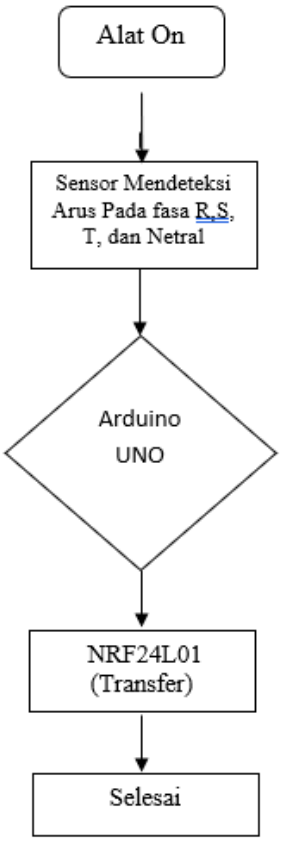
Tabel. 1 Alat dan Bahan

No	Alat dan Bahan
1	Arduino Uno
2	Senesor Arus PZEM004T
3	ESP 32
4	NRF24L01
5	Kabel Jumper
6	Laptop
7	Program Arduino
8	Fire Base
9	Gardu Distribusi

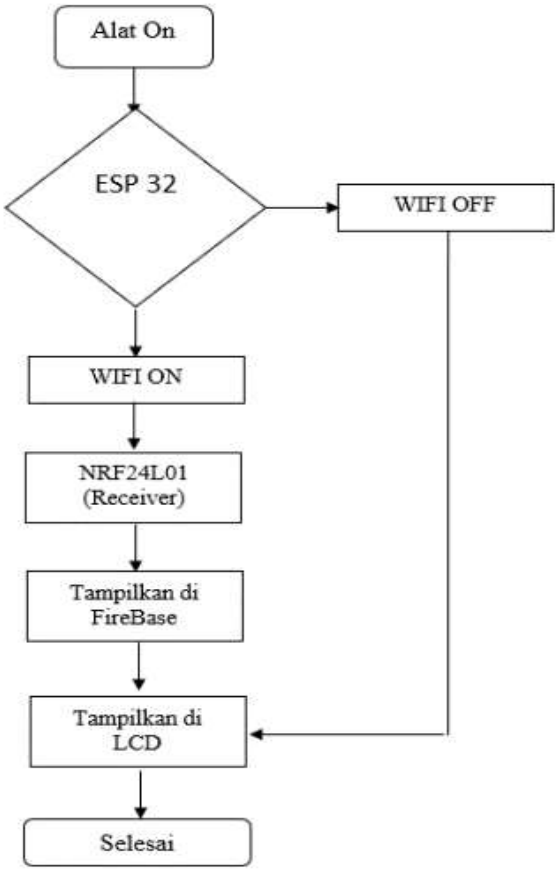
2.4 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan pertama dilakukan melalui studi literatur, tahapan ini dilakukan untuk memahami konsep dasar system komunikasi LoRa dan Internet of Things pada beberapa referensi jurnal dan artikel. Tahapan kedua dilakukan dengan pengujian pembacaan sensor arus yang terpasang pada tiga fasa yang berbeda dan netral, terutama untuk pembacaan arus dan tegangan, yang nantinya akan di bandingkan dengan alat ukur multimeter. Tahapan ketiga dilakukan untuk menguji kemampuan komunikasi NRFL2401 pada Tranceiver, sejauh mana jangkauan yang dapat dicapai oleh NREFL2401 yang terpasang pada receiver. Tahapan keempat selanjutnya dilakukan untuk menguji pengiriman data dari Esp 32 ke Fire Base monitoring dengan membandingkan hasil pengukuran multimeter dengan tampilan pada Fire base. (Albab, U 2020)

2.5 Rancangan Penelitian

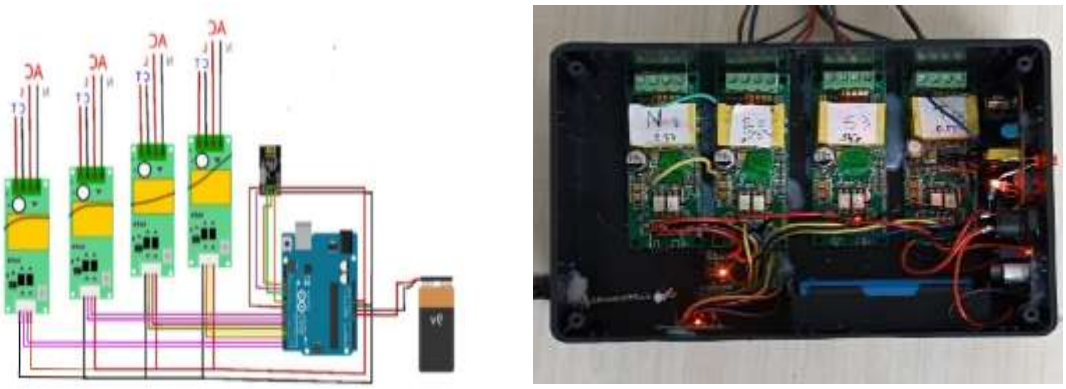


Gambar 2. Flowchart Transmitter



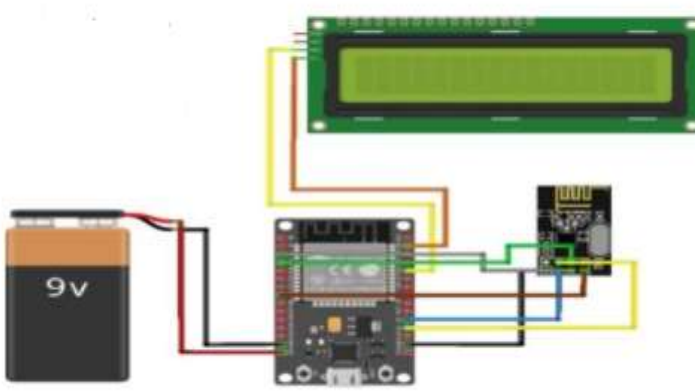
Gambar 3. Flowchart Receiver

Sumber tegangan yang digunakan adalah 231 V / 380 V yang akan melalui sensor arus yang terpasang pada masing-masing fasa yaitu R,S,T dan Netral kemudian data yang dibaca oleh sensor arus akan diterima dan diproses oleh Arduino, data yang terima kemudian diteruskan ke Modul ESP 32 untuk ditransfer kepada android dan ditampilkan pada Fire Base dalam kondisi tertentu digunakan NRF24L01 untuk jarak yang jauh dan tidak terjangkau jaringan maksimal jaraknya adalah 1 Km. (Septiano, 2020)



Gambar 4. Rangkaian Transmitter

Dalam perangkaian *Transmitter* dimulai dari *mikrokontroler* Arduino UNO sebagai *mikrokontroler*, yang mempunyai input tegangan sebesar 5 V DC, maka dari itu pada perangkat ini dilengkapi dengan modul power supply $\pm$ 5V yang dihubungkan dengan pin VCC +5V Arduino UNO dan pin GND. Selanjutnya, untuk menghubungkan sensor arus PZEM004T, masing-masing sensor terhubung dengan Pin 2,3 untuk Fasa R, Pin 4,5 untuk Fasa S, dan Pin 6,7 untuk Fasa T, serta Pin 16,17 untuk Netral, dengan format (Rx, Tx). Setelah itu, Arduino UNO berfungsi sebagai media komunikasi yang terhubung dengan modul NRF24L. Pin yang dihubungkan meliputi pin CSN dengan pin D9, Pin CE dengan D8, pin SLCK dengan D13, Mosi dengan pin D11, dan Miso dengan Pin D12 pada Arduino UNO. Selanjutnya, tegangan input dan grounding dihubungkan dengan modul power supply. (Nizam, 2022).



Gambar 5. Rangkaian *Receiver*

Salah satu fungsi utama perangkat ini adalah sebagai penerima data arus dan tegangan yang telah dibaca oleh sensor arus PZEM004T, yang terletak pada penghantar fasa R, S, T, dan Netral. Data tersebut kemudian dikirim melalui NRF24L yang terpasang pada ESP32. Setelahnya, arus dan tegangan yang diterima oleh NRF24L akan dikirim ke WEBFIRE melalui ESP32 yang telah terkoneksi dengan internet. Dalam perangkaian *Receiver* dimulai dari *mikrokontroler* ESP32 sebagai *mikrokontroler*, yang mempunyai input tegangan sebesar 5 V DC, Karena itu dalam perangkat ini telah disediakan modul power supply dengan tegangan ± 5V yang terkoneksi ke pin VCC +5V pada ESP32 dan pin GND. Pada sisi NRF24L, pin CSN terhubung ke pin 5 pada ESP32, sementara pin CE dihubungkan ke pin 4. Sebagai antarmuka untuk tampilan pemantauan, digunakan LCD yang terhubung ke pin 2 pada ESP32 (Setyawan dkk, 2021)

2.5 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang dilakukan pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan pertama dilakukan melalui studi literatur, tahapan ini dilakukan untuk memahami konsep dasar system komunikasi LoRa dan Internet of Things pada beberapa referensi jurnal dan artikel. Tahapan kedua dilakukan dengan pengujian pembacaan sensor arus yang terpasang pada tiga fasa yang berbeda dan netral, terutama untuk pembacaan arus dan tegangan, yang nantinya akan di bandingkan dengan alat ukur multimeter. Tahapan ketiga dilakukan untuk menguji kemampuan komunikasi NRFL2401 pada Tranceiver, sejauh mana jangkauan yang dapat dicapai oleh NREFL2401 yang terpasang pada receiver. Tahapan keempat selanjutnya dilakukan untuk menguji pengiriman data dari Esp 32 ke Fire Base monitoring dengan membandingkan hasil pengukuran multimeter dengan tampilan pada Fire base. (Albab, U 2020)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengujian NRF24L01

Pengujian NRF24L01 memperlihatkan bahwa NRF24L01 yang dipasang pada 5 titik lokasi yang berbeda masing-masing berjarak 30 m, 50 m, 70 m, 100 m dan 150 m dari lokasi gardu distribusi, yang nantinya data hasil pembacaan NRF24L01 pada setiap titik berbeda akan digunakan sebagai acuan untuk pengolahan data seperti gambar 6 berikut:



Gambar 6. Titik Jarak Pengambilan Data

Tabel 2. Pengujian Jangkauan NRF24L dengan Penghalang

NO	Jarak (M)	Kondisi Penghalang	Jangkauan TX Power	
			MIN	MAX
1	30	Ada	Terbaca	Terbaca
2	50	Ada	Terbaca	Terbaca
3	70	Ada	Tidak	Terbaca
4	100	Ada	Tidak	Tidak
5	150	Ada	Tidak	Tidak

Pada Tabel 2 memperlihatkan hasil pengujian menggunakan jangkauan NRF24L01 pada kondisi ada penghalang, dengan jarak 30 m dan 50 m menggunakan jangkauan TX Power MIN dan MAX NRF24L01 dapat membaca data yang tertera pada sistem monitoring. Pada jarak 70 m dengan jangkauan TX Power MIN NRF24L01 dapat membaca data akan tetapi pada TX Power MAX NRF24L01 tidak dapat membaca data. Sedangkan pada jarak 100 m dan 150 m pada TX Power MIN dan MAX NRF24L01 mempelihatkan bahwa hasilnya tidak dapat membaca data.

Tabel 3. Pengujian Jangkauan NRF24L tanpa Penghalang

NO	Jarak (M)	Kondisi Penghalang	Jangkauan TX Power	
			MIN	MAX
1	30	Tidak Ada	Terbaca	Terbaca
2	50	Tidak Ada	Terbaca	Terbaca
3	70	Tidak Ada	Terbaca	Terbaca
4	100	Tidak Ada	Terbaca	Terbaca
5	150	Tidak Ada	Tidak	Terbaca

Tabel 3 diatas memperlihatkan hasil pengujian jangkauan NRF24L01 pada kondisi tanpa penghalang, pada jarak 30 m, 50 m, 70, dan 100 m dengan jangkauan TX Power MIN NRF24L01 dapat membaca sistem moniotoring. Adapun pada jarak 150 m TX Power MIN NRF24L01 tidak dapat membaca data, sedangkan pada jangkauan TX Power MAX NRF24L01 dapat membaca data.

3.2. Pengujian Sistem pada Kondisi Ada Penghalang (TX Min)



Gambar 6. Pemasangan Sensor Arus

Pada gambar 6 diatas adalah merupakan tampilan pengujian *transmitter* yang berfungsi untuk membaca nilai arus dan tegangan pada Gardu Distribusi, data yang dibaca nantinya akan dikirim oleh NRF24L01 menuju ke *receiver* yang ditampilkan pada gambar 7 dibawah.



Gambar 7. Tampilan Nilai Arus dan Tegangan Pada LCD

Pada gambar 7 merupakan tampilan *Receiver* yang menerima data arus dan tegangan dari *transmitter,* data yang diterima akan ditampilkan pada *Liquid Central Display (LCD),* seperti yang ditampilkan pada gambar 7 diatas.

Waktu (Menit)	Posisi Tx	Arus (A)				Tegangan (V)		
		R	S	T	N	R-N	S-N	T-N
10	MIN	0	0	0	0	0	0	0
20	MIN	0	0	0	0	0	0	0
30	MIN	0	0	0	0	0	0	0
40	MIN	0	0	0	0	0	0	0
50	MIN	0	0	0	0	0	0	0
60	MIN	0	0	0	0	0	0	0

Tabel 4. Tabel penguian kondisi TX Min dan terdapat penghalang

Pada Tabel 4 di atas menunjukkan bahwa alat Pada LCD tidak dapat ditampilkan dengan nilai arus dan tegangan begitu pula pada tampilan Fire base tidak dapat menampilkan nilai arus dan tegangan .

3.3. Pengujian Sistem pada Kondisi Ada Penghalang (TX Max)



Gambar 8. Tampilan Nilai Arus dan Tegangan Pada LCD

Pada gambar 8 merupakan tampilan *Receiver* yang menerima data arus dan tegangan dari *transmitter,* data yang diterima nantinya akan ditampilkan pada *Liquid Central Display (LCD),* seperti yang ditampilkan pada gambar 8 diatas.

.



Gambar 9. Tampilan Fire Base

Tabel 5. Tabel pengujian kondisi TX Max dan terdapat penghalang

Waktu (Menit)	Posisi Tx	Arus (A)				Tegangan (V)		
		R	S	T	N	R-N	S-N	T-N
10	MAX	0,10	0,03	0,08	0,09	189	189	190
20	MAX	0,10	0,04	0,09	0,09	189	189	190
30	MAX	0,11	0,05	0,09	0,09	190	189	190
40	MAX	0,12	0,05	0,10	0,09	189	189	190
50	MAX	0,12	0,05	0,10	0,08	189	189	190
60	MAX	0,12	0,04	0,09	0,09	189	189	190

Pada Tabel 5 menunjukkan bahawa menit ke 60 monitor LCD menampilkan Nilai Arus fasa R 0,09 Ampere, Arus fasa S 0,4, Ampere, Arus fasa T 0,10 Ampere dan Arus pada Netral 0,09 Ampere serta tegangan pada R-N 189 Volt, tegangan pada S-N 189 Volt dan tegangan pada T-N 190 Volt sesuai dengan nilai arus dan tegangan pada tampilan Fire base.

3.4. Pengujian Sistem pada Kondisi Tanpa Penghalang (Beban Puncak TX Min)



Gambar 10. Tampilan Nilai Arus dan Tegangan pada LCD

Pada gambar 10 merupakan tampilan *Receiver* yang menerima data arus dan tegangan dari *transmitter,* data yang diterima nantinya akan ditampilkan pada LCD seperti pada gambar diatas



Gambar 11. Tampilan Fire Base

Tabel 6. Tabel penguian kondisi TX Min dan tidak terdapat penghalang

Waktu (Menit)	Posisi Tx	Arus (A)				Tegangan (V)		
		R	S	T	N	R-N	S-N	T-N
10	MIN	4,50	3,08	2,14	0,50	222	222	222
20	MIN	5,00	4,00	2,14	0,50	222	221	221
30	MIN	5,80	5,42	3,00	0,60	222	221	221
40	MIN	6,10	6,00	4,03	0,65	222	221	221
50	MIN	6,10	6,38	5,11	0,65	221	221	221
60	MIN	6,29	6,38	5,14	0,65	221	220	221

Pada table 6 menunjukkan LCD ditampilkan Nilai Arus fasa R 6,29 Ampere, Arus fasa S 6,38, Ampere, Arus fasa T 5,14 Ampere dan Arus pada Netral 0,65 Ampere serta tegangan pada R-N 220 Volt, tegangan pada S-N 220 Volt dan tegangan pada T-N 221 Volt sesuai dengan nilai arus dan tegangan pada tampilan Fire base .

3.5. Pengujian Sistem pada Kondis Tanpa Penghalang (Beban Puncak TX Max)



Gambar 12. Tampilan Nilai Arus dan Tegangan pada LCD

Pada gambar 12 merupakan tampilan *Receiver* yang menerima data arus dan tegangan dari *transmitter,* data yang diterima nantinya akan ditampilkan pada *Liquid Central Display (LCD),* seperti yang ditampilkan pada gambar 12 diatas.



Gambar 13. Tampilan Fire Base

Tabel 7. Pengujian kondisi TX Max dan tidak terdapat penghalang

Waktu (Menit)	Posisi Tx	Arus (A)				Tegangan (V)		
		R	S	T	N	R-N	S-N	T-N
10	MAX	6,24	6,48	5,09	0,60	220	220	221
20	MAX	6,30	6,50	5,12	0,60	220	220	221
30	MAX	6,31	6,52	5,22	0,63	220	220	221
40	MAX	6,50	6,54	5,23	0,63	220	220	221
50	MAX	6,56	6,62	5,35	0,63	220	220	221
60	MAX	6,56	6,63	5,37	0,64	220	220	221

Pada table 7 menunjukkan LCD ditampilkan Nilai Arus fasa R 6,56 Ampere, Arus fasa S 6,63, Ampere, Arus fasa T 5,37 Ampere dan Arus pada Netral 0,64 Ampere serta tegangan pada R-N 220 Volt, tegangan pada S-N 220 Volt dan tegangan pada T-N 221 Volt sesuai dengan nilai arus dan tegangan pada tampilan Fire base.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian alat sistem *monitoring* beban tiga fasa pada gardu distribusi berbasis IOT yang telah dirancang, mampu memonitoring arus beban dan tegangan pada gardu distribusi. Alat dapat memonitoring dalam jarak cukup jauh, *Transmiter* dapat menigirim data menuju *Receiver* mulai dari jarak $\pm$ 50 m dengan hingga $\pm$ 100 m dengan posisi *TX Max* pada kondisi lingkungan padat dan penuh hambatan seperti bangunan dan lain-lain atau di

pedesaan yang minim jaringan internet. Pada kondisi terhubung antara transmitter dan receiver, Nilai arus dan tegangan yang termonitor *pada Liquid Crystal Display (LCD)* telah sesuai dengan tampilan dashboard pada Fire Base namun kadang ketika wifi sedang terganggu maka akan reconnect yang membuat NRFL201 tidak dapat mengirim data secara optimal sehingga tampilan pada LCD akan hilang untuk sementara. Jadi alat yang telah dirancang mampu memonitoring arus dan tegangan pada gardu distribusi sehingga dapat mengoptimalkan pengukuran gardu serta pemasangan baru yang membutuhkan data akurat nilai beban gardu dan juga mempercepat kinerja petugas yantek untuk melakukan pencatatan beban trafo tiap triwulan

Referensi

Albab. U. (2023). Sistem Monitoring dan Kontrol Listrik Pelanggan Rumah Tangga Berbasis LoRa dengan Aplikasi Web, Parepare: Universitas Muhammadiyah Parepare

Alviero. A, Dimas Setiawan. (2023). Pengaplikasian Sensor Arus ACS712 Sebagai Sistem Proteksi Pada Alat Penghitung Kertas Otomatis Berbasis IoT, Vol. 2 No. 1, Januari 2023, E-ISSN 2809-9605

Dwiyanto, M (2018). Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi Di PT.PLN (Persero) Area Sorong. Jurnal Electro Luceat Vol. 4 No. 1 Juli 201

Markoni (2017). Analisis Kepuasan Pelanggan PT. PLN (Persero) Terhadap Proses Pemasangan Listrik Prabayar Vol. Politeknik Negeri Sriwijaya

Mi'raji.A, Suliawati, Maharani Arfah, (2020). Pengaruh Kualitas Pelayanan Pt. Pln (Persero) Terhadap Kepuasan Pelanggan Di Patumbak Medan Selatan. Jurnal ISSN : 2598–3814, ISSN : 1410–4520

Nizam. M, Haris Yuana, Zunita Wulansari (2022). Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis WE, Blitar : Universitas Islam Balitar.

Septiano, A (2020). NRF24L01 Sebagai Pemancar/Penerima Untuk Wireless Sensor Networ. Jakarta : Universitas Atma Jaya.

Setiawan, A (2018). Analisis Pembebanan Trafo Sebelum Penambahan Gardu Sisipan Terhadap Besarnya Kapasitas Daya untuk Memperbaiki Pembebanan pada Gardu Distribus. P-ISSN : 1979-9772, E-ISSN : 2714-748

Setyawan, Arief. Adharul Muttaqin (2021). Aplikasi NODEMCU ESP8266 sebagai Pemantau Suhu dan Kelembaban Ruang Data Cente. Jurnal EECCIS Vol. 15, No. 1, April 2021

Simanjuntak. J (2020). Sistem Monitoring Data Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis Mikrokontroler Atmega32. Univesitas HKBP Nommensen