



# Sistem Monitoring Beban Tiga Fasa pada Gardu Distribusi berbasis Internet of Things

Eklesia Anggara Tandepadang<sup>1\*</sup>, A. Abd. Jabbar<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia

\*Email : [eklesiaanggaratandepadang@gmail.com](mailto:eklesiaanggaratandepadang@gmail.com)

**Abstract:** To achieve optimal results in distributing electrical loads, maintaining load balance among phases in a three phase installation system is essential, as any imbalance can lead to electrical power losses. One of the factors contributing to load imbalances is the improper installation of electrical equipment across the phases, deviating from the existing installation design. This research aims to develop a system, known as the Load Monitoring System, capable of storing and providing information about the load conditions installed on a three-phase transformer loading system. This system aims to facilitate the process of adding customers, dividing the load on each phase, avoiding load imbalances, and serving as a reference for routine maintenance of distribution substations annually. The methodology employed in this research is a quantitative method based on testing Internet of Things (IoT) monitoring system tools. The results show that the system effectively monitors load current and voltage at the distribution substation. Additionally, the device enables remote monitoring with the Transmitter capable of sending data to the Receiver from distances ranging from 50 m to 100 m and with the TX Max position in dense environmental conditions and full of obstacles such as buildings and trees or in rural areas with limited internet connectivity.

**Keywords:** three phase; load balance; load monitoring system; transformator

## 1. PENDAHULUAN

Sistem pemantauan beban gardu distribusi adalah sistem dalam sebuah sirkuit yang mengukur dan menampilkan informasi dari sensor untuk tujuan penyimpanan atau analisis data. Penggunaan sensor ini bertujuan untuk mengubah besaran fisik menjadi sinyal listrik yang dapat diukur secara otomatis dan kemudian dikirimkan ke komputer atau mikroprosesor untuk diproses dalam pengolahan data lebih lanjut. Beberapa contoh sensor yang telah tersedia di pasaran dan mudah untuk diakases diantaranya adalah sensor Intensitas cahaya, tingkat suara, sudut rotasi, suhu, posisi, kelembaban relatif, pH, oksigen terlarut, detak jantung, pernapasan, gerak, dan sensor kecepatan angin. Secara singkat, Sistem Pemantauan Beban (SPB) adalah alat untuk melakukan pencatatan data atau dikenal juga dengan istilah data logging. Umumnya, ukurannya kecil, bertenaga baterai, portabel, dan dilengkapi dengan mikroprosesor serta memori internal untuk menyimpan data dan sensor (Argarida, 2023).

Listrik merupakan salah satu energi yang menjadi kebutuhan utama masyarakat dalam menjalankan aktivitas yang memanfaatkan teknologi. Pembangkitan listrik melibatkan konversi energi baik termal dan non-termal maupun 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. Sebagai perusahaan yang melayani penyediaan listrik nasional, salah satu tantangan yang dihadapi oleh PT. PLN (Persero) adalah kurang optimalnya pendataan beban trafo, sehingga data beban trafo dinilai tidak cukup akurat untuk menentukan kondisi keseimbangan beban trafo maupun sebagai acuan untuk pemeliharaan trafo maupun penambahan pelanggan. (Albab, 2023).

PT. PLN (Persero) ULP Makale memiliki bagian Pelayanan Teknik yang bertanggung jawab untuk mengukur beban trafo selama beban puncak 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 beban puncak tanpa harus bepergian jauh, sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu pengukuran. (Prayoga dkk, 2023).

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. (Pangaribuan, 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**

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**

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari Arduino Uno, Sensor Arus PZEM004T, ESP32, NRF24L01, Gardu Distribusi, Firebase

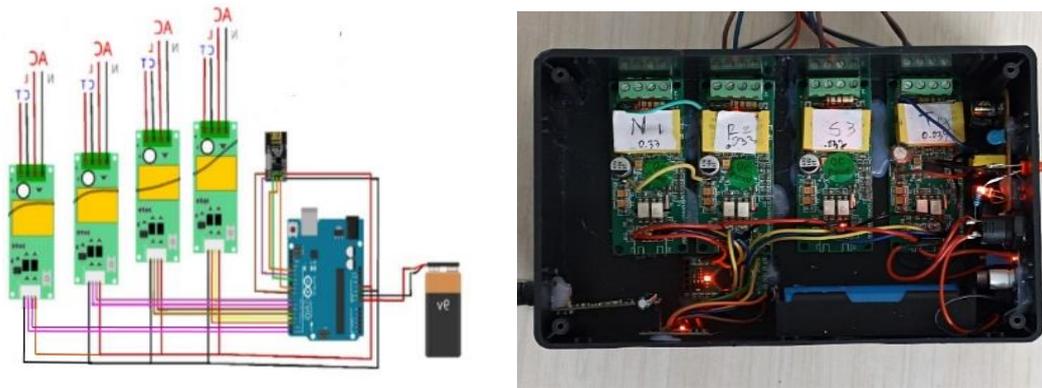
### **2.4. Teknik Pengumpulan Data**

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 NRFL2401 yang terpasang pada receiver. Tahapan keempat selanjutnya dilakukan untuk menguji pengiriman data dari ESP32 ke Fire Base monitoring dengan membandingkan hasil pengukuran multimeter dengan tampilan pada Fire base

## **3. HASIL DAN PEMBAHASAN**

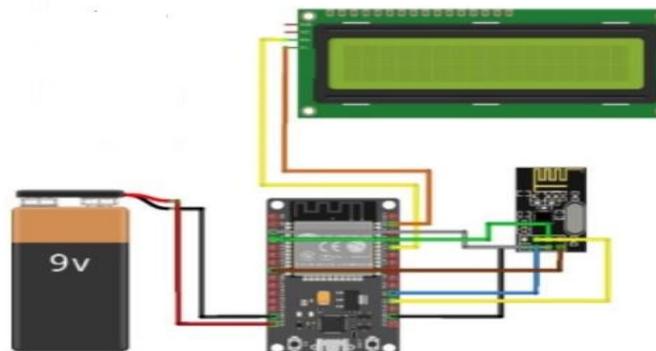
### **3.1. Rancangan Sistem**

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 1.** 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 2.** 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  $\pm 5V$  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)

### 3.2. 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 3 berikut:



Gambar 3. Titik Jarak Pengambilan Data

Tabel 1. Pengujian Jangkauan NRF24L01 dengan Penghalang

Jarak (m)	Kondisi Penghalang	Jangkauan Tx Power	
		Min	Max
30	Ada	Terbaca	Terbaca
50	Ada	Terbaca	Terbaca
70	Ada	Tidak	Terbaca
100	Ada	Tidak	Tidak
150	Ada	Tidak	Tidak

Pada Tabel 1 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 memperlihatkan bahwa hasilnya tidak dapat membaca data.

**Tabel 2.** Pengujian Jangkauan NRF24L01 tanpa Penghalang

Jarak (m)	Kondisi Penghalang	Jangkauan Tx Power	
		Min	Max
30	Tidak Ada	Terbaca	Terbaca
50	Tidak Ada	Terbaca	Terbaca
70	Tidak Ada	Terbaca	Terbaca
100	Tidak Ada	Terbaca	Terbaca
150	Tidak Ada	Tidak	Terbaca

Tabel 2 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 monitoring. Adapun pada jarak 150 m TX Power MIN NRF24L01 tidak dapat membaca data, sedangkan pada jangkauan TX Power MAX NRF24L01 dapat membaca data.

### 3.3. Pengujian Sistem dengan Penghalang (Tx Min)



**Gambar 4.** Pemasangan Sensor Arus

Pada Gambar 4 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 5.



**Gambar 5.** Tampilan Nilai Arus dan Tegangan Pada LCD

Gambar 5 merupakan tampilan Receiver yang menerima data arus dan tegangan dari transmitter, data yang diterima akan ditampilkan pada LCD.

**Tabel 3.** Pengujian Kondisi Tx Min dengan Penghalang

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

Data 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.

### 3.4. Pengujian Sistem dengan Penghalang (Tx Max)



**Gambar 6.** Tampilan Nilai Arus dan Tegangan Pada LCD

Gambar 6 merupakan tampilan Receiver yang menerima data arus dan tegangan dari transmitter, data yang diterima nantinya akan ditampilkan pada LCD

**Tabel 4.** Pengujian Kondisi Tx Max dengan 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

Tabel 4 menunjukkan bahwa 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.

### 3.5. Pengujian Sistem Tanpa Penghalang (Beban Puncak Tx Min)



**Gambar 7.** Tampilan Nilai Arus dan Tegangan pada Firebase

Gambar 7 merupakan data arus dan tegangan pada gardu distribusi PLN Makale yang diterima dari transmitter yang ditampilkan pada aplikasi firebase. Data yang

ditampilkan berupa Arus dan Tegangan Phasa R, Arus dan Tegangan Phasa S, Arus dan Tegangan Phasa T, Arus Netral dan Power Transmitter

**Tabel 4.** Pengujian Kondisi Tx Min tanpa 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

Tabel 4 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 .

### 3.6. Pengujian Sistem tanpa Penghalang (Beban Puncak Tx Max)

**Tabel 5.** Pengujian Kondisi Tx Max tanpa 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

Tabel 5 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, Transmitter dapat mengirim 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 NRF201 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, M. U., Asrul, A., Jabbar, A. A., & Amir, A. (2023). Sistem Monitoring dan Kontrol Listrik Pelanggan Rumah Tangga Berbasis LoRa. In *Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI)* (Vol. 9, No. 1, pp. 169-175).
- Alviero, A. L., & Nugroho, D. S. (2023). Pengaplikasian Sensor Arus ACS712 Sebagai Sistem Proteksi Pada Alat Penghitung Kertas Otomatis Berbasis IoT. *Metrotech (Journal of Mechanical and Electrical Technology)*, *2*(1), 7-13.
- Argarida, A. (2023). *Analisis Kepuasan Masyarakat Terhadap Pelayanan Listrik Pintar (Prabayar) di Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) PT. PLN Bontang*. Skripsi, UPN Veteran Jawa Timur.
- Atzori, L., & Andreas. (2012). Performance Analysis of Fractal Modulation Transmission over Fast Fading Wireless Channels. *IEEE Transactions on Broadcasting*, *48*(2), 103 - 110.
- Darlis, A. R., Lidyawati, L., & Nataliana, D. (2016). Implementasi Visible Light Communication (VLC) pada Sistem Komunikasi. *Elkomika*, *1*(1), 13 - 25.
- Mi'raji, M. A., Suliawati, S., & Arfah, M. (2020). Pengaruh Kualitas Pelayanan PT. PLN (Persero) Terhadap Kepuasan Pelanggan di Patumbak Medan Selatan (Studi Kasus Pelanggan Dengan Daya 23.000 VA). *Buletin Utama Teknik*, *16*(1), 1-6.
- Nizam, M. N., Yuana, H., & Wulansari, Z. (2022). Mikrokontroler Esp 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, *6*(2), 767-772.
- Pangaribuan, H. S. (2020). Sistem Monitoring Data Pembangkit Listrik Tenaga Angin Berbasis Mikrokontroler Atmega32. *Jurnal ELPOTECS*, *3*(2), 1-6.
- Prayoga, A. B., & Suprianto, B. (2023). Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Pada Transformator Distribusi Terhadap Rugi Daya (Losses) Dengan Digsilent

- Power Factory di PT. PLN (Persero) ULP Ngunut. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, 12(2), 23-32.
- Septiano, A., & Gozali, T. (2020). Nrf 24l01 Sebagai Pemancar/Penerima Untuk Wireless Sensor Network. *Jurnal Tekno*, 17(1), 26-34.
- Setyawan, R. A., Muttaqin, A., & Khulud, H. (2021). Aplikasi NODEMCU ESP8266 sebagai Pemantau Suhu dan Kelembaban Ruang Data Center. *Jurnal EECCIS (Electrics, Electronics, Communications, Controls, Informatics, Systems)*, 15(1), 23-28.