

Sistem Pemantauan Parameter Kelistrikan Menggunakan Komunikasi LoRaWAN melalui Platform Antares

Fredre Nico Panggabean¹, Sigit Pramono², Anjar Taufik Hidayat^{3,*}

^{1,2,3}Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom Purwokerto, Indonesia

Article Info

Article history:

Received: 9 Mei 2023

Received in revised form: 15 Mei 2023

Accepted: 29 Mei 2023

Available online: 30 Mei 2023

Keywords:

Electrical power

Electrical parameter

PZEM004T

LoRaWAN

Quality of Service

Kata Kunci:

Daya listrik

Parameter kelistrikan

PZEM004T

LoRaWAN

Quality of Service

ABSTRACT

LoRaWAN Communication-based Electrical Parameter Monitoring System with the Antares Platform. The research objective is to develop data transmission from sensors so that they can communicate using Antares's LoRaWAN network which can be accessed anywhere and anytime. Electrical power is an important parameter to determine how much electrical energy is consumed or produced. Some systems consume or generate electricity, for example monitoring volcanoes or microhydro power plants at the foot of mountains. Therefore, we need a tool to monitor the electric power from afar. The process of making a tool through the LoRaWAN network on the Antares platform has been used to create a tool that can track electrical energy using the PZEM004T-10A sensor in real-time. The test results show that the performance of the tools and systems is running well. The results of reading the error percentage of the PZEM004T sensor on the power meter show a very good value, namely the average error for the voltage parameter is 0.45%, the current is 0.22%, the power is 1.44%, and the power factor value is 0.15%. The network QoS (Quality of Service delay) performance value meets TIPHON standards. The delay value generated by SF7 & SF10 is in the bad delay criteria. The SF9 & SF12 data have good delays, and the SF8 & SF11 data at this point show very good values. Strengthened by very good categories from SF8 to SF12 data and good categories for SF7 data for packet loss values.

Tujuan penelitian untuk mengembangkan pengiriman data dari sensor agar bisa berkomunikasi menggunakan jaringan LoRaWAN milik Antares yang dapat diakses dimana saja dan kapan saja. Daya listrik adalah salah satu parameter yang penting untuk mengetahui seberapa besar energi listrik yang dikonsumsi atau dihasilkan. Beberapa sistem yang mengkonsumsi atau menghasilkan listrik misalkan pemantauan gunung api atau pembangkit listrik microhydro di kaki gunung. Oleh karena itu, diperlukan sebuah alat untuk memantau daya listrik dari jauh. Proses pembuatan alat melalui jaringan LoRaWAN pada platform Antares telah digunakan untuk menciptakan alat yang dapat melacak energi listrik menggunakan sensor PZEM004T-10A secara real-time. Hasil uji coba menunjukkan kinerja alat dan sistem yang berjalan dengan baik. Hasil pembacaan persentase error sensor PZEM004T pada alat ukur daya menunjukkan nilai yang sangat baik yaitu error rata-rata untuk parameter tegangan adalah 0,45%, arus adalah 0,22%, daya adalah 1,44%, dan nilai faktor daya adalah 0,15%. Nilai performa QoS (Quality of Service delay) jaringan memenuhi standarisasi oleh TIPHON. Nilai keterlambatan yang dihasilkan oleh SF7 & SF10 masuk kriteria penundaan yang jelek. Data SF9 & SF12 penundaan yang bagus, dan pada data SF8 & SF11 pada titik ini menunjukkan nilai yang sangat baik. Diperkuat dengan kategori sangat bagus dari data SF8 sampai SF12 dan kategori bagus untuk data SF7 untuk nilai packet loss.

Corresponding author:

Anjar Taufik Hidayat

Program Studi S1 Teknik Telekomunikasi, Institut Teknologi Telkom Purwokerto

Jl. D.I. Panjaitan No. 128, Purwokerto Selatan, Banyumas, Jawa Tengah, 53147, Indonesia.

E-mail addresses: anjar@ittelkom-pwt.ac.id

1. Pendahuluan

Kehidupan manusia saat ini membutuhkan energi listrik dengan itu beberapa dekade, muncul problematika krisis energi karena tingkat konsumsi listrik yang meningkat yang dapat memengaruhi kelangsungan hidup manusia [1]. Pemborosan yang berlebih seperti pada konsumsi listrik kebutuhan rumah tangga, karena salah satunya sebagai penyumbang pemborosan dari beberapa sector [2], [3]. Untuk mengatasi hal itu penggunaan sistem monitoring energi listrik adalah solusi untuk masalah ini. Ini akan memungkinkan masyarakat untuk melacak berapa banyak energi yang digunakan dalam sesuai kondisi [4], [5], [6]. Perusahaan Listrik Negara (PLN) adalah perusahaan yang bertanggung jawab untuk menyediakan energi listrik di Indonesia. Pada umumnya menyediakan KWH meter yang digunakan oleh PLN untuk mengetahui besaran konsumsi daya listrik salah satunya KWH meter analog yang memiliki kekurangan membaca angka dengan salah [7], [8]. Kekurangan itu merugikan pelanggan dengan pemabayaran lebih akibat pembacaan angka yang salah dan bagi PLN pelanggan mungkin dapat menunggak tagihan listrik mereka dengan sistem pembayaran paskabayar [9]. Kondisi tersebut dibuat KWH meter digital dengan sistem pulsa/ token/ Prabayar.

Jadi, agar dapat menggunakan listrik dari PLN, pelanggan harus membeli kode voucher [10]. Nilai voucher akan berkurang seiring dengan jumlah listrik yang digunakan. Sebuah indikator akan memberi tahu pelanggan apabila nilai voucher hampir habis, dan sistem akan memperingatkan dengan bunyi *buzzer* kemudian memutus daya jika voucher habis [11]. Tampilan daya listrik jumlah kilowatt jam meter hanya melalui layarnya, mengakibatkan sesering mungkin mengecek bahwa meteran listrik menunjukkan jumlah energi yang tersedia. Apabila lupa

mengecek layar meteran listrik bisa listrik diputus karena kehabisan token/ pulsa listrik, untuk itu diperlukan alat untuk memperingatkan dan memonitoringnya [12].

Penelitian serupa yaitu pembuatan alat monitoring meteran listrik pengiriman data dengan *protocol* LoRa dan dilanjutkan dengan broker melalui MQTT (*Message Queuing Telemetry Transport*), alat bekerja dengan sesuai prosedur akan tetapi memiliki kelemahan yaitu hanya satu perangkat yang bisa digunakan [13], [14]. Sesuai dengan uraian masalah dan riset sebelumnya dibutuhkan alat dalam melacak penggunaan daya listrik di KWH Meter secara langsung (*real time*) tanpa jeda waktu dimanapun dan kapanpun melalui jaringan internet. Dengan menggunakan LoRaWAN milik Antares agar bisa diakses lebih dari satu perangkat melalui jaringan internet yang sudah berkembang sampai kepedesaan.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini menggunakan model *prototype* melalui proses perancangan, pembuatan dan pengujian alat/ produk. Proses perancangan melakukan analisis kebutuhan perangkat keras yaitu alat, bahan dan kebutuhan lainnya, kemudian perangkat lunak persiapan bahasa pemrograman dan kebutuhan lainnya.

2.1. Perancangan

2.1.1. Perangkat Keras

Kebutuhan untuk memonitoring berbasis internet yaitu pertama adalah modul mikrokontroler yaitu Arduino UNO R3 dengan memanfaatkan SRAM dan EEPROM ATmega328P sesuai [15], [16], [17]. Arduino UNO ini digunakan untuk memfasilitasi sensor sebagai masukan diproses untuk dihubungkan kedalam Modul LoRaWAN berbentuk Antares grafik.

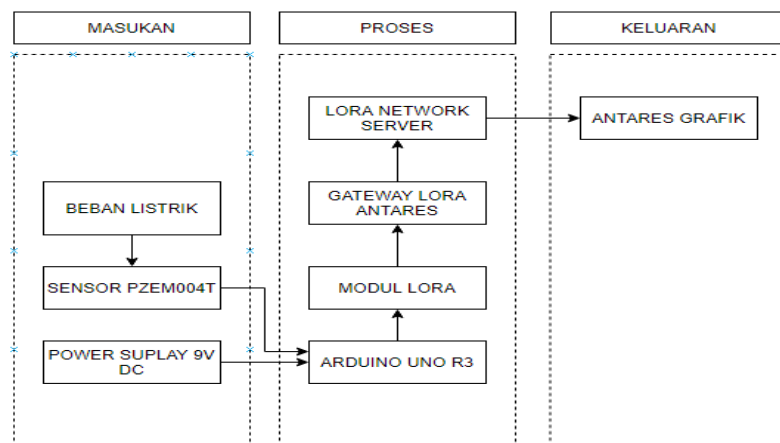
Sensor Daya PZEM004T sebagai masukan (*input*) untuk mendapatkan data voltase, arus, daya listrik, frekuensi dan faktor daya dalam bentuk komunikasi UART [18], [19]. Kebutuhan sensor PZEM004T pada sesuai dengan alat yang akan dibuat dengan mengawasi token/ pulsa listrik melalui konsumsi daya listrik yang digunakan [20]. Kemudian keluaran (*output*) dengan menggunakan modul LoRa RFM95 berbasis pada LoRaWAN yang memanfaatkan *transceiver* jenis RFM95. Sesuai kebutuhan dalam monitoring LoRaWAN digunakan sebagai jembatan untuk menampilkan data grafik dalam Antares sehingga daya yang terekam bisa dilihat dan di awasi [21].

2.1.2. Perangkat Lunak

Untuk mengkomunikasikan antara input dan output melalui Arduino Uno R3 sebagai mikrokontroler melalui aplikasi Arduino IDE V1.8.15. Melalui kode program yang diunggah kedalam Arduino UNO R3 dan memiliki manajemen Pustaka (*library*) yang bisa diakses dalam web resmi Arduino [22]. Kemudian tampilan monitoring melalui aplikasi Antares milik PT. Telkom Indonesia yang berbasis *Internet of Things* (IoT) [23]. Antares ini digunakan dalam perancangan alat ini sebagai luaran berupa tampilan grafik dan data log hasil bacaan dari sensor PZEM004T berupa daya listrik.

2.2. Pembuatan

Pembuatan alat sistem pemantauan kelistrikan dengan menggunakan LoRaWAN melalui *platform* Antares sesuai dengan gambar berikut :



Gambar 1. Blok Diagram Sistem

Sesuai gambar 1 untuk memantau sistem kelistrikan diperlukan pembacaan parameter kelistrikan melalui sensor PZEM004T yang didapat dari beban listrik. Masukan (*input*) dilakukan pemrosesan melalui Arduino UNO R3 yang ditransfer kedalam Modul LoRa kedalam bentuk data yang dikirim melalui *Gateway* LoRa melalui jaringan komunikasi LoRaWAN. Proses tersebut kemudian ditampilkan kedalam data log dan grafik kedalam aplikasi Antares milik Telkom.

2.3. Pengujian

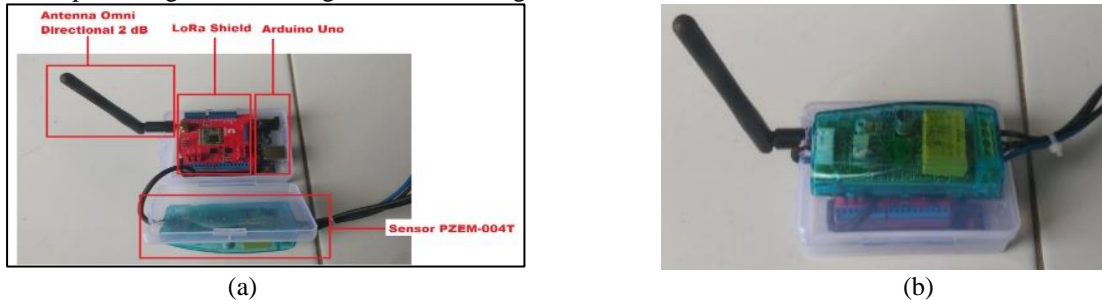
Pengujian ini dilakukan dengan menganalisis hasil dari pengambilan data yang pertama yaitu komponen input yaitu sensor PZEM004T dalam data daya listrik. Setelah komponen diuji dan dianalisis kemudian dilakukan

pengujian keseluruhan sistem dan alat pemantauan kelistrikan menggunakan LoRaWAN. Pengambilan data dan yang dianalisis yaitu kinerja sistem/ alat dan nilai tunda (*delay*) & *packet loss* di jaringan LoRaWAN.

3. Hasil dan Pembahasan

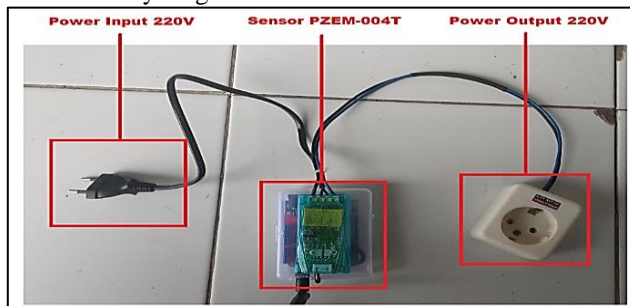
3.1. Hasil Perancangan Sistem

Hasil dari perancangan alat dimana terdapat antenna lora yang berfungsi untuk memancarkan dan menerima sinyal LoRa ke *gateway*, kemudian terdapat modul LoRa shield yang berfungsi sebagai modul yang membantu arduino untuk komunikasi dengan jaringan LoRa sesuai gambar 2. Bagian sensor PZEM004T adalah sensor yang digunakan untuk membaca nilai energi listrik yang nantinya akan dikirimkan ke mikro pengendali Arduino Uno. Lalu terdapat Arduino UNO yang berfungsi sebagai mikro pengendali dari sistem yang dibuat, Arduino UNO akan menerima pembacaan nilai energy listrik dari sensor PZEM004T kemudian mentransfer data ke Antares menggunakan modul LoRa *Shield* rangkaian sesuai gambar 2 (a) berikut. Pada gambar 2 (b) merupakan desain perangkat tampak dari luar, dimana perangkat sensor PZEM004T, Arduino UNO dan LoRa Shield diletakan didalam box pelindung untuk mencegah dari konsleting listrik.



Gambar 2. (a) Perancangan Perangkat Sensor Tampak Dalam (b) Perancangan perangkat sensor tampak luar.

Hasil desain perangkat secara keseluruhan, dimana terdapat bagian *power* input 220V yang merupakan sumber tegangan lalu dari *power* input kemudian mengarah ke sensor PZEM004T untuk didapatkan nilai pembacaan parameter *energy* listrik seperti Tegangan, arus, *power*, frekuensi & *power factor*. Kemudian disalurkan kembali menuju *stop* kontak untuk nantinya digunakan untuk sumber listrik dari beban sesuai gambar 3 berikut :



Gambar 3. Perancangan perangkat sensor secara keseluruhan.

Sistem monitoring energi listrik dilakukan pada platform Antares. Data pembacaan dari sensor dapat dilihat pada Gambar 4 berupa *log data*. Data tersebut disimpan dan dapat diunduh.



Gambar 4. Monitoring energi listrik pada website Antares.

Data dipisahkan menggunakan karakter “/” untuk memudahkan pemisahan data ketika dilakukan pengolahan data pada aplikasi Microsoft excel. Dari hasil percobaan tersebut sistem yang dirancang dapat berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya. Perangkat dapat memonitoring energi listrik menggunakan jaringan LoRaWAN dan melakukan monitoring energi listrik pada platform Antares secara *realtime*.

3.2. Hasil Pengujian Sensor Daya PZEM004T 10A

Pengujian Sensor PZEM-004T dilakukan menggunakan beban lampu sesuai dengan Gambar 5(a). Beban divariasikan sehingga menghasilkan nilai 40W, 60W, 100W, 140W, 160W dan 200W. Setiap variasi beban dilakukan pengujian sebanyak 50 kali dengan membandingkan nilai pembacaan parameter dengan nilai yang dihasilkan oleh *power meter* pada Gambar 5(b).



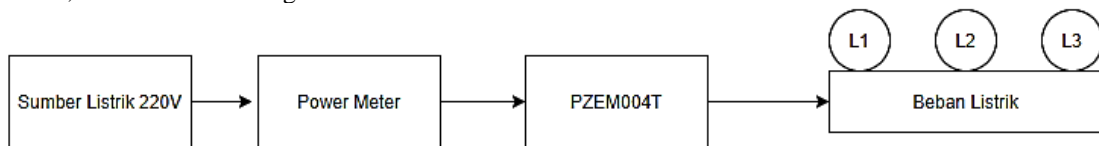
(a)



(b)

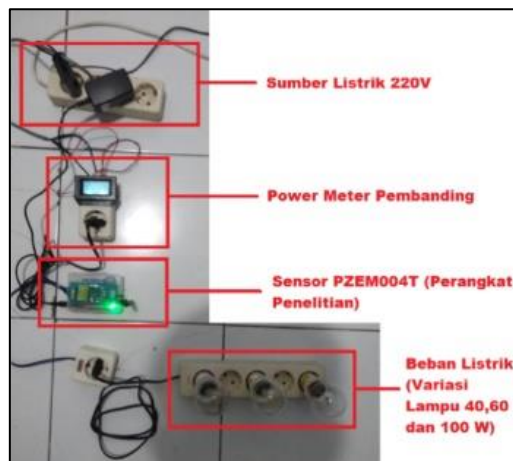
Gambar 5: (a). Beban Lampu 40, 60, dan 100 W; (b) Power Meter Pembanding

Sesuai gambar 6 menunjukan tahapan dalam uji sensor PZEM004T dengan mengkalibrasi dengan *power meter*. *Power meter* ini dapat mengukur parameter tegangan dengan resolusi 0.1 V , arus listrik dengan resolusi 0.01 A, *Power factor* dan pemakaian energi listrik. Untuk memastikan bahwa nilai beban listrik diukur pada waktu yang sama dan dari sumber listrik yang sama atau sejalur, sumber listrik mengalir ke *power meter* sebelum sensor PZEM004T, dan kemudian mengalir ke beban.



Gambar 6. Diagram Pengujian Sensor PZEM004T

Pada gambar 7 menunjukan proses uji sensor dengan melakukan pengambilan data sebanyak 50 kali setiap variasi beban. Hasil nilai *error* dihitung dengan membandingkan nilai sensor dan meter daya sesuai dengan perhitungan.

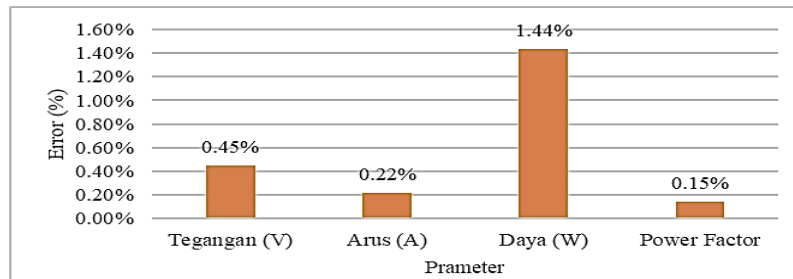


Gambar 7. Pengujian Sensor PZEM-004T

Sehingga didapatkan nilai *error* pada rata-rata pengukuran pada parameter tegangan, arus, daya dan *power factor* sesuai tabel 1.

Tabel 1. Rata-Rata Presentase *Error* Hasil Pengujian Sensor PZEM004T

Beban	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	<i>Power Factor</i>
	<i>Error</i> (%)	<i>Error</i> (%)	<i>Error</i> (%)	<i>Error</i> (%)
40 W	0.53%	0.00%	5.16%	0.00%
60 W	0.52%	1.30%	3.10%	0.00%
100 W	0.48%	0.00%	0.39%	0.00%
40 W + 60W	0.44%	0.00%	0.34%	0.00%
140 W	0.38%	0.23%	0.27%	0.00%
160 W	0.39%	0.00%	0.36%	1.02%
200 W	0.43%	0.00%	0.44%	0.00%
Rata Rata	0.45%	0.22%	1.44%	0.15%



Gambar 8. Presentase Error pada Keseluruhan Parameter

Berdasarkan gambar 8 hasil rata-rata nilai error pada voltase alat yaitu 0,45%, untuk arus yaitu 0,22%, daya 1,44% & kemudian untuk *power factor* sebesar 0,15%. Dapat disimpulkan bahwa sensor sensor PZEM004T sebagai sensor untuk membaca energi listrik dinilai sangat cocok karena memiliki nilai error yang sangat kecil dari semua parameter pembacaan khususnya tegangan, arus, daya dan *power factor*.

3.3. Hasil Data Delay dan Packet Loss menggunakan LoRaWAN

Pengambilan data dengan jarak 13.5 km dari gateway LoRaWAN kampus ITTP. Pengujian dilakukan dengan cara mengubah *spreading factor* pada program dengan posisi perangkat pada posisi yang sama setiap variasi SF sesuai dengan Gambar 9. Adapun total panjang data yang dikirim adalah berkisar antara 44-46 karakter dan menggunakan jenis antenna omni directional dengan penguatan gain 2 dBi.

```

24 void setup ()
25 {
26   Serial.begin (115200);
27
28   lora.init ();
29   lora.setDeviceClass (CLASS_A);
30   lora.setDataRate (5);
31
    
```

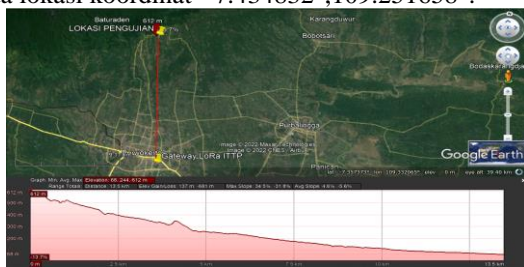
Gambar 9. Konfigurasi Data Rate pada Kode Program

Nilai data rate disesuaikan sesuai Tabel 2 didapatkan pada website antares.id.

Tabel 2. konfigurasi Spreading factor Antares

data_rate	Name	Config	Definition
0	DR0	SF12 BW 125 KHz	SF12
1	DR1	SF11 BW 125 KHz	SF11
2	DR2	SF10 BW 125 KHz	SF10
3	DR3	SF9 BW 125 KHz	SF9
4	DR4	SF8 BW 125 KHz	SF8
5	DR5	SF7 BW 125 KHz	SF7

Pengujian dilakukan dengan jarak 13.5 Km dari lokasi gateway LoRa ITTP sesuai dengan denah *maps* pada gambar 10 (a) . Lokasi pengujian terletak di koordinat $-7.434744^{\circ}, 109.251696^{\circ}$, sedangkan lokasi gateway terletak pada lokasi koordinat $-7.434832^{\circ}, 109.251658^{\circ}$.



(a)



(b)

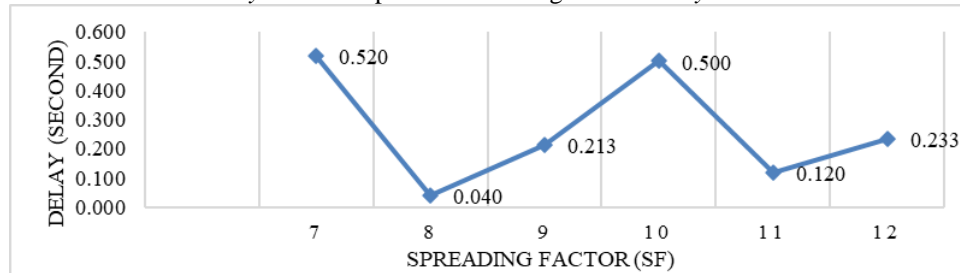
Gambar 10. (a) Denah Lokasi Pengujian *Quality of Service* dan (b) Tampak Lokasi Pengujian Menghadap Gateway Kampus ITTP tanpa Penghalang

Tampak lokasi pengujian menghadap kearah gateway LoRa kampus ITTP tanpa adanya halangan dikarenakan lokasi pengujian dan lokasi gateway terletak lebih tinggi dibandingkan dengan bangunan lainnya disekitar lokasi pengujian sesuai dengan gambar elevasi profil pada Gambar 10 (b). Hasil rata-rata *pengujian Quality of Service* didapatkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Pengujian *Quality of Service* jaringan LoRaWAN terhadap variasi nilai *Spreading Factor*

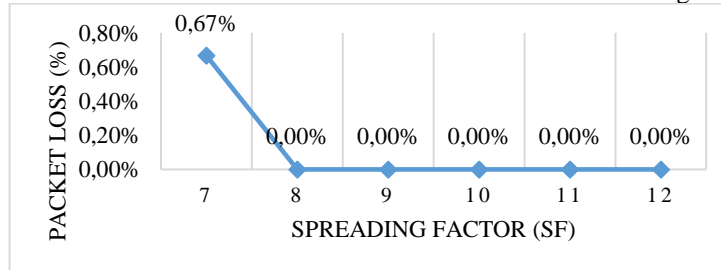
Spreading Factor	Delay (s)	Paket Loss		
		Paket Dikirim	Paket Diterima	Packet loss
7	0.520	150	149	0.67%
8	0.040	150	150	0.00%
9	0.213	150	150	0.00%
10	0.500	150	150	0.00%
11	0.120	150	150	0.00%
12	0.233	150	150	0.00%

Hasil rata-rata pengujian nilai delay terhadap performansi jaringan LoRaWAN menggunakan Platform Antares dapat dilihat pada gambar 11 terlihat bahwa nilai *delay* yang dihasilkan terhadap varisasi nilai *Spreading factor (SF)* menunjukkan tren yang tidak linear, dimana *delay* tercepat didapatkan oleh SF8 dengan *delay* sebesar 0.04 detik kemudian disusul *delay* sebesar 0.12 detik oleh SF 11, *delay* 0.213 detik oleh SF9, *delay* 0.233 detik oleh SF12, *delay* 0.5 oleh SF10 dan *delay* terlama diperoleh SF7 dengan nilai *delay* sebesar 0.52 detik.



Gambar 11. Nilai Delay terhadap Variasi Nilai Spreading Factor

Sesuai grafik pada gambar 11 menunjukan nilai *Spreading factor (SF)* di titik 7 dan 10 berdasarkan standarisasi THIPON nilai tunda (*delay*) pada jaringan LoRaWAN pada penelitian ini dikategorikan sebagai *delay* yang buruk karena bernilai >450 ms sesuai dengan standarisasi yang dipakai [24], [25]. Selanjutnya nilai *delay* pada titik 9 dan 12 *Spreading factor (SF)* dalam kriteria baik kemudian titik 8 & titik 12 dalam kriteria sangat baik.



Gambar 12. Nilai Packet Loss terhadap Variasi Nilai Spreading Factor

Sesuai gambar 12 untuk menghitung nilai kehilangan paket (*packet loss*), jumlah paket yang diterima dibagi dengan jumlah paket yang dikirim sesuai perhitungan didapatkan nilai yang sangat baik. Dari 150 pengiriman data, data tersebut dapat diterima dengan baik dan lengkap oleh Antares sebanyak 150 untuk variasi SF 8-12 atau dengan kata lain *packet loss* yang dihasilkan sebanyak 0%, kemudian ketika menggunakan SF7 terjadi paket hilang sebanyak 1 paket sehingga menghasilkan *packet loss* sebesar 0.67%. Menurut standarisasi TIPHON *packet loss* pada jaringan LoRaWAN menggunakan Platform Antares dalam kategori yang bagus sekali pada titik *Spreading factor (SF)* 8 & 12, untuk titik 7 bagus.

4. Simpulan

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dirancang dapat melakukan fungsinya dengan baik. Dengan menggunakan sensor PZEM004T dan jaringan LoRaWAN pada platform Antares, perangkat dapat melacak energi listrik secara real-time. Hasil persentase error pembacaan sensor PZEM004T terhadap alat ukur daya menunjukkan nilai yang sangat baik, dengan persentase error rata-rata 0,45% untuk parameter tegangan, 0,22% untuk parameter arus, 1,44% untuk faktor daya, dan 0,15% untuk faktor daya. Nilai performa QoS (Quality of Service delay) jaringan memenuhi standarisasi oleh TIPHON. Nilai keterlambatan yang dihasilkan oleh SF7 & SF10 masuk kriteria penundaan yang jelek. Data SF9 & SF12 penundaan yang bagus, dan pada data SF8 & SF11 pada titik ini menunjukkan nilai yang sangat baik. Diperkuat dengan kategori sangat bagus dari data SF8 sampai SF12 dan kategori bagus untuk data SF7 untuk nilai *packet loss*.

Daftar Pustaka

- [1] Yulistia, Eriyana, and Pademi Alamsyah. "Prospek dan Potensi Biogas sebagai Energi Alternatif Menghadapi Krisis Energi." *UNBARA Environmental Engineering Journal (UEEJ)* 3.02 (2023): 21-26.
- [2] Prasetya, Irwan Adhi, et al. "Analisis Penghematan Dalam Penggunaan Energi Listrik Sektor Rumah Tangga Menggunakan Media Motion Graphic Pada Masa Pandemi Covid-19 Di Pontianak." *Journal of Syntax Literate* 7.6 (2022).
- [3] Syukri, Syukri, et al. "Penyuluhan Dan Sosialisasi Pola Hidup Hemat Energi Listrik." *COVIT (Community Service of Health)* 2.2 (2022): 296-301.
- [4] R. Samsinar, R. R. Fitriya Mulyadi, and D. A. Prambudi, "Sistem Monitoring Besaran Listrik dan Energi Penerangan Jalan Umum Secara Realtime Berbasis Web," *Resist. (elektRONika kEndali Telekomun. tenaga List. kOMputeR)*, vol. 1, no. 1, p. 7, 2018, doi: 10.24853/resistor.1.1.7-12.
- [5] Kurniawan, Edi, Dwi Songgo Pangaudi, and Eko Nugroho Widjatomoko. "Perancangan Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Berbasis Android." *CYCLOTRON* 5.1 (2022).

- [6] Ikhfa, Anne Fadia, and Muldi Yuhendri. "Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Internet of Things." *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia* 3.1 (2022): 257-266.
- [7] T. Bini, A. W. Indrawan, and Dasmawati1, "Rancang Bangun Sistem *Monitoring* KWH Meter Berbasis Android," *Prodidig Semin. Has. Penelit.*, vol. 2018, pp. 144–148, 2018.
- [8] Said, Muhammad Rifaldy, and Ardhiyanti Lestar. "Rancang Bangun Alat Monitoring kWh Meter Dengan GPS Berbasis IoT." *LOGITECH* 5.1 (2022): 1-5.
- [9] de FRETES, Richard A., and Billy Jhones Camerling. "Perencanaan Penurunan Tunggalan Pembayaran Rekening Listrik di Pt. PLN (Persero) Kantor Pelayanan (KP) Ondor." *Journal Teknik Mesin, Elektro, Informatika, Kelautan dan Sains* 2.1 (2022): 34-43.
- [10] A. A. Khoirudin and I. U. Nadhori, "KWH Meter Digital Prabayar Untuk Skala Rumah Tangga Dengan Menggunakan Sistem Voucher Sub Judul : Pengamanan sistem M-Voucher," *Politek. Elektron. Negeri Surabaya Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, pp. 1–9, 2016.
- [11] Aminullah, Moh Wahyu, Muhni Pamuji, and Yuslan Basir. "Pengaruh Penggunaan Grounding Pada Kwh Meter Prabayar." *TESLA: Jurnal Teknik Elektro* 24.1 (2022): 1-12.
- [12] Arsyadany G. Akmalaputri, "Bangun Infrastruktur di 242 Lokasi 3T, PLN Listriki 16 Ribu KK di Provinsi Kalbar," Jan. 01, 2021. <https://web.pln.co.id/media/siaran-pers/2021/02/bangun-infrastruktur-di-242-lokasi-3t-pln-listriki-16-ribu-kk-di-provinsi-kalbar> (accessed Sep. 03, 2021).
- [13] M. I. Suga and H. Nurwarsito, "Sistem *Monitoring* KWH Meter berbasis Modul Komunikasi LoRa," vol. 5, no. 4, pp. 1257–1266, 2021.
- [14] Arijuddin, Haidar, Adhitya Bhawiyuga, and Kasyful Amron. "Pengembangan sistem perantara pengiriman data menggunakan modul komunikasi LoRa dan protokol MQTT pada wireless sensor network." *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* 3.2 (2019): 1655-1659.
- [15] Arrahman, Ristiandika. "Automatic Gate Based on Arduino Microcontroller Uno R3." *Jurnal Robotik* 1.2 (2022): 61-66.
- [16] Zanofo, Arief Pratama, et al. "Pintu Gerbang Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino UNO R3." *Jurnal Teknik Dan Sistem Komputer* 1.1 (2020): 22-27.
- [17] Bereziuk, V., et al. "Means for measuring relative humidity of municipal solid wastes based on the microcontroller Arduino UNO R3." *Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2018*. Vol. 10808. SPIE, 2018.
- [18] M. A. Alipudin and et. al, "Rancang bangun alat *monitoring* biaya listrik terpakai berbasis internet of things (IOT)," pp. 1–11, 2019.
- [19] Tobi, Markus Dwiyanto, and Vina N. Van Harling. "Prototype Design of Wireless Electric Energy Transmission System and Distance Electric Recording Record System Using PZEM004T and NRF24L01 Module." *Journal of Physics: Conference Series*. Vol. 1783. No. 1. IOP Publishing, 2021.
- [20] Tobi, Markus Dwiyanto, and V. N. V. Harling. "Wireless electric energy transmission system and its recording system using PZEM004T and NRF24L01 module." *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science* 21.3 (2021): 1372-1380.
- [21] Zain, Ayu Rosyida, et al. "Evaluation of Encryption and Decryption Data Packet Delivery Performance in Smart Home Design using the LoRaWAN Protocol." *2022 5th International Conference of Computer and Informatics Engineering (IC2IE)*. IEEE, 2022.
- [22] Hakiki, M. Irsyad, Ucuk Darusalam, and Novi Dian Nathasia. "Konfigurasi Arduino IDE Untuk Monitoring Pendeteksi Suhu dan Kelembapan Pada Ruang Data Center Menggunakan Sensor DHT11." *Jurnal Media Informatika Budidarma* 4.1 (2020): 150-156.
- [23] Anggriawan, A. Feri, Denny Darlis, and Atik Novianti. "Implementasi Smart Garden Watering pada Taman Asrama Universitas Telkom Berbasis Android Menggunakan Antares Database." *eProceedings of Applied Science* 5.2 (2019).
- [24] S.W. Pamungkas, Kusri, E. Pramono. " Analisis Quality of Service (QoS) Pada Jaringan Hotspot SMA Negeri XYZ". *Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi* Vol 7 No 2. 2018.
- [25] Work, Radio Streaming. "Analisis QOS (Quality Of Service) pengukuran delay, jitter, packet lost dan throughput untuk mendapatkan kualitas kerja radio streaming yang baik." *Jurnal Teknologi Informasi Dan Komunikasi* 7.2 (2018): 98-105.