

Implementasi Teknologi LoRA Menggunakan Data Beban Puncak Pada Gardu Distribusi

Purnama Helena T Hutabarat ^{1*}

¹*Teknik Informatika Amik Parbina Nusantara*

*purnamahutabarat28@gmail.com

ABSTRAK

Proses pemantauan dan pengukuran trafo di PT. PLN (Persero) di gardu distribusi BR 391 dilakukan secara manual selama jam beban puncak di lapangan, yang biasanya berlangsung antara pukul 18.00-22.00 waktu setempat. Waktu jam beban puncak di gardu distribusi dapat bervariasi, baik pada pagi, siang, maupun sore hari, terkadang bahkan pada siang hari. Karena perbedaan ini, penentuan jam beban puncak masih dilakukan secara manual oleh staf. Namun, pendekatan ini dinilai tidak efisien. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, kami berencana untuk mengembangkan sebuah sistem monitoring dan penyimpanan data menggunakan teknologi LoRa. Sistem ini akan memungkinkan pemantauan trafo pada gardu distribusi secara kontinu, berbeda dengan metode manual yang hanya dilakukan selama jam tertentu. Teknologi ini telah diuji coba pada gardu distribusi BR 391 Jl. Wijaya Kusuma Medan. Hasil observasi menunjukkan bahwa jam beban puncak terjadi antara pukul 18.00-22.00 WIB, dengan beban puncak tertinggi mencapai $R=20.983,6$ watt, $S=17.031,0$ watt, dan $T=21.801,4$ watt per fasa. Konsumsi daya harian tertinggi rata-rata tercatat pada pukul 20.00 WIB. Peningkatan beban cenderung terjadi pada malam hari, dengan beban tertinggi pada fasa T
Kata kunci: Teknologi Lora, Gardu Distribusi, Monitoring, Beban Puncak.

ABSTRACT

Transformer monitoring and measurement process at PT. PLN (Persero) at the BR 391 distribution substation is carried out manually during peak load hours in the field, which usually takes place between 18.00-22.00 local time. The peak load hours at distribution substations can vary, whether in the morning, afternoon or evening, sometimes even during the day. Because of this difference, determining peak load hours is still done manually by staff. However, this approach is considered inefficient. Therefore, in this research, we plan to develop a monitoring and data storage system using LoRa technology. This system will enable continuous monitoring of transformers at distribution substations, in contrast to manual methods which are only carried out during certain hours. This technology has been tested at the distribution substation BR 391 Jl. Wijaya Kusuma Medan. Observation results show that peak load

hours occur between 18.00-22.00 WIB, with the highest peak load reaching $R=20.983,6$ watts, $S=17.031,0$ watts, and $T=21.801,4$ watts per phase. The highest daily average power consumption was recorded at 20.00 WIB. Increased load tends to occur at night, with the highest load in the T phase

Keyword: LoRa Technology, Distribution Substation, Monitoring, Peak Load

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan kebutuhan esensial yang memegang peranan krusial dalam kehidupan sehari-hari. Listrik sebagai sumber energi yang digunakan di seluruh perangkat elektronik mengakibatkan semua orang bergantung pada listrik baik di rumah tangga, industri, maupun pemerintahan[1][2]. Seiring dengan pertambahan jumlah pengguna dan meningkatnya penggunaan peralatan elektronik atau konsumsi listrik yang tinggi, aktivitas masyarakat yang kompleks mengakibatkan permintaan energi listrik yang tinggi pula. Untuk memenuhi kebutuhan listrik yang meningkat, PLN sebagai penyedia listrik harus mampu menjaga stabilitas dalam berbagai sektor[3]. Perkembangan pesat dalam teknologi dan informasi mengakibatkan permintaan akan energi listrik semakin meningkat. Untuk mengatasi hal ini, dibutuhkan ketepatan data dan informasi secara akurat untuk menanggulangi hambatan dan memastikan ketersediaan energi listrik. Saat ini, pencatatan data di gardu distribusi masih dilakukan secara manual begitu juga dengan pemindahan data ke basis data masih dilakukan secara manual, menyebabkan proses yang memakan waktu lebih lama[4][5]. Integrasi sistem yang memungkinkan pencatatan data menggunakan perangkat mobile dan langsung masuk ke basis data akan membuat keteraturan dalam pencatatan pada gardu distribusi dan memungkinkan pemantauan aliran data dengan baik. Hal ini juga dapat mengurangi risiko kehilangan atau tercecernya data. Penerapan sistem seperti ini juga memenuhi kebutuhan mobilitas manusia modern, memungkinkan pekerjaan

dilakukan di mana saja dan kapan saja. Selain itu, informasi mengenai data transformator sekarang dicatat secara real time dan terkini. LoRa wireless adalah teknologi yang dapat digunakan untuk memantau jaringan listrik. LoRa wireless jika dibandingkan dengan radio mesh mempunyai keunggulan karena jangkauannya luas, konsumsi daya rendah, dan ketepatan dalam mengatasi kesalahan[6]. Terdapat perbedaan jika dibandingkan dengan model komunikasi multi-hop yang umumnya digunakan dalam Internet of Things (IoT), LoRa ditandai dengan koneksi jarak jauh (kilometer) dan memiliki topologi jaringan bintang. Setiap node berkomunikasi langsung dengan server, yang memungkinkan pengiriman data dari semua smart meter ke gateway dengan cara yang sederhana, hemat biaya, dan efisien dalam penggunaan energi[7].

2. KERANGKA TEORITIS

A. Gardu Distribusi

Penghubung dan pendistribusian tenaga listrik kepada konsumen atau pelanggan tegangan menengah atau tegangan rendah disebut gardu distribusi [8]. Gardu distribusi terdiri dari transformator distribusi serta perlengkapan hubung tegangan menengah dan rendah. Perbedaan karakteristik distribusi PLN menyebabkan tipe perlengkapan hubung tegangan menengah yang digunakan pada gardu distribusi juga berbeda.

B. PERALATAN YANG DIGUNAKAN

1. Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan sirkuit terbuka berbasis mikrokontroler AVR dari Atmel. Papan ini terdiri dari komponen utama yang dapat diprogram melalui komputer. Tujuan dari memasang program pada mikrokontroler adalah untuk memungkinkan perangkat. Elektronik menerima input, melakukan pengolahan data dan menghasilkan output sesuai kebutuhan. Dengan demikian, mikrokontroler berperan sebagai inti dari perangkat elektronik tersebut dan mengatur proses input dan output. Arduino Mega 2560 memiliki sejumlah pin I/O, termasuk 54 input/output digital, 16 input analog, 4 UART, dan kristal dengan frekuensi 16 MHz[9]. Untuk pengguna yang relatif mudah, perangkat ini dapat disambungkan ke PC/Laptop menggunakan kabel USB atau menggunakan adaptor DC dengan tegangan 7-12 V DC

2. LoRa Ra-02SX1278

Modul Ra-02 adalah perangkat transmisi nirkabel yang didasarkan pada transceiver nirkabel SX1278 buatan SEMTECH. Modul ini mengaplikasikan teknologi spectrum penyebaran LoRa yang tinggi, memungkinkan jarak komunikasi hingga 10 km. Modul LoRa Ra-02 SX1278 memiliki kemampuan anti-interferensi yang andal dan konsumsi daya yang efisien. Ra-02 berfungsi sebagai pengirim (transmitter) dan penerima (receiver).

3. Sensor PZEM-004T

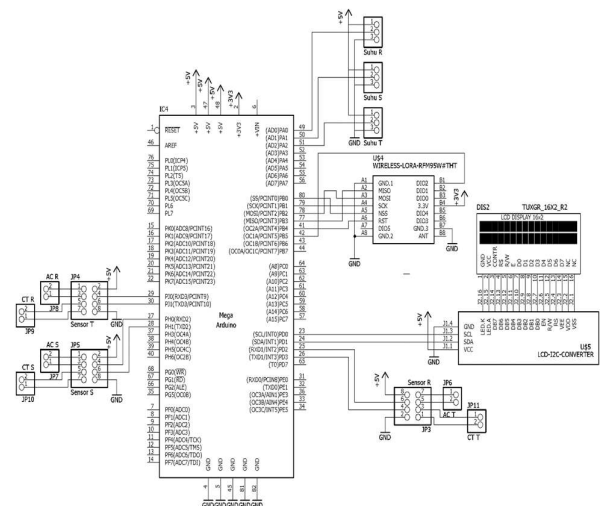
Sensor PZEM-004T adalah sebuah modul sensor serbaguna yang digunakan untuk mengukur daya aktif, tegangan bolak-balik, frekuensi, energi aktif, dan arus searah[10]. Dimensi fisik dari papan sensor PZEM-004T adalah 3,1 x 7,4 cm. Sensor PZEM-004T juga dilengkapi dengan kumparan trafo arus berdiameter 3 mm yang digunakan untuk mengukur arus dengan rentang pengukuran maksimum 100 A untuk trafo eksternal dan 10 A untuk Shunt Internal. Dalam penelitian ini, Ra-02 digunakan sebagai pengirim (TX) dan penerima (RX).

4. Sensor Suhu DS18B20

Sensor ini adalah perangkat sensor suhu digital yang mengukur suhu dengan akurasi 0,5°C dengan rentang suhu 10°C hingga +85°C[11]. Berbeda dengan sebagian sensor suhu yang memerlukan ADC (Analog to Digital Converter) dan beberapa pin port pada mikrokontroler untuk beroperasi, DS18B20 dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler hanya menggunakan 1 kabel dan tidak membutuhkan ADC.

5. LCD 16x2

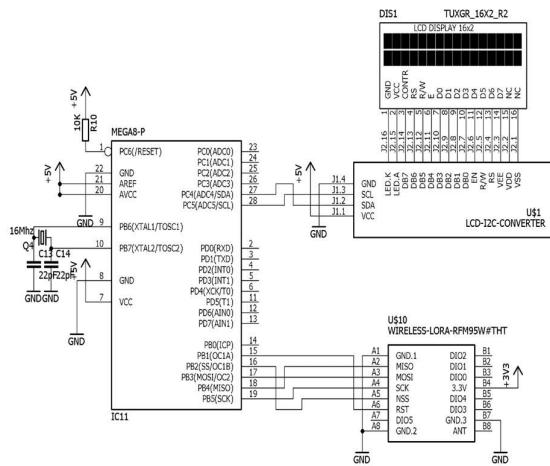
LCD (Liquid Crystal Display) seringkali digunakan dalam pengembangan sistem yang mengintegrasikan penggunaan mikrokontroler. Fungsinya meliputi menampilkan nilai sensor, menampilkan teks, dan menyajikan menu data pada aplikasi mikrokontroler. Dalam proyek ini, digunakan LCD 16x2, yang artinya memiliki dua baris dengan masing-masing 16 kolom, serta dilengkapi dengan konektor berjumlah 16 pin.



Gambar 1 Rangkaian Pemancar

Gambar 1 adalah skema rangkaian pada perangkat pemancar. Komponen yang digunakan adalah

Arduino Mega 2560 sebagai pengontrol. Pada Arduino, sensor daya dan suhu dihubungkan ke pin pada Arduino. Setelah arduino membaca data, data dikirim ke LoRa



Gambar 2 Rangkaian Penerima

Gambar 2 adalah skema rangkaian pada perangkat penerima. Komponen yang digunakan adalah Arduino At Mega 328 sebagai pengontrol. LoRa menerima data dari pemancar dan hasilnya dibaca di Komputer.

3. METODE RISET

A. Model Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini disusun sebagai berikut:

1. Tahap Penelitian

Proses penelitian yang dilakukan peneliti dilakukan di Jalan Wijaya Kesuma Medan, kemudian peneliti mengumpulkan data yang telah diukur secara manual oleh petugas pencatatan PT PLN UP 3 Medan.

2. Alat Penelitian

Pada tahapan ini peneliti menggunakan alat untuk mengukur secara real beban gardu distribusi yang dinamakan LoRa

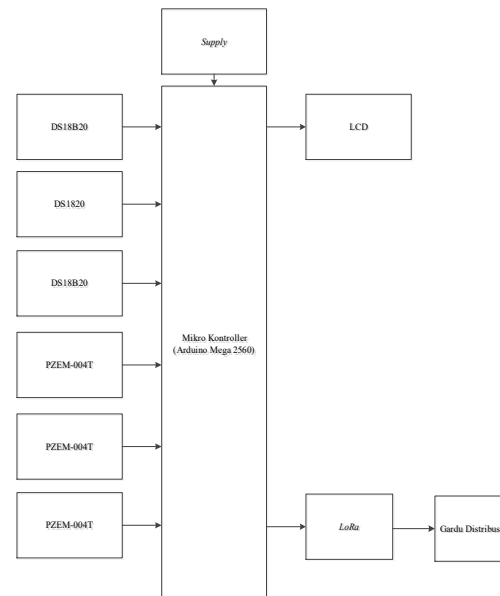
3. Tahapan dalam evaluasi, hasil pengukuran arus dari alat alat yang ditempatkan di gardu distribusi dianalisis dan dievaluasi peneliti untuk mengetahui hasil yang didapatkan seperti diilustrasikan pada Gambar.3



Gambar.3 Pemasangan Alat Ukur Pada Gardu Distribusi

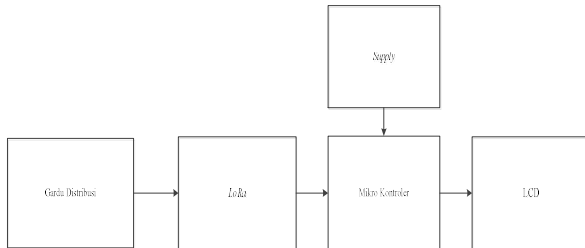
C. Desain Sistem

Berdasarkan Gambar 4, perangkat sistem ini terdiri dari, sensor daya PZEM-004T, Arduino Mega 2560, sensor suhu DS18B20, adaptor 12 Volt, mikrokontroler LoRa 02 SX 1278 dan LCD 16x2. Dengan adaptor 12 Volt digunakan sebagai sumber daya, semua komponen yang ada didalamnya dioperasikan oleh mikrokontroler. Daya dihitung menggunakan sensor PZEM-004T. Karena outputnya dapat dibaca secara digital secara langsung, penggunaan sensor PZEM-004T menjadi lebih mudah. Suhu kabel di gardu distribusi diukur dengan sensor suhu. Setelah sensor-sensor ini terhubung dengan Arduino. Arduino telah diprogram untuk mengontrol proses input yang dihasilkan oleh mereka, yang menghasilkan data arus dan input daya. Arduino kemudian mengirimkan data tersebut ke LCD 16x2 dan juga meneruskannya ke LoRa. Selanjutnya, LoRa mengirim data ke LoRa di penerima selama periode 24 jam. LoRa berperan dalam pengiriman dan transfer data.



Gambar 4 Diagram Blok Transmitter

Gambar 5 Diagram blok untuk penerima dalam sistem perangkat ini mencakup adaptor 12 volt sebagai sumber daya, yang digunakan untuk memberi daya pada mikrokontroler Arduino Uno dan modul penerima data LoRa SX1278. Arduino Uno bertugas mengolah data yang diterima dari modul LoRa selama periode 24 jam, dan hasilnya dapat ditampilkan pada layar LCD serta diakses melalui komputer. Pengujian dilakukan dengan jarak 6 km antara pemancar dan penerima.



Gambar 5 Diagram Blok Receiver

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini hasil pembacaan data ditunjukkan dalam bentuk visualisasi daya digital yang diukur untuk setiap fase dapat diakses melalui komputer. Pengukuran dilakukan selama tujuh hari setiap hari, dan data dikumpulkan setiap satu jam. Hasilnya dapat dilihat pada Tabel 1

TABEL 1
PENGUKURAN DAYA PADA BEBAN PUNCAK

No	Tanggal	Pukul	R (Watt)	S (Watt)	T (Watt)
1	10/04/2024	18.00	18.246,3	13.636,7	18.057,5
2	10/04/2024	19.00	18.453,7	13.278,2	20.961,9
3	10/04/2024	20.00	19.113,4	15.448,6	20.968,0
4	10/04/2024	21.00	20.886,5	15.447,6	20.961,9
5	10/04/2024	22.00	21.935,6	13.563,3	19.509,8
6	11/04/2024	18.00	17.663,5	12.308,7	19.008,9
7	11/04/2024	19.00	20.591,4	12.343,3	20.281,5
8	11/04/2024	20.00	20.983,6	15.546,5	21.623,5
9	11/04/2024	21.00	20.454,3	15.633,7	21.425,5
10	11/04/2024	22.00	18.408,2	15.287,2	18.991,8
11	12/04/2024	18.00	17.533,0	13.474,5	18.478,0
12	12/04/2024	19.00	19.233,8	13.747,1	20.248,2
13	12/04/2024	20.00	19.555,0	14.356,4	21.282,2
14	12/04/2024	21.00	20.079,2	14.103,2	20.231,3
15	12/04/2024	22.00	18.876,1	15.636,7	19.205,5
16	13/04/2024	18.00	18.445,8	12.287,3	19.309,9
17	13/04/2024	19.00	19.188,9	13.747,6	20.604,8
18	14/04/2024	20.00	20.105,2	15.398,8	21.058,8
19	14/04/2024	21.00	18.119,6	12.036,8	20.431,1
20	14/04/2024	22.00	19.323,4	12.153,5	19.471,3
21	15/04/2024	18.00	18.433,2	13.641,5	19.272,1
22	15/04/2024	19.00	20.404,5	13.344,2	20.484,9
23	15/04/2024	20.00	20.323,6	15.343,2	21.801,4
24	15/04/2024	21.00	20.151,4	12.304,1	20.204,3

25	15/04/2024	22.00	17.923,6	13.262,3	18.603,5
26	16/04/2024	18.00	16.587,3	15.434,3	17.392,6
27	16/04/2024	19.00	19.432,6	14.113,0	20.239,6
28	16/04/2024	20.00	20.353,7	13.416,5	21.319,6
29	16/04/2024	21.00	18.310,5	12.175,2	19.027,9
30	16/04/2024	22.00	19.437,6	12.505,7	19.904,4
31	17/04/2024	18.00	16.579,8	15.135,8	18.877,7
32	17/04/2024	19.00	19.413,6	13.308,5	20.968,0
33	17/04/2024	20.00	20.435,4	17.031,0	20.961,9
34	17/04/2024	21.00	18.140,6	16.319,5	19.177,7
35	17/04/2024	22.00	19.274,7	17.103,7	20.057,5

Analisis rata rata daya pada hari ke 1 sampai hari ke 7 adalah sebagai berikut:

Fase R: 18.00 WIB

$$\frac{18.246,3 + 17.663,5 + 17.533,0 + 18.445,8 + 18.433,2 + 16.587,3 + 16.579,8}{7} = 17.641,27 \text{ watt}$$

Fase S: 18.00 WIB

$$\frac{13.636,7 + 12.308,7 + 13.474,5 + 12.287,3 + 13.641,5 + 15.434,3 + 15.135,8}{7} = 13.703,26 \text{ watt}$$

Fase T: 18.00 WIB

$$\frac{18.057,5 + 19.008,9 + 18.478,0 + 19.309,9 + 19.272,1 + 17.392,6 + 18.877,7}{7} = 18.627,24 \text{ watt}$$

Daya rata rata selama 7 hari dapat dilihat pada Tabel 2

TABEL 2
DAYA RATA RATA PER FASE

No	Waktu	Daya rata-rata		
	(WIB)	R (watt)	S (watt)	T (watt)
1	18.00	17.641,27	13.703,26	18.627,24
2	19.00	19.531,59	13.411,62	20.534,78
3	20.00	20.124,32	15.220,13	21.284,31
4	21.00	19.448,92	14.002,83	17.309,54
5	22.00	19.311,30	14.212,22	19.320,21

Hasil pembacaan data berupa tampilan suhu kabel yang diukur secara digital untuk setiap fasa yang dapat di baca melalui komputer. Pengukuran dilakukan 24 jam sehari, dan data dikumpulkan setiap 1 jam. Hasil pengukuran selama tujuh hari dapat dilihat pada Tabel 3

TABEL 3
PENGUKURAN SUHU PADA BEBAN PUNCAK

No	Tanggal	Pukul	R (°C)	S (°C)	T (°C)
1	10/04/2024	18.00	31,2	36,3	37,2
2	10/04/2024	19.00	32,7	36,3	38,1
3	10/04/2024	20.00	32,3	37,4	42,0
4	10/04/2024	21.00	31,5	36,4	37,8
5	10/04/2024	22.00	31,4	34,4	40,3
6	11/04/2024	18.00	31,3	35,4	42,7
7	11/04/2024	19.00	31,2	34,2	41,8
8	11/04/2024	20.00	30,6	35,6	39,9
9	11/04/2024	21.00	30,5	33,7	38,3
10	11/04/2024	22.00	30,6	32,8	38,1
11	12/04/2024	18.00	30,4	32,1	39,1
12	12/04/2024	19.00	30,5	32,3	39,7
13	12/04/2024	20.00	30,1	32,1	38,4
14	12/04/2024	21.00	30,2	32,2	37,6
15	12/04/2024	22.00	30,4	33,5	37,2
16	13/04/2024	18.00	30,7	33,4	39,9
17	13/04/2024	19.00	31,7	32,8	40,5
18	14/04/2024	20.00	31,4	33,9	40,8
19	14/04/2024	21.00	31,3	32,7	37,8
20	14/04/2024	22.00	32,6	32,5	37,2
21	15/04/2024	18.00	32,4	32,0	37,0
22	15/04/2024	19.00	32,3	33,9	37,1
23	15/04/2024	20.00	32,4	33,5	36,8
24	15/04/2024	21.00	32,5	32,9	39,2
25	15/04/2024	22.00	31,4	37,7	40,3
26	16/04/2024	18.00	31,1	38,2	41,5
27	16/04/2024	19.00	32,0	36,8	39,8
28	16/04/2024	20.00	31,0	36,6	37,2
29	16/04/2024	21.00	32,0	36,5	37,3
30	16/04/2024	22.00	31,4	34,8	37,8
31	17/04/2024	18.00	30,7	34,6	41,9
32	17/04/2024	19.00	29,7	35,2	41,7
33	17/04/2024	20.00	30,8	34,2	42,1
34	17/04/2024	21.00	30,2	34,7	41,1
35	17/04/2024	22.00	33,4	32,5	42,0

Analisis rata rata suhu pada hari ke 1 sampai hari ke 7 adalah sebagai berikut:

Fase R: 18.00 WIB

$$\frac{31,2 + 31,3 + 30,4 + 30,7 + 32,4 + 31,1 + 30,7}{7}$$

$$= 31,11^{\circ}\text{C}$$

Fase S: 18.00 WIB

$$\frac{36,3 + 35,4 + 32,1 + 33,4 + 32,0 + 38,2 + 34,6}{7}$$

$$= 34,57^{\circ}\text{C}$$

Fase T: 18.00 WIB

$$\frac{37,2 + 42,7 + 39,1 + 39,9 + 37,0 + 41,5 + 41,9}{7}$$

$$= 39,90^{\circ}\text{C}$$

Suhu rata rata selama 7 hari dapat dilihat pada Tabel 4

TABEL 4
SUHU RATA RATA PER FASE

No	Waktu (WIB)	Suhu rata- rata R °C	S °C	T °C
1	18.00	31,11	34,57	39,90
2	19.00	31,44	34,50	39,81
3	20.00	31,22	34,75	39,60
4	21.00	31,17	34,15	38,44
5	22.00	31,60	34,02	38,98

Hasil pembacaan data berupa tampilan arus yang diukur secara digital untuk setiap fasa yang melalui computer dapat ditampilkan dan dibaca. Pengukuran dilakukan 24 jam sehari, dan data dikumpulkan setiap 1 jam. Hasil pengukuran selama tujuh hari dapat dilihat pada Tabel 5

TABEL 5
PENGUKURAN ARUS PADA BEBAN PUNCAK

No	Tanggal	Pukul	R (A)	S (A)	T (A)
1	10/04/2024	18.00	12,57	75,87	43,88
2	10/04/2024	19.00	17,00	78,73	55,40
3	10/04/2024	20.00	17,00	79,65	57,76
4	10/04/2024	21.00	17,64	74,26	56,29
5	10/04/2024	22.00	17,76	100,83	65,39
6	11/04/2024	18.00	16,50	84,48	27,37
7	11/04/2024	19.00	19,07	89,08	38,29
8	11/04/2024	20.00	16,35	100,00	36,29
9	11/04/2024	21.00	17,24	101,68	31,83
10	11/04/2024	22.00	17,23	101,72	64,70
11	12/04/2024	18.00	12,10	99,36	32,42
12	12/04/2024	19.00	15,70	99,52	44,05
13	12/04/2024	20.00	13,75	99,23	49,87
14	12/04/2024	21.00	19,26	99,05	64,40
15	12/04/2024	22.00	19,44	102,07	68,59
16	13/04/2024	18.00	13,80	99,54	44,04
17	13/04/2024	19.00	13,50	99,49	44,04
18	14/04/2024	20.00	16,49	101,32	60,68
19	14/04/2024	21.00	17,30	101,00	62,27
20	14/04/2024	22.00	17,41	100,70	61,58
21	15/04/2024	18.00	15,70	99,30	40,14
22	15/04/2024	19.00	13,75	99,56	56,73
23	15/04/2024	20.00	19,26	101,52	54,13
24	15/04/2024	21.00	19,44	101,90	56,93
25	15/04/2024	22.00	19,19	102,85	59,41
26	16/04/2024	18.00	13,80	79,94	50,24

27	16/04/2024	19.00	13,62	75,48	68,65
28	16/04/2024	20.00	16,13	89,63	61,11
29	16/04/2024	21.00	17,49	100,51	61,11
30	16/04/2024	22.00	20,12	100,51	60,83
31	17/04/2024	18.00	13,13	93,88	40,80
32	17/04/2024	19.00	16,59	98,40	53,50
33	17/04/2024	20.00	16,59	95,08	68,43
34	17/04/2024	21.00	16,59	103,04	68,65
35	17/04/2024	22.00	16,38	102,48	68,11

Analisis rata rata arus pada hari ke 1 sampai hari ke 7 adalah sebagai berikut:

Fase R: 18.00 WIB

$$\frac{12,57 + 16,50 + 12,10 + 13,80 + 15,70 + 13,80 + 13,13}{7}$$

= 13,94 A

Fase S: 18.00 WIB

$$\frac{75,87 + 84,48 + 99,36 + 99,54 + 99,30 + 79,94 + 93,88}{7}$$

= 90,33 A

Fase T: 18.00 WIB

$$\frac{43,88 + 27,37 + 32,42 + 44,04 + 40,14 + 50,24 + 40,80}{7}$$

= 39,81 A

Arus rata rata selama 7 hari dapat dilihat pada Tabel 6

TABEL 6

ARUS RATA RATA PER FASE

No	Waktu (WIB)	Arus R (A)	Arus rata-rata S (A)	Arus rata-rata T (A)
1	18.00	13,94	90,33	39,81
2	19.00	15,46	91,46	51,51
3	20.00	16,51	95,20	55,46
4	21.00	17,85	97,34	57,35
5	22.00	18,21	101,59	64,08

Ketika transformator mulai memikul beban, arus akan mengalir melaluinya. Dalam penelitian ini, waktu yang diperlukan untuk pengukuran menunjukkan bahwa suhu kabel di gardu distribusi meningkat, yang diukur menggunakan sensor suhu DS18B20 dan hasilnya direkam dalam Tabel 3. Kondisi kabel dianggap memadai jika suhunya tetap di bawah 40°C.

5 PENUTUP

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil observasi menunjukkan bahwa antara pukul 18.00-22.00 WIB merupakan jam beban puncak, dengan beban puncak tertinggi mencapai R=20.983,6 watt, S=17.031,0 watt, dan T=21.801,4, watt per fasa. Penggunaan daya dalam satu hari tertinggi rata-rata tercatat saat pukul 20.00 WIB. Peningkatan beban cenderung terjadi pada malam hari,

dengan beban tertinggi pada fasa T. Dalam artikel ini, teknologi LoRa dapat menjamin transmisi data pengukuran beban saat beban mencapai puncaknya di gardu distribusi, serta mempertahankan kualitas transmisi.

Penggunaan perangkat bernama LoRa dapat disiapkan untuk mempermudah analisis pengukuran beban puncak di gardu distribusi. Teknologi ini telah berhasil membaca data beban di gardu distribusi dengan hasil yang hampir identik dengan pengukuran manusia.

REFERENSI

- [1] H. Hartawan, Sugeng A. Karim, "A Study On Evaluation Of User Satisfaction With Prepaid and Postpaid Electricity Services in Bima City," *J. Electr. Eng. Informatics*, vol. 1, no. 1, pp. 1–5, 2023, doi: 10.59562/jeeni.v1i1.423.
- [2] S. A. B. Mutia Rosadi, "FAKTOR - FAKTOR YANG MEMPENGARUHI KONSUMSI LISTRIK DI INDONESIA," *J. Kaji. Ekon. dan Pembang.*, vol. 1, no. 2, pp. 273–286, 2019.
- [3] H. Wahyuddin, "Faktor-Faktor Yang Memengaruhi Kepuasan Pelanggan Listrik Prabayar Pada PT. PLN (Persero) Unit Induk UP3 Parepare," *Econ. J. Ekon. dan Bisnis*, vol. 2, no. 1, p. 19, 2019, doi: 10.31850/economos.v2i1.471.
- [4] M. Musthofa and U. N. Rahman, "Sistem Monitoring Beban Trafo Distribusi Secara Visual Dan Sms Gateway di PT PLN (Persero)," *Energi dan Kelistrikan J. Ilm.*, vol. 13, no. 1, pp. 67–74, 2021, doi: 10.33322/energi.v13i1.1286.
- [5] D. C. K. Aditya Pratama, A. A. Ngurah Amrita, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Listrik Tiga Fasa Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan LoRa Ra-02 SX1278," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 20, no. 2, p. 351, 2021, doi: 10.24843/mite.2021.v20i02.p20.
- [6] R. Li et al., "Applications of LoRa Technology in Smart Distribution Grid," *IEEE 4th Adv. Inf. Technol. Electron. Autom. Control Conf.*, pp. 1554–1557, 2019.
- [7] Hussam Dheaa Kamel Al-janabi, "Design and Implementation of a LoRa Technology - Based Smart Home Monitoring Circuit," *J. Electr. Syst.*, vol. 20, no. 4s, pp. 1959–1971, 2024, doi: 10.52783/jes.2293.
- [8] I. W. S. I Made Sariana, I Made Asna and Program, "Analisis Konstruksi Posisi Lightning Arrester Di Gardu Distribusi Km 0003 Penyulang Subagan Wilayah Kerja PT PLN (Persero) ULP Karangasem," *J. Ilm. Telsinas Elektro, Sipil dan Tek. Inf.*, vol. 4, no. 1, pp. 46–55, 2022, doi: 10.38043/telsinas.v4i1.2143.
- [9] Y. M. Ari Yuliat, Cecep Gumilar, "Analisa Alat Kendali Suhu dan Kelembaban berbasis Arduino Mega 2560," *ITEJ (Information Technol. Eng. Journals)*, vol. 7, no. 1, pp. 1–8, 2022, doi: 10.24235/itej.v7i1.91.
- [10] S. J. Slamet Hariyadi, Hartono, Rifdian Indrianto Sudjoko, Setiyo, "Sistem Kontrol Dan Monitoring Aliran Daya Listrik Pada Jaringan Distribusi Tegangan Rendah Menggunakan Mikrokontroler Berbasis Iot," *J. Penelit. Politek. Penerbangan Surabaya*, vol. 8, no. 2, pp. 151–164, 2023, doi: 10.46491/jp.v8i2.1501.
- [11] Takdir Tamba and Ivo Zoel Sembiring, "The Scheme of Stress Detecting Tools by Using HIR333, GSR and DS18B20 Sensors Based On Microcontroller Atmega 8,"

J. Technomaterial Phys., vol. 1, no. 2, pp. 76–82, 2019.