

Tera Ulang KWh Meter Tua Menggunakan Alat Tera Portabel Berbasis Sensor PZEM-004T (Studi Kasus di PT. PLN (Persero) ULP Klakah)

Muhammad Ali Ridho^{1*}, Muhammad A'an Auliq¹, Fitriana¹, Iswahyudi¹, Sutikno¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Jember
Jl. Karimata No. 49, Jember, Jawa Timur
E-mail: aliridho.ar5@gmail.com

Naskah Masuk: 20 Juli 2024; Diterima: 27 Maret 2025; Terbit: 31 Maret 2025

ABSTRAK

Abstrak - Dalam menyalurkan energi listrik ke konsumen diperlukan alat ukur dengan akurasi yang baik sehingga perhitungan pemakaian konsumen dapat terukur dengan sebenar-benarnya. Saat ini, masih banyak kWh meter yang digunakan PLN yang sudah bisa dikatakan tua karena masih banyak kWh meter dengan usia pemakaian diatas 15 tahun, tentunya ini perlu dievaluasi oleh PLN dengan melakukan proses TERA ulang demi memastikan kWh meter tua ini masih memiliki akurasi pengukuran yang baik. Untuk mempermudah proses TERA ulang kWh meter tua yang ada di konsumen diperlukan alat bantu TERA yang simple dan portabel sehingga dapat mempercepat proses TERA ulang dan hasil dari TERA ulang ini dapat menjadi usulan penggantian kWh meter. Penggunaan alat tera portabel berbasis sensor PZEM-004T dalam proses tera ulang diharapkan dapat memberikan solusi yang efektif dan efisien dalam meningkatkan keandalan pengukuran kWh meter. Selain itu, dengan data akurat yang diperoleh dari alat ini, PT. PLN (Persero) ULP Klakah dapat mengambil langkah-langkah yang diperlukan untuk mengganti atau memperbaiki kWh meter yang tidak lagi akurat, sehingga menjaga kepuasan pelanggan dan mendukung operasi yang efisien. Dari 10 sampel uji yang dilakukan pengujian diperoleh hasil 20% kondisi normal dan 80% pengukuran tidak normal atau memiliki akurasi pengukuran yang kurang baik.

Kata kunci: Akurasi, KWh Meter, Sensor PZEM-004T, Tera Ulang

ABSTRACT

Abstract - In distributing electrical energy to consumers, a measuring device with good accuracy is required so that consumer usage can be accurately measured. Currently, many of the kWh meters used by PLN can be considered old, as there are many kWh meters with over 15 years of usage. This necessitates evaluation by PLN through a recalibration process to ensure that these old kWh meters still maintain good measurement accuracy. To facilitate the recalibration process for old kWh meters at consumer sites, a simple and portable calibration tool is needed to expedite the process. The results of this recalibration can then be used as a basis for recommending the replacement of kWh meters. The use of a portable calibration device based on the PZEM-004T sensor in the recalibration process is expected to provide an effective and efficient solution for improving the reliability of kWh meter measurements. Additionally, with accurate data obtained from this tool, PT. PLN (Persero) ULP Klakah can take the necessary steps to replace or repair kWh meters that are no longer accurate, thereby maintaining customer satisfaction and supporting efficient operations. From the 10 test samples conducted, the results showed that 20% were in normal condition and 80% had abnormal measurements or poor measurement accuracy.

Keywords: Accuracy, KWh Meter, PZEM-004T Sensor, Recalibration

Copyright © 2025 Jurnal Teknik Elektro dan Komputasi (ELKOM)

1. PENDAHULUAN

Dalam proses pendistribusian energi listrik dari sumber PLN hingga konsumen tidak semua energi listrik yang tersalurkan terukur atau ada energi yang hilang selama proses pendistribusiannya. Energi listrik yang hilang ini di sebut rugi-rugi/losses/susut [1][2]. Salah satu penyebabnya yaitu susut non-teknis yaitu susut yang timbul karena terganggunya perhitungan pemakaian energi listrik yang diakibatkan oleh beberapa faktor seperti pemakaian listrik illegal/pencurian listrik, kWh meter *error*/rusak/macet dan bisa juga karena kWh meter tua yang sudah memiliki akurasi pengukuran yang kurang baik [3][4]. Dalam

menyalurkan energi listrik ke konsumen diperlukan alat ukur dengan akurasi yang baik sehingga perhitungan pemakaian konsumen dapat terukur dengan sebenar-benarnya. Saat ini, masih banyak kWh meter yang digunakan PLN terutama di PLN Unit layanan pelanggan (ULP) Klakah dengan usia pemakaian diatas 15 tahun. Tentunya ini perlu dievaluasi oleh PLN dengan melakukan proses tera ulang demi memastikan kWh meter tua ini masih memiliki akurasi pengukuran yang baik. Untuk mempermudah proses tera ulang kWh meter tua yang ada di konsumen diperlukan alat bantu tera yang simple dan portabel sehingga dapat mempercepat proses tera ulang dan hasil dari tera ulang ini dapat menjadi usulan penggantian kWh meter, oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan tera ulang kWh meter tua di wilayah PT. PLN (Persero) ULP Klakah menggunakan alat tera portabel berbasis sensor PZEM-004T.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kinerja kWh meter dengan melakukan tera ulang menggunakan alat tera portable berbasis sensor PZEM-004T serta mengetahui kondisi akurasi dari kWh meter analog yang berada di PLN ULP Klakah. Selain untuk mengetahui akurasi pada kWh meter tua yang ada di ULP Klakah tentunya dalam penelitian ini dijelaskan tentang system kerja sensor PZEM-004T, cara melakukan tera ulang serta cara menghitung error pengukuran pada kWh meter analog.

2. KAJIAN PUSTAKA

2.1. kWh meter

kWh meter atau meter listrik merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui konsumsi listrik di suatu bangunan rumah tangga atau komersial [5]. Alat ukur kWh meter menggunakan satuan ukur kilowatt-jam, yang kemudian digunakan untuk penentuan tagihan listrik. Akurasi dan keandalan alat ukur menjadi factor penting untuk memberikan distribusi listrik yang sesuai ke pelanggan. Sehingga pelanggan mendapatkan layanan listrik sesuai dan bagi PLN tidak mengalami kerugian akibat alat ukur yang memiliki akurasi kurang sempurna. Jenis kWh meter ada 2, yaitu kWh meter Analog dan kWh meter digital. kWh meter analog, sering disebut sebagai meter listrik mekanik atau elektromekanikal, adalah alat pengukur konsumsi energi listrik yang bekerja berdasarkan prinsip elektromekanikal sedangkan kWh meter digital merupakan jenis alat pengukuran yang memiliki fungsi mengukur jumlah pemakaian energi atau Jumlah pemakaian daya dalam satuan waktu dan bekerja berdasarkan program yang dirancang pada mikroprosesor yang terdapat di dalam piranti kWh meter digital. Berbeda dengan kWh meter analog yang menggunakan piringan aluminium untuk menghitung putaran dan hanya bisa membaca daya aktif, namun dengan kWh meter digital dapat membaca daya aktif dan reaktif dengan baik [6].

2.2. Sensor PZEM-004T

Sensor PZEM-004T adalah sensor yang berfungsi sebagai alat ukur juga karena sensor ini bisa menampilkan nilai tegangan, arus, daya, energi dan juga frekuensi listrik. Sensor PZEM-004T menggunakan *current transformer* untuk mengukur arus dalam rangkaian keunggulan dari Current Transformator dimana memudahkan pengguna untuk bisa langsung memasang dikabel jaringan tanpa perlu mengupas kabel tersebut. Sensor ini juga menggunakan komunikasi serial data antara sensor dan mikrokontroler, komunikasi ini menggunakan 2 pin yaitu pin RX (*Receive*) untuk menerima data dan pin TX (*Transfer*) untuk mengirim data [7].

2.3. Tera Ulang

Secara istilah umum tera adalah tanda uji pada alat ukur, sedangkan tera ulang merupakan pengujian kembali secara berkala pada alat UTTP (Ukuran, Takaran, Timbangan, dan Perlengkapannya) dan ukuran yang dipakai didalam perdagangan, yang bertujuan untuk memastikan akurasi setiap alat ukur, takar, dan timbang, manfaat tera ulang juga sebagai sarana untuk mengetahui apakah suatu alat takar, takar, dan timbang perlu dilakukan kalibrasi atau tidak. Cara melakukan tera ulang yaitu dengan cara membandingkan hasil pengukuran daya pada kWh meter dengan alat ukur pembanding, sehingga nanti akan diketahui nilai pengukuran pada kWh meter tersebut [8].

2.4. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266

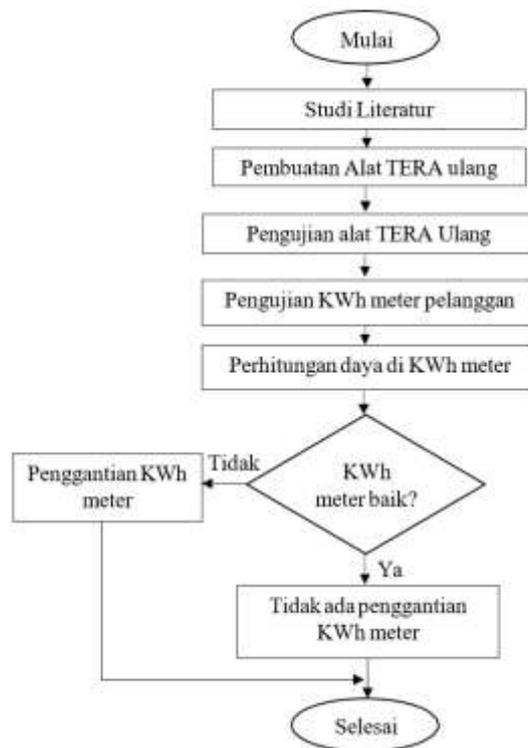
Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer fungsional dalam *chip* [9]. Di dalamnya terkandung sebuah inti prosesor, memori (sejumlah kecil RAM, memori program, atau keduanya), dan perlengkapan input-output. Mikrokontroler adalah salah satu dari bagian dasar suatu *computer system* [10]. Mikrokontroler merupakan komputer di dalam chip yang digunakan untuk mengontrol peralatan elektronik, yang menekankan efisiensi dan efektifitas biaya. Secara harfiahnya bisa disebut "pengendali kecil". Salah satu jenis dari mikrokontroler yaitu mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Mikrokontroler NodeMCU ESP8266 adalah sebuah board elektronik yang menggunakan chip ESP8266. ESP8266 adalah chip yang dikembangkan oleh *Espressif Systems*. NodeMCU menggunakan chip ini sebagai inti mikrokontrolernya. Board ini berfungsi sebagai mikrokontroler pada umumnya, tetapi juga memiliki kemampuan koneksi internet melalui WiFi. Dengan adanya fitur WiFi ini, NodeMCU ESP8266 dapat digunakan dalam proyek *Internet of Things* (IoT) untuk

menghubungkan perangkat ke internet dan jaringan nirkabel. NodeMCU ESP8266 dilengkapi dengan GPIO, ADC, dan sensor hub yang memungkinkan untuk menghubungkan sensor dan aktuator.

3. METODE PENELITIAN

3.1. Tahapan Penelitian

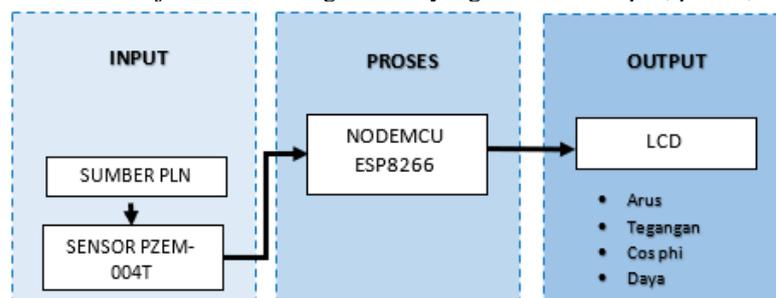
Penelitian ini memiliki beberapa tahapan yang dapat dilihat pada gambar 1. Tahapan awal dimulai dari studi literatur dari penggunaan kWh meter yang sudah lama memberikan efek kurangnya akurasi keterbacaan terhadap beberapa variable seperti tegangan, arus, dan factor daya. Akurasi yang dimiliki kWh meter yang tidak tepat akan berdampak pada konsumen dan PLN. Bagi konsumen tidak mendapatkan konsumsi daya sesuai permintaan dan bagi PLN mengalami kerugian akibat ada daya listrik yang terbuang. Tahapan selanjutnya melakukan kalibrasi alat tera ulang dengan alat ukur untuk mengetahui tingkat akurasi ala tera ulang portable. Melakukan tahapan pengambilan data di kWh meter pelanggan pasca bayar. Tahapan dilanjutkan dengan menghitung daya kWh meter di pelanggan dengan membandingkan hasil alat tera ulang. Data hasil di pelanggan dilakukan analisis untuk memberikan rekomendasi penggantian kWh meter.



Gambar 1. Tahapan penelitian

3.2. Blok Diagram Alat TERA Ulang Portabel

Gambar 2 berikut menunjukkan blok diagram alat yang terdiri atas *input*, *proses*, dan *output*.

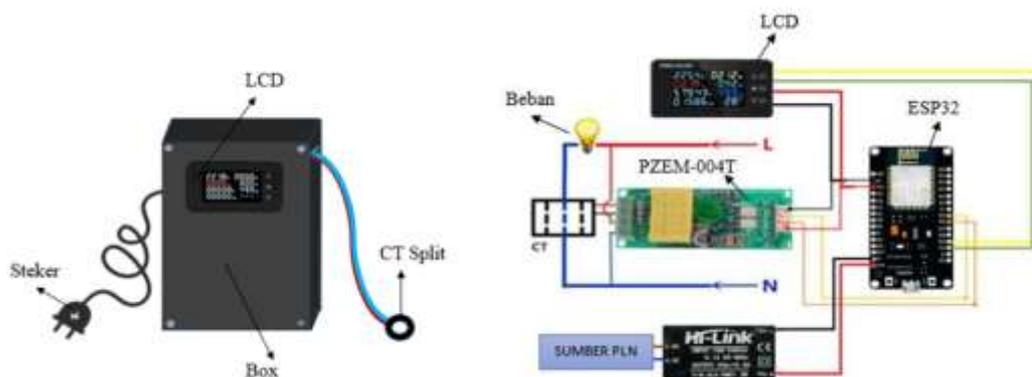


Gambar 2. Blok diagram alat tera portabel

- a) *Input*: Sensor PZEM-004T
Sensor PZEM-004T digunakan untuk mengukur berbagai parameter listrik, termasuk tegangan, arus, daya, dan energi yang dikonsumsi. Sensor ini bertindak sebagai input utama untuk sistem monitoring, memberikan data real-time mengenai kondisi listrik yang terukur.
- b) *Proses*: Node MCU ESP8266
Node MCU ESP8266 adalah mikrokontroler yang dilengkapi dengan modul WiFi, digunakan untuk mengolah data yang diterima dari sensor PZEM-004T. Mikrokontroler ini memproses data mentah dari sensor, melakukan kalkulasi yang diperlukan, dan menyiapkan data untuk ditampilkan pada output.
- c) *Output*: LCD Display
LCD Display digunakan untuk menampilkan data yang sudah diproses oleh Node MCU ESP8266. Data yang ditampilkan mencakup parameter-parameter listrik yang diukur oleh sensor PZEM-004T, seperti tegangan, arus, power factor, daya, frekuensi dan total energi yang dikonsumsi.

3.3. Desain Skematik Rangkaian Alat

Desain alat tera portabel yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Desain dan skematik rangkaian alat tera portabel

Alat tera portabel memiliki berbagai komponen pendukung seperti yang diperlihatkan pada gambar 3. Terdapat node mcu esp8266 sebagai mikrokontroler untuk mengelola data dari sensor PZEM004-T yang mengambil data tegangan dan arus. Terdapat bagian power supply untuk memberikan sumber daya ke perangkat dengan mengubah tegangan 220V menjadi 5 V DC untuk diberikan ke mikrokontroler. Hasil pembacaan akan dikirimkan melalui layar *display* di KWS AC 201 yang menampilkan tegangan arus dan faktor daya.

3.4. Sistem kerja dan Tahapan Pengambilan Data Menggunakan Alat TERA Ulang Portabel

Flowchart sistem kerja alat pada Gambar 4 menjelaskan cara kerja dari alat tera ulang diawali dengan inialisasi yang kemudian sensor PZEM-004T melakukan pembacaan arus, tegangan, dan faktor daya. Data hasil pembacaan sensor selanjutnya diolah di NODEmcu ESP8266 lalu selanjutnya data ditampilkan pada LCD display Sensor PZEM004-T. Alat tera ulang portable memiliki beberapa tahapan untuk saat akan melakukan pengukuran. Berikut tahapan pengambilan data dari alat tera ulang

- a) Sensor PZEM004-T sebagai sensor tegangan dan arus diberikan tegangan 5v dari power supply untuk mengaktifkan sensor. Bagian sensor CT akan dihubungkan ke jalur kWh meter untuk mengambil data arus di kWh meter
- b) Data yang diambil oleh sensor PZEM 004-T akan diproses dari data tegangan dan arus yang akan dihitung untuk mengetahui factor daya yang tercatat
- c) Hasil perhitungan data dari sensor akan ditampilkan di LCD *display* yang menampilkan arus masuk, tegangan, beserta faktor daya.



Gambar 2. Flowchart sistem kerja alat

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Kalibrasi Alat Tera Portabel

Sebelum alat tera digunakan pastikan terlebih dahulu alat sudah terkalibrasi, ini penting dilakukan supaya alat ukur yang kita gunakan memiliki akurasi yang standart. Sebagai pembanding digunakan Tang Amper milik PLN ULP Klakah yang sudah terkalibrasi oleh PLN PUSERTIF yaitu lembaga pusat sertifikasi PT, PLN (Persero) dengan nomor sertifikasi 2309 pertanggal 08 Maret 2024.



Gambar 5. Daya yang terukur di alat tera portabel dan di amper pembanding

Tabel 1. Hasil kalibrasi alat

| Pegujian ke- | Beban uji (W) | Hasil Ukur Daya (W) | | Selisih (W) | Error (%) |
|---------------------|---------------|----------------------|--------------------|-------------|-----------|
| | | Alat ukur Pembanding | Alat TERA Portabel | | |
| 1 | 18 | 18 | 17,7 | 0,3 | 1,67 |
| 2 | 60 | 60 | 59,6 | 0,4 | 0,67 |
| 3 | 75 | 75 | 75,1 | 0,1 | 0,13 |
| 4 | 83 | 83 | 83 | 0 | 0 |
| 5 | 95 | 95 | 95,3 | 0,3 | 0,32 |
| Rata-Rata Error (%) | | | | | 0,56 |

Dari hasil perhitungan diatas rata-rata nilai error pengukuran alat tera ulang yang digunakan yaitu 0,56%, sehingga bisa kita sebut alat tera ulang ini memiliki nilai akurasi yang cukup baik dengan nilai toleransi pengukuran di bawah 5%.

4.2. Proses TERA ulang

- a) Peralatan yang diperlukan untuk melakan tera ulang
 1. Alat tera portabel berbasis sensor PZEM-004T
 2. Stopwatch
 3. Kalkulator
 4. Alat tulis
 5. Stop kontak
- b) Cara menghitung daya yang terukur pada kWh meter mekanik
Rumus perhitungan daya pada kwh meter mekanik sebagai berikut:

$$P = \frac{n \times 3600}{t \times c} \quad (1)$$

Keterangan:

- P_1 : Daya terukur (Watt)
 n : Banyak putaran
 t : Waktu yang diperlukan kWh yang ditera untuk n putaran (sekon)
 C : Konstanta meter (putaran/kWh)

- c) Cara menghitung *error* kWh meter
 Nilai *error* pengukuran kWh meter yaitu nilai perbandingan antara nilai yang terukur di kwh meter dengan nilai yang terukur di alat tera portabel berbasis sensor PZEM-004T.
 Rumus Error pengukuran kWh meter pada mekanik sebagai berikut:

$$E = \left(\frac{P_1}{P_2} - 1 \right) \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan

- E = Nilai error pengukuran (%)
 P_1 = Daya yang terukur di alat tera portabel (watt)
 P_2 = Daya yang terukur di alat pembanding (watt)

- d) Hasil tera ulang kWh meter konsumen
 Berikut merupakan tabel hasil tera ulang berdasarkan perhitungan dan pengukuran yang telah dilakukan:

Tabel 2. Hasil tera ulang kWh meter pelanggan

| No Urut Pelanggan | Daya | | Selisih (W) | Error (%) | Keterangan |
|----------------------|-----------|-----------|-------------|-----------|----------------------------|
| | P_1 (W) | P_2 (W) | | | |
| 1 | 152,32 | 159,00 | 6,68 | 4,20 | Perlu diajukan ganti meter |
| 2 | 349,34 | 339,90 | 9,44 | 2,78 | Perlu diajukan ganti meter |
| 3 | 228,05 | 222,00 | 6,05 | 2,73 | Perlu diajukan ganti meter |
| 4 | 136,61 | 137,20 | 0,59 | 0,43 | Normal |
| 5 | 211,98 | 186,80 | 25,18 | 13,48 | Perlu diajukan ganti meter |
| 6 | 115,50 | 116,90 | 1,4 | 1,20 | Normal |
| 7 | 268,73 | 276,80 | 8,07 | 2,92 | Perlu diajukan ganti meter |
| 8 | 230,55 | 244,30 | 13,75 | 5,63 | Perlu diajukan ganti meter |
| 9 | 166,53 | 159,00 | 7,53 | 4,74 | Perlu diajukan ganti meter |
| 10 | 420,39 | 399,9 | 20,49 | 5,12 | Perlu diajukan ganti meter |

Contoh perhitungan error pengukuran kWh meter pada pelanggan 1:

Spesifikasi kWh meter

- Merk : METBELOSA
 Th. Buat : 1985
 Konstanta : 900 putaran/kwh
 Kelas meter : 2
 Tegangan : 230 V
 Arus : 5 (20) A

Tabel 3. Hasil perhitungan putaran piringan kWh meter menggunakan stopwatch

| Putaran (N) | Waktu (Sekon) |
|-------------|---------------|
| 1 | 26 |
| 2 | 52,52 |
| 3 | 78,61 |

Sehingga dapat kita ketahui daya yang terukur di kWh meter (P_1) sebagai berikut:

Daya terukur (P_1)

$$P_1 = \frac{n \times 3600}{t \times c}$$

$$P_1 = \frac{2 \times 3600}{52,52 \times 900}$$

$$P_1 = 152,32 \text{ watt}$$

Sedangkan daya yang terbaca di alat TERA portabel dapat dilihat pada gambar 6:



Gambar 6. Hasil pembacaan pengukuran kWh meter dengan alat tera portabel

Keterangan gambar

Arus (I) = 0,862 A

Tegangan (V) = 199,1 V

Cos Phi = 0,9

Daya (P) = 159,00 Watt

Sehingga nilai error pengukuran kWh meter tersebut adalah:

$$Error = \left| \frac{P_1}{P_2} - 1 \right| \times 100\%$$

$$Error = \left| \frac{152,32}{159,00} - 1 \right| \times 100\%$$

$$Error = 4,20\%$$

Dari tabel 2 diketahui bahwa kWh meter yang dilakukan pengujian kelasnya adalah 2, artinya kWh meter dapat dikatakan masih memiliki akurasi pengukuran yang baik jika memiliki nilai error tidak kurang atau melebihi ± 2 persen. kWh meter yang digunakan oleh konsumen PLN tidak boleh memiliki nilai error yang terlalu jauh dari batas kelasnya karena jika nilai error terlalu jauh dari batas kelasnya maka pengukuran pada kWh meter kurang akurat sehingga akan menimbulkan kerugian bagi PLN atau bagi konsumen itu sendiri, kWh meter dikatakan menimbulkan kerugian bagi PLN jika nilai error meter bernilai minus (negatif) dan dikatakan menimbulkan kerugian bagi konsumen jika nilai error meter bernilai plus (positif). Dari hasil pengujian akurasi pengukuran kWh meter konsumen didapatkan hasil sebagai berikut:

- a. Dua pelanggan normal yaitu pelanggan 4 (error: 0,43 %) dan pelanggan 6 (error: 1,2 %)

- b. Lima pelanggan tidak normal dengan nilai error diatas ± 2 persen yaitu pelanggan 1 (error: 4,20 %), pelanggan 2 (error: 2,77 %), pelanggan 3 (error: 2,72 %), pelanggan 7 (error: 2,91 %), dan pelanggan 9 (error: 4,73 %)
- c. Tiga pelanggan tidak normal dengan nilai error diatas ± 5 persen yaitu pelanggan 5 (error: 13,48%), pelanggan 8 (error: 5,63 %), dan pelanggan 10 (error: 5,36 %)

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dan pembahasan yang dilakukan sebelumnya dapat disimpulkan:

- a) Dari 10 sampel uji yang dilakukan diperoleh hasil 20% kondisi normal dan 80% pengukuran tidak normal atau memiliki akurasi pengukuran yang kurang baik.
- b) KWh meter paskabayar dengan usia pakai diatas 15 tahun yang ada di PLN Unit Layanan Pelanggan (ULP) Klakah sudah seharusnya dilakukan penggantian meter untuk meningkatkan tingkat kepercayaan konsumen terhadap akurasi alat ukur milik PT. PLN (Persero) sehingga tidak ada yang dirugikan baik bagi PLN maupun bagi konsumen. Dan dengan menjaga akurasi pengukuran kWh meter PLN dapat mengurangi rugi-rugi atau susut non-teknis yang hilang akibat pengukuran tidak sesuai.

REFERENSI

- [1] T. Wahyudi Listin, S. Thaha, K. A. Naim, T. Elektro, and P. Negeri Ujung Pandang, "Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro dan Informatika (SNTEI) 2021 Makassar," 2021.
- [2] R. F. Ariyanti, "Identifikasi Penyebab Susut Energi Listrik PT PLN (Persero) Area Semarang Menggunakan Metode Failure Mode & Effect Analysis (FMEA)," *Ind. Eng. Online J.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–8, 2019.
- [3] D. Rochmawati, D. Aisha, E. F. Aji, J. A. Prasetya, and Sujito, "Analisis Rugi-Rugi Pada Pengukuran Energi Listrik Di Industri 164 KV," *J. Inform. dan Tek. Elektro Terap.*, vol. 12, no. 1, pp. 441–448, 2024.
- [4] S. Sugianto and P. Untara, "Studi Susut Energi Pada Sistem Distribusi Tenaga Listrik Melalui Analisis Pengukuran Dan Perhitungan," *Sinusoida*, vol. 21, no. 2, pp. 39–56, 2019.
- [5] Husnawati, P. Rossi, and Sutarno, "Pengukuran Konsumsi Energi Listrik pada Sistem KWH-Meter Digital Satu Fasa dengan Metode Pengukuran Arus," in *Annual Research Seminar (ARS) 2015*, 2015, pp. 85–86.
- [6] E. Ie, A. P. Launuru, and J. Tupalessy, "Analisis Akurasi Kwh Meter Analog Pasca Bayar Dan Kwh Meter Digital Prabayar," in *Seminar Nasional Terapan Riset Inovatif (SENTRINOV) Ke-8 ISAS Publishing Series: Engineering and Science*, 2022, pp. 198–205, 2022.
- [7] R. R. Ibrahim and B. Yulianti, "Rancang Bangun Monitoring Pemakaian Arus Listrik PLN Berbasis IoT," *J. Teknol. Ind.*, vol. 11, no. 1, pp. 43–51, 2022.
- [8] S. Darma, Yusmartono, and Akhiruddin, "Studi sistem peneraan kwh meter," *J. Electr. Technol.*, vol. 4, no. 3, pp. 158–165, 2019.
- [9] V. D. Manengal, A. S. M. Lumenta, and A. M. Rumagit, "Perancangan Sistem Monitoring Mengajar Berbasis Mikrokontroler Atmega 8535," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–7, 2014.
- [10] A. Oke Hermanto, T. U. Kalsum, and Hermansyah, "Pembuatan Alat Pendeteksi Arah Mata Angin Menggunakan Sensor Rotari Berbasis Mikrokontroler Atmega 16," *J. Infotama*, vol. 10, no. 1, pp. 42–49, 2020.