**Jurnal Fakultas Teknik**
**Universitas Muhamadiyah Parepare**
Vol. xx No. xx, Bulan 20xx

# Sistem Monitoring KWh Meter Pelanggan PLN Menggunakan Teknologi LoRa-IoT

**Fadhil Muhammad Hadis[1*], Abd. Jabbar[2], Muhammad Zainal[3]**

*[1,2,3*]Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Parepare, Indonesia*
**Email : fadhilhadis04@gmail.com*

**Abstract:** *Perusahaan Listrik Negara* (PLN) faces challenges in accurately managing electricity usage among customers, particularly with kWh meters that have been sealed (temporarily disconnected) due to violations or arrears. The potential for electricity theft and the limitations in monitoring remain major obstacles in maintaining accurate energy consumption data. This research aims to design and implement an Internet of Things (IoT)-based monitoring system for sealed kWh meters using LoRa (Long Range) communication technology integrated with a real-time web monitoring interface. The system consists of two main nodes: the Customer Node, which reads electrical parameters using the PZEM-004T sensor and transmits them via LoRa, and the Server Node, which receives the data, displays it on an LCD, and forwards it to the web interface. The test results show that the system is capable of monitoring current and voltage with an average voltage measurement error of 0.42% and a current measurement error of 6.36%. The LoRa communication range reached up to 1,191 meters under line-of-sight conditions. This system has proven effective in remotely monitoring sealed kWh meters, offering a potential solution to electricity theft issues while improving PLN's operational efficiency.

**Keywords**: kWh meter, LoRa, IoT, monitoring, PZEM-004T

## 1. PENDAHULUAN

Listrik merupakan kebutuhan pokok yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan sehari-hari masyarakat. Di Indonesia, penyediaan dan distribusi energi listrik menjadi tanggung jawab PT PLN (Persero) sebagai perusahaan milik negara. Dalam mendukung keandalan penyaluran energi, PLN menggunakan kWh meter untuk mengukur konsumsi listrik pelanggan (Hadi et al., 2022). Satuan kWh menjadi dasar perhitungan tagihan sekaligus sarana pengawasan konsumsi energi secara adil dan akurat. Walaupun sistem kWh meter telah diterapkan, pelanggaran pemakaian listrik oleh sebagian pelanggan masih marak terjadi. Beberapa bentuk pelanggaran antara lain penyambungan langsung tanpa izin, pengubahan pembatas arus (MCB), hingga penyambungan kembali listrik yang telah diputus karena tunggakan. Praktik ini menimbulkan kerugian finansial sekaligus berpotensi mengganggu stabilitas pasokan listrik nasional (Aska et al., 2025).

Berdasarkan data dari PLN ULP Rappang menunjukkan bahwa setiap akhir bulan terdapat sekitar 7 hingga 15 pelanggan yang diputus karena menunggak. Namun, tidak jarang ditemukan kasus pelanggan menyambung kembali aliran listrik meskipun telah disegel. Kondisi ini sulit dideteksi secara cepat, terlebih jika pelanggaran terjadi di

luar jam kerja petugas. Hal tersebut menegaskan perlunya inovasi teknologi monitoring yang dapat bekerja secara otomatis dan real-time. Modul PZEM-004T adalah sebuah modul sensor multifungsi yang berfungsi untuk mengukur daya, tegangan, arus dan energi yang terdapat pada sebuah aliran listrik. Modul ini sudah dilengkapi sensor tegangan dan sensor arus (CT) yang sudah terintegrasi.

Penyegelan kWh meter merupakan salah satu bentuk penertiban bagi pelanggan yang tidak membayar tagihan listrik tepat waktu . Namun, keberadaan oknum pelanggan yang melakukan pencurian listrik meskipun telah disegel menimbulkan permasalahan hukum dan teknis. Sebagai contoh kasus pencurian listrik dapat kita lihat pada putusan Pengadilan Negeri Selawi No: 24/Pid.sus/2015/PN.SLW. dalam kasus atau peristiwa ini terdakwa dalam hal ini menggunakan tenaga listrik yang bukan haknya secara melawan hukum (Alfarabi et al., 2021). Permasalahan tersebut menunjukkan urgensi untuk menghadirkan sistem monitoring yang tidak bergantung pada pengawasan manual. Sistem semacam ini diharapkan mampu mendeteksi adanya penyambungan ilegal secara real-time sehingga PLN dapat segera mengambil langkah penindakan.

Perkembangan teknologi Internet of Things (IoT) menghadirkan peluang besar dalam pengelolaan energi listrik. IoT memungkinkan perangkat saling terhubung dan mengirimkan data secara otomatis melalui jaringan internet (Daniel et al., 2022). Dalam konteks energi, teknologi ini telah digunakan untuck monitoring konsumsi listrik rumah tangga, efisiensi energi, hingga deteksi gangguan pada sistem distribusi. Salah satu teknologi komunikasi data yang mendukung IoT adalah LoRa (Long Range) (Wu et al., 2022). LoRa mampu mengirimkan data dalam jarak jauh tanpa memerlukan internet langsung, sehingga sangat sesuai untuk lingkungan perumahan dimana setiap rumah belum tentu memiliki internet (Ainul et al., 2025). LoRa merupakan Teknologi yang penggunaannya mebutuhkan frekuensi sebagai media pengiriman data. Penggunaan frekuensi LoRa pada setiap Negara berbeda-beda seperti wilayah Amerika Serikat, wilayah Eropa, dan wilayah Asia menggunakan frekuensi berturut-turut 915 MHz, 433/868 MHz, dan 433 MHz (Suga & Nurwarsito, 2021) . Hal ini menjadikan LoRa relevan digunakan untuk sistem monitoring kWh meter tersegel yang tersebar di berbagai lokasi pelanggan PLN.

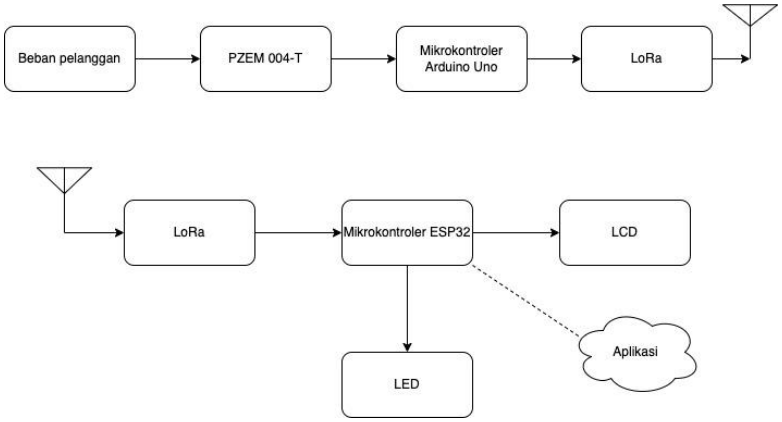
Beberapa penelitian terdahulu telah membuktikan efektivitas IoT dalam monitoring energi. Studi oleh Widodo et al., (2022) mengembangkan alat monitoring daya listrik berbasis IoT dengan Firebase dan aplikasi Android. Penelitian ini berhasil menampilkan parameter tegangan, arus, daya, dan konsumsi energi secara real-time dengan tingkat akurasi tinggi. Hasil pengujian menunjukkan kesalahan pengukuran tegangan hanya 0,35% dan arus 0,45%, sedangkan pengukuran daya rata-rata sekitar 6,6%. Penelitian ini menegaskan bahwa IoT dapat menjadi solusi efektif dalam meningkatkan efisiensi pengelolaan energi. Internet of Things (IoT) merupakan gambaran komunikasi digital yang memungkinkan berbagai perangkat sensor saling berkomunikasi antara satu perangkat dengan yang lain menggunakan media internet dikenal dengan Internet of Things (IoT)(Pratama et al., 2021). Sistem ini memungkinkan otomatisasi perangkat rumah tangga, pemantauan konsumsi listrik, dan konfigurasi jaringan WiFi yang

fleksibel. Hasil pengujian menunjukkan bahwa perangkat mampu mengukur konsumsi listrik lampu sebesar 15,90 watt secara akurat, serta mendukung efisiensi pengelolaan energi rumah tangga.

Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang berfokus pada monitoring konsumsi energi normal, penelitian ini memberikan kebaruan pada aspek deteksi pelanggaran listrik. Sistem monitoring kWh meter tersegel berbasis IoT dengan teknologi LoRa dirancang untuk mendeteksi sambungan ilegal secara otomatis (Sánchez-Sutil et al., 2021). Data arus dan tegangan pelanggan tersegel dapat diakses melalui website secara real-time, sehingga PLN dapat segera mengidentifikasi pelanggaran. Dengan demikian, penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam meningkatkan efektivitas pengawasan, mencegah kerugian energi, dan memperkuat penegakan hukum ketenagalistrikan.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan field research dengan dukungan studi kepustakaan sebagai landasan teoritis. Lokasi penelitian berada di Kabupaten Sidenreng Rappang, Sulawesi Selatan, selama periode dua bulan, yakni Mei hingga Juli 2025. Penelitian dilakukan melalui serangkaian eksperimen lapangan yang memanfaatkan perangkat keras dan perangkat lunak secara terintegrasi. Peralatan yang digunakan meliputi laptop/PC, smartphone, mikrokontroler ESP32, Arduino Uno, modul dan antena LoRa, sensor PZEM-004T, kabel jumper, LED indikator, LCD 16x2, serta platform website sebagai media monitoring. Berikut rancangan penelitian ini:




**Gambar 1.** Diagram Blok Perancangan

Rancangan sistem dibangun dari dua unsur utama, yaitu perangkat keras berupa rangkaian mikrokontroler dan sensor, serta perangkat lunak berupa aplikasi berbasis web untuk menampilkan data secara real-time. Sistem monitoring dirancang dengan dua bagian: pengirim (*transmitter*) dan penerima (*receiver*). Pada bagian pengirim, sensor PZEM-004T digunakan untuk membaca parameter listrik berupa tegangan, arus, daya, dan energi dari beban pelanggan, yang kemudian diproses oleh ESP32 dan dikirim melalui modul LoRa. Pada bagian penerima, data ditangkap oleh modul LoRa,

diproses kembali oleh ESP32, lalu ditampilkan melalui LCD serta indikator LED, sekaligus diteruskan ke aplikasi berbasis web melalui koneksi Wi-Fi untuk pemantauan jarak jauh.

Proses pengumpulan data dilakukan secara bertahap untuk memastikan validitas hasil. Tahap awal berupa kajian literatur terkait teknologi IoT dan komunikasi LoRa guna memperkuat kerangka teoritis. Selanjutnya, dilakukan pengujian sensor PZEM-004T dengan membandingkan hasil pembacaan arus dan tegangan terhadap multimeter standar, sehingga diperoleh ukuran akurasi dan reliabilitas alat. Tahap berikutnya adalah evaluasi jangkauan komunikasi LoRa dengan mengukur kestabilan sinyal dan jarak efektif antara Node Pelanggan (*transmitter*) dan Node Server (*receiver*). Data yang berhasil dikirim kemudian dianalisis melalui website monitoring untuk menilai ketepatan tampilan parameter secara real-time serta kemampuan akses jarak jauh. Dengan metode ini, sistem diuji tidak hanya dari aspek akurasi pengukuran, tetapi juga dari kestabilan komunikasi, efektivitas transmisi data, serta kemampuan mendeteksi adanya aliran listrik pada kWh meter tersegel.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Perancangan Alat

Perancangan alat monitoring kWh meter tersegel berbasis IoT ini mencakup integrasi antara perangkat keras dan perangkat lunak yang bekerja secara terkoordinasi. Sistem terdiri dari dua node utama, yaitu Node Pelanggan dan Node Server, yang saling berkomunikasi melalui modul LoRa.

Pada Node Pelanggan, sensor PZEM-004T digunakan untuk mengukur parameter listrik meliputi tegangan, arus, daya, dan energi. Data hasil pengukuran diproses oleh Arduino Uno kemudian ditransmisikan ke Node Server melalui modul LoRa. Node ini juga dilengkapi dengan LCD 16x2 berbasis I2C untuk menampilkan data secara langsung sehingga pengguna dapat melakukan pemantauan real-time pada sisi pelanggan. Selanjutnya, Node Server berfungsi menerima data dari Node Pelanggan menggunakan LoRa yang kemudian diproses oleh mikrokontroler ESP32. Node ini dilengkapi dengan LCD I2C untuk menampilkan hasil pengukuran secara lokal, serta indikator LED sebagai penanda status operasional sistem. ESP32 juga memiliki peran penting dalam mengirimkan data ke aplikasi monitoring berbasis web melalui koneksi Wi-Fi, sehingga informasi penggunaan energi listrik dapat diakses secara jarak jauh.

Dari sisi perangkat lunak, program pada Node Pelanggan difokuskan untuk membaca, memvalidasi, dan mengirimkan data hasil pengukuran, sedangkan program pada Node Server bertugas menerima data, menampilkannya pada LCD, serta melakukan sinkronisasi ke aplikasi web. Aplikasi web dibangun dengan antarmuka sederhana menggunakan HTML dan dirancang agar mampu menampilkan parameter listrik secara real-time dengan pembaruan otomatis. Dengan rancangan ini, sistem mampu memberikan solusi pemantauan energi listrik yang akurat, real-time, dan dapat diakses

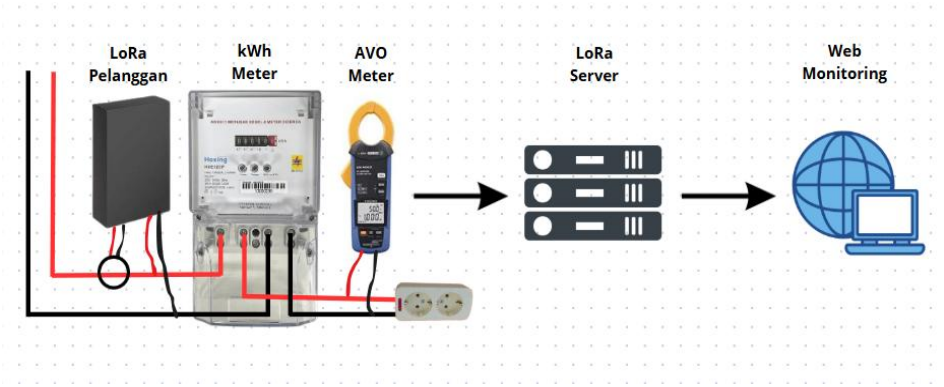
dari jarak jauh, sekaligus menyediakan fungsi kontrol sederhana terhadap perangkat listrik yang terhubung.

### 3.2. Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan untuk memastikan bahwa rancangan sistem monitoring kWh meter tersegel dapat berfungsi sesuai dengan kebutuhan, baik dari sisi perangkat keras, perangkat lunak, maupun integrasi keseluruhan. Proses pengujian dilaksanakan secara bertahap, mulai dari pengujian sensor dan modul komunikasi hingga uji coba lapangan yang dilakukan di PLN ULP Rappang, Jl. Sultan Hasanuddin No. 2, Kabupaten Sidenreng Rappang, Sulawesi Selatan.

#### 3.2.1 Pengujian Sensor Tegangan pada Web Server

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur tegangan yang diambil dari *node* pelanggan dan dapat dilihat juga pada node server dan web, kemudian dibantu dengan alat ukur multimeter. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.




**Gambar 2.** Pengujian Tegangan kWh Meter

Pada Gambar diatas Teknik pengujian tegangan kWh meter, didapatkan hasil yang diukur oleh mutlimeter akan dibandingkan dengan tampilan yang muncul pada aplikasi web. Teknik tersebut juga digunakan untuk kedua node pelanggan, adapun hasil pengukuran dapat dilihat pada table dibawah ini :

**Tabel 1.** Hasil data pengukuran tagangan kWh meter

| Percobaan | Tegangan Input (V) | Web Monitoring (V) | Persentase Error Node Pel 1 (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 213 | 213 | 0 |
| 2 | 216 | 218 | 0,9 |
| 3 | 210 | 211 | 0,4 |
| 4 | 220 | 221 | 0,4 |
| 5 | 218 | 219 | 0,4 |
| Error Minimum | | | 0 |

| | |
|---|---|
| Error Maksimum | 0,9 |
| Rata-Rata Error | 0,42 |

Berdasarkan tabel diatas, perhitungan persentase error dan presentase rata – rata error didapat pada persamaan berikut ini:

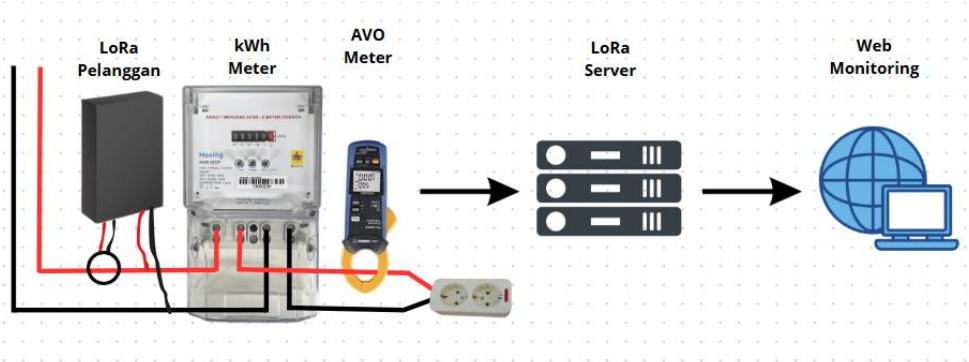
$$Error(\%)=\frac{(V\ Input-Voutput)}{V\ Input}\ x\ 100\%$$

$$Rata-rata\ Error(\%)=\frac{Jumlah\ Nilai\ Error}{Banyaknya\ Error\ yang\ Terjadi}$$

Dari hasil pengujian tegangan input diatas dilakukan 5 percobaan dengan hasil yang didapatkan error minimum yaitu 0%, error maksimum 0,9%, dan rata rata nilai error yaitu sebesar 0,42%. Sehingga dari hasil rata rata tersebut dapat dikatakan sensor tegangan dan tampilan yang muncul pada web server cukup bagus pada penggunaan monitoring kWh meter tersegel tersebut.

### 3.2.2 Pengujian Sensor arus pada web server

Pada pengujian sensor arus ini dengan cara mengukur arus yang mengalir pada beban node pelanggan, kemudian dibantu dengan alat ukur tang amper meter. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.




**Gambar 3.** pengujian arus kWh meter

Pada Gambar diatas Teknik pengujian arus Kwh meter, sama seperti pengukuran tegangan yang didapatkan hasil yang diukur oleh tang amper akan dibandingkan dengan tampilan yang muncul pada aplikasi web. Teknik tersebut digunakan pada node pelanggan, adapun hasil pengukuran dapat dilihat pada table dibawah ini.

**Tabel 2.** Hasil data pengukuran arus kWh meter

| Percobaan | Arus Input (A) | Web Monitoring (A) | Persentase Error Node Pel 1 (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 0,77 | 0,78 | 1,2 |
| 2 | 0,74 | 0,79 | 6,7 |
| 3 | 0,13 | 0,10 | 23 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | 1,31 | 1,31 | 0 |
| 5 | 1,06 | 1,07 | 0,9 |
| Error Minimum | | | 0 |
| Error Maksimum | | | 23 |
| Rata-Rata Error | | | 6,36 |

Berdasarkan tabel diatas, perhitungan persentase error dan presentase rata – rata error didapat pada persamaan berikut ini:

$$Error(\%)=\frac{(Arus\ Input-Arus\ output)}{Arus\ Input}\ x\ 100\%$$

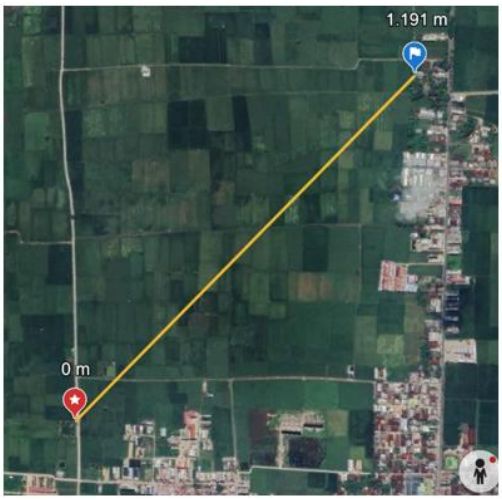
$$Rata-rata\ Error(\%)=\frac{Jumlah\ Nilai\ Error}{Banyaknya\ Error\ yang\ Terjadi}$$

Dari hasil pengujian Arus diatas dilakukan 5 percobaan dengan hasil yang didapatkan error minimum yaitu 0%, error maksimum 23%, dan rata rata nilai error yaitu sebesar 6,36%. Error yang didapatkan relative besar karena arus tang terlalu kecil dan pada tampilan web server itu pembulatan dua angka di belakang koma, sedangkan pada tang amper pembulatan tiga angka dibelakang koma. Sehingga dari hasil rata rata tersebut dapat dikatakan sensor Arus dan tampilan yang muncul pada web server kurang akurat pada penggunaan monitoring kWh meter tersegel. Dari kemampuan mengukur arus, tang amper tersebut lebih layak untuk digunakan guna melakukan penelitian yang lebih lanjut.

### 3.2.3 Pengujian Koneksi Lora

Pada pengujian ini menggunakan 2 LoRa sekaligus, 1 *LoRa Node Server* dan 1 *LoRa Node* Pelanggan, tujuan pengujian ini untuk mengetahui sejauh mana LoRa bisa saling terkoneksi serta berapa lama waktu yang diperlukan. Pengujian ini dilakukan dengan dua metode yaitu non line of sight (Ada hambatan) dan line of sight (Bebas hambatan).

Pengujian pertama dilakukan pada kondisi terbuka tanpa hambatan (*line of sight*), berlokasi di jalan pemotong sawah antara Pasar Rappang dan Kulo. Pada pengujian ini hanya terdapat satu titik uji dengan jarak 1.191 meter di area persawahan Rappang. Karena tidak ada rintangan yang menghalangi transmisi, hasil pengujian menunjukkan tingkat keberhasilan mencapai 100%.




**Gambar 4.** Titik Lokasi pengujian koneksi *LoRa line of sight* (Jalan pemotong sawah Pasar Rappang dan Kulo)

Pengujian ini hanya dilakukan di 1 titik dikarekan sudah tidak ada jaringan listrik di pertengahan sawah. Adapun data yang diambil pada pengujian ini dapat dilihat pada tabel berikut ini:

**Tabel 3.** Hasil pengukuran koneksi lora *line of sight* (tanpa hambatan)

| No | Jarak (m) | Waktu Terkoneksi (detik) | Jangkauan (Y/T) |
|---|---|---|---|
| 1 | 1.191 | 6.21 | Y |




**Gambar 5.** Pengujian koneksi LoRa line of sight pada jarak 1.191 m

Berdasarkan pada Tabel 4 serta Gambar 8 dapat dilihat ternyata tidak hanya jarak dan waktu yang mempengaruhi koneksinya antara dua *Node*, tetapi penghalang atau

hambatan rambatan sinyal juga mempengaruhi. Dikarenakan pada area bebas hambatan *Node Server* dan *Node* Pelanggan dapat terkoneksi lebih dari satu kilometer, serta kinerja pengiriman perintah dan informasi tetap berjalan dengan sangat baik.

### 3.2.4 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pada pengujian keseluruhan sistem monitoring listrik pelanggan pada KwH meter tersegel berbasis *LoRa* dengan aplikasi web, bertujuan untuk membuktikan secara nyata bahwa alat yang dirancang mampu memonitor kWh meter pelanggan secara jarak jauh. Dengan lokasi pengujian web server berada pada kantor PLN ULP Rappang Jl. Sultan Hasanuddin No.2, Rappang, Sulawesi Selatan, Kabupaten Sidenreng Rappang, Sulawesi Selatan, sebagai pemantauan pelanggan dengan kWh meter tersegel.

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan di tiga jalan sekitar PLN ULP Rappang dengan total 15 titik pengujian pada jarak 0–301 meter. Lingkungan pengujian dipenuhi berbagai hambatan seperti bangunan, tower, tiang listrik, pepohonan, serta gangguan sinyal. Kondisi ini memberikan gambaran nyata mengenai kinerja sistem dalam situasi kompleks dengan banyak rintangan di area operasional PLN.




**Gambar 6.** Titik lokasi pengujian sistem keseluruhan di 3 jalan sekitar PLN ULP Rappang

**Tabel 4.** Hasil data pengujian sistem keseluruhan Kedua

| Percobaan | Jarak (meter) | Beban pelanggan (A) | Waktu penerimaan data sisi PLN (detik) | Jangkauan (Y/T) |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 95 | 1,51 | 2,47 | Y |
| 2 | 100 | 2,11 | 2,34 | Y |
| 3 | 105 | 0,54 | 2,55 | Y |
| 4 | 111 | 0,88 | 3,01 | Y |

| Percobaan | Jarak (meter) | Beban pelanggan (A) | Waktu penerimaan data sisi PLN (detik) | Jangkauan (Y/T) |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 118 | 1,20 | 3,51 | Y |
| 6 | 52 | 2,22 | 2,22 | Y |
| 7 | 54 | 3,10 | 2,31 | Y |
| 8 | 59 | 2,13 | 2,00 | Y |
| 9 | 64 | 2,56 | 2,43 | Y |
| 10 | 71 | 1,26 | 2,67 | Y |
| 11 | 157 | 1,42 | 4,19 | Y |
| 12 | 164 | 1,84 | 4,21 | Y |
| 13 | 175 | 1,52 | 4,86 | Y |
| 14 | 183 | Tidak Respon | Tidak Respon | T |
| 15 | 201 | Tidak Respon | Tidak Respon | T |




**Gambar 7.** Tampilan pada Web Server Monitoring




**Gambar 8.** Grafik pengujian jarak dan waktu tempuh LoRa ke Server

Dapat dilihat pada tabel diatas merupakan hasil dari pengujian yang diperoleh pada web monitoring serta hasil jangkauan jarak yang dapat ditempuh komunikasi lora bahwasanya semakin jauh jarak antara perangkat dan server atau router, semakin lambat jaringan terasa karena sinyal harus menempuh jarak lebih jauh dan mengalami lebih banyak pelemahan atau gangguan, yang menyebabkan peningkatan waktu tunda atau latensi. Salah satu faktor dari waktu tempuh yang berbeda dikarenakan terdapat hambatan hambatan seperti pohon, tower komunikasi, Sinyal, dan rumah yang tidak memungkinkan modul komunikasi lora untuk line of sight, adapun faktor lainnya yaitu kualitas jaringan pada saat penggunaan web tersebut kurang baik sehingga terjadi delay beberapa detik hingga muncul pada web server.

## 4. KESIMPULAN

Berdasarkan alat sistem *monitoring* kWh meter tersegel pada pelanggan PLN menggunakan *LoRa* dengan aplikasi *web* berbasis IoT yang telah dirancang dapat diambil kesimpulan bahwasanya, alat tersebut dapat memonitoring dengan cepat dalam jarak cukup jauh, mulai dari jarak $\pm$ 50 m hingga $\pm$ 200 m pada kondisi *non line of sight* atau dalam perumahan yang padat penduduk , pada kondisi *line of sight* atau dalam kondisi ruang terbuka dengan minim penghalang mampu memonitoring dengan jarak $\pm$ 500 m hingga $\pm$ 1,1 Km. Sedangkan dalam percobaan pengukuran jarak, terlihat bahwa waktu koneksi cenderung meningkat seiring bertambahnya jarak dari 20 meter hingga 180 meter. Semakin besar jaraknya, maka semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk membangun koneksi. Hal ini disebabkan oleh beberapa faktor, seperti redaman terestrial dan redaman ruang bebas (Free Space Path Loss). Hasil pengujian dari sistem yang telah dibuat ini dapat mendapatkan hasil yang baik, karena dapat dilhat hasil pengukuran dari alat tang amper tidak terpaut jauh dari tampilan pada web server. Jadi alat yang telah di buat tersebut mampu memonitoring pemakaian pada kWh meter tersegel pelanggan dan mampu mencatat pemakaian apabila terjadi pencurian listrik.

Diharapkan penelitian selanjutnya dapat mengoptimalkan penggunaan modul LoRa dan antena, memasang node server pada posisi yang lebih tinggi untuk meminimalkan hambatan, serta memperbaiki tampilan dan keamanan web server dengan menambahkan fitur login.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Muhammadiyah Parepare, khususnya Program Studi Teknik Elektro, serta seluruh rekan akademik yang telah memberikan masukan dan dukungan dalam penyelesaian artikel ini

## REFERENSI

Ainul, S. T. H., Wardani, A. L., Aribowo, W., & Laksmi, N. V. (2025). *Sistem Monitoring Daya Listrik untuk Konsumen di Lingkungan Perumahan Menggunakan LoRa SX1278 dan Internet of Things Berbasis Node Red . Sistem Monitoring Daya Listrik untuk Konsumen di Lingkungan Perumahan Menggunakan LoRa SX1278 dan Internet of Things B*. 275–282.

Alfarabi, N. A., Thalib, H., & Hambali1, A. R. (2021). Aspek Kriminologis Terhadap Kejahatan Pencurian Listrik Di Wilayah Kota Makassar. *Journal of Lex Generalis (JLS)*, *2*(6), 1703–1715.

Aska, A., Suppa, R., & Muhallim, M. (2025). RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK BERBASIS IoT. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, *13*(2). https://doi.org/10.23960/jitet.v13i2.6160

Daniel, C., Wasito, B., & Hartono. (2022). SISTEM MONITORING DAN PENGHITUNG KWH METER TENANT BERBASIS MIKROKONTROLER MENGGUNAKAN MODUL KOMUNIKASI LORA DI BANDAR UDARA. *Prosiding SNITP (Seminar Nasional Inovasi Teknologi Penerbangan)*, *6*(1), 1–10. https://doi.org/https://doi.org/10.46491/snitp.v6i1.1387

Hadi, S., Anas, A. S., & Putra, L. G. R. (2022). Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Internet of Things. *Circuit: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, *6*(1), 54. https://doi.org/10.22373/crc.v6i1.10862

Pratama, A., Amrita, A. A. N., & Khrisne, D. C. (2021). Rancang Bangun Sistem Monitoring Listrik Tiga Fasa Berbasis Wireless Sensor Network Menggunakan LoRa Ra-02 SX1278. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, *20*(2), 351. https://doi.org/10.24843/mite.2021.v20i02.p20

Sánchez-Sutil, F., Cano-Ortega, A., & Hernández, J. C. (2021). Design and Implementation of a Smart Energy Meter Using a LoRa Network in Real Time. *Electronics*, *10*(24), 3152. https://doi.org/10.3390/electronics10243152

Suga, M. I., & Nurwarsito, H. (2021). Sistem Monitoring KWH Meter berbasis Modul Komunikasi LoRa. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, *5*(4), 1257–1266.

Widodo, A., Jokanan, J. W., Kholis, N., & Rakhmawati, L. (2022). Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase dan Aplikasi. *JURNAL TEKNIK ELEKTRO*, *11*(1), 47–55. https://doi.org/10.26740/jte.v11n1.p47-55

Wu, Z., Zhu, M., Li, Q., Xue, L., Yang, J., Chen, Z., Cao, Y., & Cui, Y. (2022). Design of power monitoring system for new energy grid-connected operation based on LoRa and 4G technology. *Energy Reports*, *8*(12), 95–105. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.10.038