

Sistem Pemantauan Panel Listrik 3 Fasa Untuk Pengukuran Energi Listrik Berbasis ESP32

Sobri Rizaldi Subroto^{*a)}, Aditya Chandra Hermawan^{a)}, Mahendra Widyartono^{a)}

Fithrotul Irda Amaliah^{a)}, Ayusta Lukita Wardani^{a)}

(Received 7 Januari 2026 || Revised 29 Juni 2026 || Published 7 Juli 2026)

Abstract: Electricity consumption continues to increase as electronic equipment is used, resulting in rising monthly electricity bills. The background to this title stems from an electricity consumption survey. The survey team encountered difficulties monitoring electricity usage on the electrical panels in each building. The urgency of this research is to facilitate monitoring of electricity usage on three-phase electrical panels that can be easily installed and removed for use in various electrical panels. The electrical energy data is accumulated from all three phases every second to determine the total electrical energy consumption across all three phases, the ESP32 microcontroller is also used as the brain for controlling the transmission and recording data in a Google spreadsheet for data storage. The results of the electrical energy measurement test, comparing the designed device with 3-phase kWh meter over six days of testing, revealed that the error value of the designed device was 0.26%, which is the maximum error value stipulated error limit of $\pm 1\%$. This indicates that the designed measuring instrument has a high level of accuracy and meets international measuring instrument standards, with an average accuracy of 99.74%. The IEC 62053-21 standard is an international reference standard that regulates the accuracy and error limits for electrical energy meters (kWh meters). These results indicate that the designed electrical energy monitoring device is capable of performing well and accurately, approaching the values of standard electrical energy meters (kWh meters).

Keywords: Three-Phase, Energy, Monitoring, Measurement, ESP32

1. Pendahuluan

Konsumsi energi listrik terus meningkat seiring dengan bertambahnya populasi dan pertumbuhan ekonomi [1]. Audit energi merupakan kegiatan yang bertujuan untuk mengetahui pemakaian energi pada suatu sistem dalam pemanfaatan energi serta dapat merancang dan merekomendasikan strategi meningkatkan efisiensi energi listrik [2]. Kebutuhan sistem pemantauan energi listrik muncul karena kegiatan audit energi pada gedung yang ada di kampus Universitas Negeri Surabaya agar dapat mengetahui data konsumsi energi listrik, data tersebut dijadikan dasar evaluasi efektivitas pemakaian energi listrik kedepannya. Namun, pada pelaksanaannya ketersediaan alat ukur yang dapat merekam energi listrik secara langsung pada panel listrik masih terbatas. Pengukuran yang dilakukan hanya menggunakan tang amper yang diukur hanya nilai arus sesaat, data arus hanya dapat dijadikan gambaran pemakaian energi listrik, oleh karena itu diperlukan sistem pemantauan energi listrik pada panel listrik 3-fasa yang mudah digunakan di berbagai lokasi yang berbeda-beda, sehingga proses audit energi dapat dilakukan lebih cepat dan efisien.

Pada hasil penelitian Dharmawan et al. menunjukkan pengukuran tegangan dan arus listrik yang dilakukan oleh sistem mendapati pembacaan nilai yang kurang baik menghasilkan tingkat persentase kesalahan pembacaan tegangan listrik 0,26% dan arus listrik sebesar 1,2% dengan alat ukur konvensional [3]. Pada penelitian Azizi & Arinal menggunakan sensor ACS 712 untuk pembacaan data arus dan tegangan dan mengungkapkan hasil pembacaan memiliki kesalahan rata-rata $\pm 1,8\%$ [4]. Dampak kesalahan pembacaan data listrik tersebut dapat mempengaruhi hasil pengukuran energi listrik. Penelitian mengenai sistem pemantauan listrik berbasis Internet of Things (IoT) telah banyak dilakukan, namun hanya berfokus pada analisa data parameter tegangan dan arus saja. Atau bahkan daya listrik saja.

Pada penelitian ini mengembangkan kebaruan pada sistem pemantauan energi listrik 3-phase dengan melakukan uji validasi menggunakan Power & Harmonic Analyzer untuk parameter

tegangan, arus, dan faktor daya serta berfokus pada parameter energi listrik sesuai dengan alat ukur standar. Data parameter tersebut kemudian dikalkulasikan menjadi nilai energi listrik dan selanjutnya hasil nilai energi listriknya dibandingkan dengan hasil nilai alat ukur kWh Meter 3-fasa yang bertujuan mengetahui pemakaian energi listrik pada panel listrik 3-fasa tersebut.

2. Metode Penelitian

Metode penelitian ini membahas perancangan dan pengujian sistem pemantauan energi listrik pada objek panel listrik 3 fasa dengan mengandalkan ESP32 sebagai pengendali utama.

Metode yang digunakan metode eksperimen meliputi tahap perancangan sistem perangkat, pengujian sistem dan teknik analisa data [5]. Pendekatan tersebut ditujukan merancang sebuah sistem pemantauan energi listrik 3-fasa dengan memanfaatkan sensor PZEM-004T untuk melakukan pemantauan parameter tegangan (V), arus (A), faktor daya (PF), dan energi listrik (kWh) yang terintegrasi penyimpanan data dengan google spreadsheet dan aplikasi appsheet. Hasil data pengujian energi listrik (kWh) nantinya dibandingkan dengan pengukuran kWh meter 3-fasa untuk mengetahui nilai persentase akurasi sistem perangkat.

2.1 Perancangan sistem perangkat

Gambar 2.1 merupakan blok diagram rangkaian perangkat keras pada sistem, dengan menggunakan lima komponen berikut: converter ac to dc, sensor PZEM-004T, ESP32, RTC DS3231, dan LCD I2C. Spesifikasi sensor yang digunakan di penelitian ini dapat dilihat di Tabel 2.1. Converter ac to dc berfungsi mengubah listrik dari panel listrik menuju komponen perangkat keras untuk mengaktifkan komponen lainnya [6].

TABEL 2.1 SPESIFIKASI SENSOR PZEM-004T

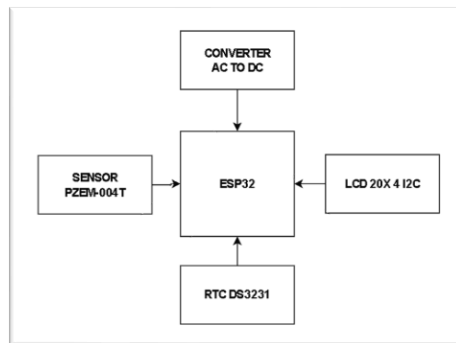
Spesifikasi	Keterangan
Tegangan input	5V
Konsumsi daya	50 mA (0,05A)
Rentang pengukuran tegangan	80 V – 260 V AC ($\pm 1.0\%$)
Rentang pengukuran arus	0 – 100 A ($\pm 1.0\%$)

*Korespondensi: sobririzaldi21050@mhs.unesa.ac.id

a) Prodi D4 Teknik Listrik, Universitas Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia

Rentang pengukuran daya	0 – 22 Kw ($\pm 1.0\%$)
Rentang pengukuran frekuensi	45 Hz – 65 Hz ($\pm 0.1\%$)
Rentang pengukuran faktor daya	0 - 1.0 ($\pm 1.0\%$)

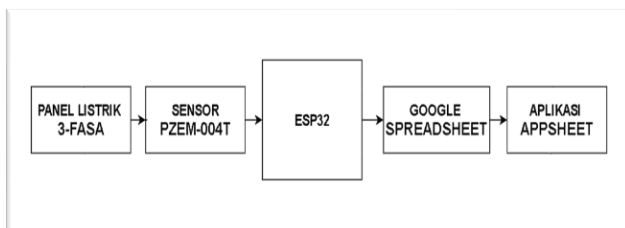
Sensor PZEM-004T berfungsi untuk mengukur parameter tegangan, arus, faktor daya, dan energi listrik, lalu data parameter tersebut dikirim menuju *mikrokontroler* [7]. ESP32 berfungsi sebagai pengendali utama pada perangkat keras, mengirim dan memproses data dari sensor menuju penyimpanan data [8]. RTC DS3231 digunakan untuk menjaga dan menyamakan waktu pada perangkat dengan waktu nyata, serta berfungsi untuk mencatat waktu pada data dikirim dan diterima [9]. LCD I2C difungsikan sebagai menampilkan status keterangan pada saat perangkat digunakan dan data parameter listrik [10].



GAMBAR 2.1 BLOK DIAGRAM PERANGKAT KERAS

Gambar 2.2 merupakan blok diagram sistem pada perangkat. Dari panel listrik 3-fasa yang akan dilakukan pemantauan akan terhubung dengan dua kabel CT transformator dan kabel capit pada setiap fasa R,S,T dan satu kabel untuk netral, pada Current Transformator memiliki rentang batas pengukuran sebesar 5 - 100 ampere.

Kabel tersebut akan terhubung pada sensor PZEM-004T untuk dapat mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, faktor daya, daya listrik, dan energi listrik. lalu setiap data parameter tersebut akan dikirim menuju ESP32 yang berfungsi memproses data tersebut dan mengirimkan menuju penyimpanan data perangkat dengan interval pengiriman per/detik. Google spreadsheet sebagai tempat menyimpannya data parameter listrik tersebut [11]. Untuk tugas dari aplikasi Appsheet berfungsi sebagai aplikasi yang menampilkan data parameter listrik agar memudahkan pengguna untuk melakukan pemantauan pemakaian energi listrik yang digunakan pada panel listrik 3-fasa [12].



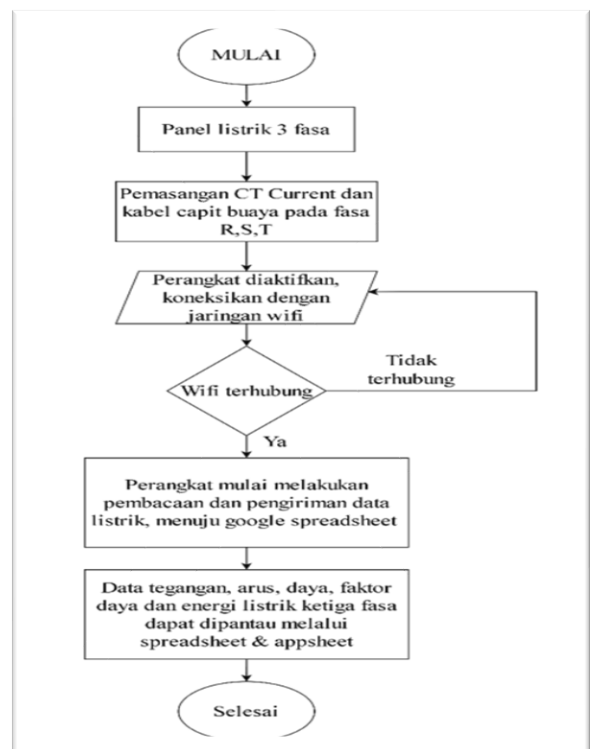
Gambar 2.2 Blok Diagram Pengiriman Data

Gambar 2.3 adalah diagram alir program perangkat, setelah menentukan panel listrik yang akan dipantau selanjutnya melakukan pemasangan CT Transformator dan kabel capit,

perangkat dapat diaktifkan dapat hubungan sistem dengan jaringan Wi-fi sekitar. Jika perangkat tidak berhasil terhubung ke Wi-fi, maka sistem tidak akan melakukan pengukuran.

Apabila perangkat berhasil terhubung ke jaringan Wi-fi, maka sistem akan mulai melakukan pendataan arus listrik dan langsung mengirimkan data ke google spreadsheet untuk keperluan pencatatan data secara *realtime*.

Selanjutnya data tegangan, arus, faktor daya, daya listrik, hingga energi listrik akan tercatat otomatis serta mencatat otomatis pemakaian energi listrik dalam satuan kWh serta dapat langsung dipantau melalui aplikasi google spreadsheet sebagai data logger (penyimpanan) maupun aplikasi google AppSheet sebagai aplikasi untuk menampilkan data, yang menampilkan visualisasi data secara langsung kepada pengguna. Setelah seluruh proses berjalan, maka sistem dianggap telah selesai.



Gambar 2.3 Diagram Alir Perangkat

2.2 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan pada dua tahap. Tahap pertama uji validasi data dilakukan dengan melakukan simulasi terkontrol terhadap beban tertentu agar dapat mengetahui nilai kesalahan pengukuran data parameter tegangan, arus, dan faktor daya pada perangkat rancangan dengan membandingkan hasil pengukuran alat ukur *Power & Harmonic Analyzer*.

Tahap kedua dengan melakukan pengujian secara langsung pada panel listrik 3-fasa selama 6 hari, data yang dibandingkan berupa nilai energi listrik pada gedung Bengkel Praktik SMK Antartika Surabaya, hasil pengukuran energi listrik perangkat selanjutnya akan dibandingkan dengan alat ukur kWh Meter 3-fasa dengan tingkat rasio kesalahan pengukuran sebesar $\pm 1\%$, untuk diukur hasil persentase nilai persentase akurasi pada sistem perangkat.

2.3 Teknik Analisis Data

Pada bagian ini dijelaskan teknik analisa data yang digunakan untuk mengolah data dan analisa hasil pengujian, serta untuk mengetahui tingkat akurasi sistem. Tingkat kesalahan antara nilai hasil pengukuran pada sistem dengan nilai pengukuran alat ukur standar sebagai nilai dasar acuan, dapat menggunakan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) [13]. perhitungan nilai kesalahan dinyatakan Persamaan (2-1).

$$\Sigma MAPE = \frac{NILAI HASIL SISTEM - NILAI HASIL ALAT UKUR}{NILAI HASIL ALAT UKUR} \times 100\% \quad (2-1)$$

Tahap selanjutnya, dihitung nilai persentase rata-rata keseluruhan hari dan hasil nilai persentase akurasi sistem perangkat [14]:

$$\Sigma \text{ error sistem } \% = \frac{\Sigma NILAI RATA-RATA ERROR (\%)}{n (JUMLAH DATA)} \quad (2-2)$$

$$\% \text{Akurasi} = 100\% - \Sigma \text{ persentase error sistem } \% \quad (2-3)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan ini memberikan hasil uji validasi sistem perangkat dengan alat ukur standar serta hasil pengujian sistem pada kondisi nyata, pada saat perangkat digunakan secara langsung di panel listrik 3-fasa. Data diperoleh diolah dan di analisa untuk mengetahui nilai persentase akurasi pada sistem perangkat.

3.1 Uji Validasi Data

Uji validasi data dilakukan dengan simulasi terkontrol yang bertujuan agar mengetahui nilai kesalahan pengukuran sistem perangkat pada parameter tegangan, arus, dan faktor daya. Data parameter tersebut akan dibandingkan dengan nilai pengukuran menggunakan alat ukur standar, karena hasil pengukuran data parameter tersebut akan mempengaruhi nilai pengukuran energi listrik pada saat dilakukan uji coba di lapangan.

Alat ukur yang digunakan adalah *Power & Harmonic Analyzer*, untuk data yang diuji meliputi tegangan, arus, dan faktor daya. Dengan melakukan pengujian tiga simulasi percobaan yang pertama menggunakan beban 6 buah lampu sebesar 12 Watt, yang kedua menggunakan beban motor AC 3-fasa 0,55 kW, dan terakhir menggunakan beban keduanya lampu dan motor AC 3-fasa.

Tabel 3.1 hingga tabel 3.3 merupakan data hasil uji validasi sistem menggunakan persamaan (2-1) hasil pada pengukuran parameter tegangan, arus, dan faktor daya didapati rata-rata persentase keseluruhan setiap variabelnya tidak kurang dari $\leq 1\%$.

Hasil tersebut dijadikan sebagai dasar bahwa sistem perangkat mampu melakukan pengukuran dengan baik dan dianggap valid, karena nilai pengukuran mendekati dengan hasil nilai dari alat ukur standar dan selanjutnya sistem perangkat dapat digunakan pada pengujian secara langsung pada panel listrik 3-fasa.

TABEL 3.1 HASIL UJI VALIDASI PADA BEBAN LAMPU

Parameter	Alat ukur	Sistem perangkat	Selisih nilai	Nilai error (%)
Tegangan R (V)	229,9	230,3	0,4	0,17%
Tegangan S (V)	234,8	233,4	-1,4	0,60%
Tegangan T	233,1	233,4	0,3	0,13%

(V)				
Persentase rata-rata nilai error (%)				0,30%
Arus R (A)	0,23	0,18	-0,05	21,74%
Arus S (A)	0,24	0,19	-0,05	20,83%
Arus T (A)	0,21	0,17	-0,04	19,05%
Persentase rata-rata nilai error (%)				20,54%
Faktor daya R (PF)	0,50	0,50	0	0,00%
Faktor daya S (PF)	0,49	0,49	0	0,00%
Faktor daya T (PF)	0,51	0,50	-0,01	1,96%
Persentase rata-rata nilai error (%)				0,65%

TABEL 3.2 HASIL UJI VALIDASI PADA BEBAN MOTOR AC 3-FASA

Parameter	Alat ukur	Sistem perangkat	Selisih nilai	Nilai error (%)
Tegangan R (V)	229,3	229,4	0,1	0,04%
Tegangan S (V)	235,1	235,4	0,3	0,13%
Tegangan T (V)	233,6	233,4	-0,2	0,09%
Persentase rata-rata nilai error (%)				0,09%
Arus R (A)	1,12	1,13	0,01	0,88%
Arus S (A)	1,05	1,08	0,03	2,86%
Arus T (A)	1,09	1,11	0,02	1,83%
Persentase rata-rata nilai error (%)				1,86%
Faktor daya R (PF)	0,15	0,21	0,06	40%
Faktor daya S (PF)	0,16	0,18	0,02	12,5%
Faktor daya T (PF)	0,15	0,20	0,05	33,33%
Persentase rata-rata nilai error (%)				28,61%

TABEL 3.3 HASIL UJI VALIDASI PADA BEBAN LAMPU DAN MOTOR AC 3-FASA

Parameter	Alat ukur	Sistem perangkat	Selisih nilai	Nilai error (%)
Tegangan R (V)	228,6	228,9	0,3	0,1%
Tegangan S (V)	236	236,2	0,2	0,1%
Tegangan T (V)	234,4	234,5	0,1	0,0%
Persentase rata-rata nilai error (%)				0,1%
Arus R (A)	1,13	1,13	0	0,00%
Arus S (A)	1,05	1,07	0,02	1,9%
Arus T (A)	1,11	1,13	0,02	1,8%
Persentase rata-rata nilai error (%)				1,2%
Faktor daya R (PF)	0,22	0,28	0,06	27,27%
Faktor daya S (PF)	0,27	0,27	0	0,0%
Faktor daya T (PF)	0,23	0,27	0,04	17,39%
Persentase rata-rata nilai error (%)				14,9%

3.2 Hasil pengujian

Pada tahap hasil pengujian ini menyajikan hasil pengujian sistem perangkat secara langsung pada panel listrik 3-fasa, pada pengujian ini dilakukan dengan membandingkan hasil nilai pengukuran pada sistem perangkat dengan alat ukur kWh Meter 3-fasa pengambilan data energi dilakukan pada pukul 08.00 – 16.00 selama 6 hari untuk dapat mengetahui nilai persentase akurasi pengukuran energi listrik sistem perangkat.

Tabel 3.4 hingga Tabel 3.9 merupakan data hasil pengujian pengukuran sistem perangkat yang telah diolah menggunakan Persamaan (2-1) dengan membandingkan hasil pengukuran alat ukur kWh Meter 3-fasa selama 6 hari pengujian.

TABEL 3.4 PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK 3-FASA HARI KE-1

Pukul / jam	Pengukuran energi sistem (kWh)	Pengukuran energi kWh meter (kWh)	Selisih nilai	Nilai error (%)
08.48	0,15	0,1	0,05	50%
09.05	0,70	0,7	0	0,0%
09.58	2,41	2,4	0,01	0,42%
11.02	4,52	4,5	0,02	0,44%
11.59	6,51	6,4	0,11	1,72%
13.00	8,59	8,5	0,09	1,06%
14.01	10,7	10,6	0,1	0,94%
15.05	12,89	12,8	0,09	0,70%
16.01	14,76	14,6	0,16	1,10%
Persentase rata-rata nilai error (%)				6,26%

TABEL 3.5 PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK 3-FASA HARI KE-2

Pukul / jam	Pengukuran energi sistem (kWh)	Pengukuran energi kWh meter (kWh)	Selisih nilai	Nilai error (%)
08.01	15,06	15,5	0,10	2,84%
09.00	15,66	15,6	0,06	0,38%
10.26	15,73	15,6	0,13	0,83%
11.01	15,76	15,7	0,06	0,38%
12.01	15,81	15,7	0,11	0,70%
13.00	15,86	15,8	0,06	0,38%
14.00	15,91	15,8	0,11	0,70%
15.01	15,96	15,9	0,06	0,38%
16.00	16,03	16	0,03	0,19%
Persentase rata-rata nilai error (%)				0,75%

Tabel 3.6 Pemakaian Energi Listrik 3-Fasa Hari Ke-3

Pukul / jam	Pengukuran energi sistem (kWh)	Pengukuran energi kWh meter (kWh)	Selisih nilai	Nilai error (%)
08.21	16,90	16,9	0	0,00%
09.00	18,13	18,1	0,03	0,17%
10.01	20,10	20,1	0	0,00%
11.01	22,12	22,1	0,02	0,09%
12.00	24,12	24,1	0,02	0,08%
13.00	26,24	26,2	0,06	0,15%
14.00	28,35	28,3	0,05	0,18%
15.01	30,44	30,4	0,04	0,13%

16.02	32,55	32,5	0,05	0,15%
Persentase rata-rata nilai error (%)				0,11%

TABEL 3.7 PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK 3-FASA HARI KE-4

Pukul / jam	Pengukuran energi sistem (kWh)	Pengukuran energi kWh meter (kWh)	Selisih nilai	Nilai error (%)
08.32	38,41	38,4	0,01	0,03%
09.06	39,62	39,6	0,02	0,05%
10.03	41,66	41,7	-0,04	0,10%
11.02	43,81	43,8	0,01	0,02%
12.02	46	46	0	0,00%
13.03	47,8	47,8	0	0,00%
14.02	49,7	49,7	0	0,00%
15.01	51,77	51,7	0,07	0,14%
16.00	53,79	53,7	0,09	0,17%
Persentase rata-rata nilai error (%)				0,03%

TABEL 3.8 PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK 3-FASA HARI KE-5

Pukul / jam	Pengukuran energi sistem (kWh)	Pengukuran energi kWh meter (kWh)	Selisih nilai	Nilai error (%)
08.23	55,21	55,2	0,01	0,02%
09.07	56,56	56,5	0,06	0,11%
10.06	58,5	58,5	0,00	0,00%
11.01	60,32	60,3	0,02	0,03%
12.01	61,93	61,9	0,03	0,05%
13.00	63,01	63	0,01	0,02%
14.07	65,13	65,1	0,03	0,05%
15.02	67,04	67	0,04	0,06%
16.00	69,02	68,9	0,12	0,17%
Persentase rata-rata nilai error (%)				0,06%

TABEL 3.9 PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK 3-FASA HARI KE-6

Pukul / jam	Pengukuran energi sistem (kWh)	Pengukuran energi kWh meter (kWh)	Selisih nilai	Nilai error (%)
08.06	70,3	70,3	0,00	0,00%
09.01	72,03	72	0,03	0,04%
10.04	74,08	74	0,08	0,11%
11.00	75,91	75,9	0,01	0,01%
12.01	77,97	77,9	0,07	0,09%
13.05	80,18	80,1	0,08	0,10%
14.06	82,23	82,1	0,13	0,16%
15.00	84,04	83,9	0,14	0,17%
16.01	86,06	86	0,06	0,07%
Persentase rata-rata nilai error (%)				0,08%

Tabel 3.10 merupakan data hasil perhitungan persentase nilai kesalahan pada sistem dengan menggunakan Persamaan (2-2), didapati hasil persentase nilai kesalahan sistem pada 6 hari pengujian mendapatkan nilai 1,22%. Selanjutnya dapat dihitung persentase akurasi pada sistem perangkat sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \% \text{Akurasi} &= 100\% - 1,22\% \\ &= 98,78\% \end{aligned} \quad (2-3)$$

TABEL 3.10 PERHITUNGAN TOTAL PERSENTASE NILAI ERROR SISTEM

Pemakaian energi listrik Hari ke-	Persentase rata-rata nilai error / hari
1	6,26%
2	0,75%
3	0,11%
4	0,03%
5	0,06%
6	0,08%
Hasil persentase nilai error sistem	1,22%

Berdasarkan hasil pengujian sistem yang telah dikembangkan memperoleh nilai rata-rata kesalahan sebesar 1,22%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pengukuran secara konsisten dengan tingkat kesalahan yang rendah dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Dharmawan et al mendapatkan nilai rata-rata kesalahan sebesar 1,2% dan Azizi & Arinal memperoleh $\pm 1,8\%$ pada sisi tingkat akurasi pengukurannya.

Hasil tersebut masih dalam batas toleransi untuk kelas 1S menurut IEC 62053-21 pada standar pengukuran energi listrik, nilai toleransi tersebut sebagai nilai pembanding batas tingkat kesalahan pada alat rancangan, dengan nilai kesalahan maksimum pada pengukuran energi listrik $\pm 1\%$ [15]. Sistem perangkat mendapatkan nilai persentase akurasi sebesar 98,78% dapat dilihat pada persamaan (2-3), hasil akurasi tersebut menunjukkan bahwa perangkat mampu melakukan pengukuran energi listrik dengan tingkat kesalahan relatif kecil terhadap alat ukur pembanding yaitu kWh Meter 3-Fasa.

4. Kesimpulan

Berdasarkan keseluruhan proses perancangan, pengujian, dan pembahasan hasil data yang telah terlaksana, dapat disimpulkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu bekerja dengan baik dan sesuai dengan tujuan penelitian, sistem perangkat memperoleh nilai kesalahan (error) sebesar 1,22% terhadap alat ukur kWh meter 3-Fasa pada pengukuran energi listrik dan memiliki tingkat akurasi yang baik sebesar 98,78%. Jika dibandingkan dengan penelitian oleh Dharmawan et al dan Azizi & Arinal, hasil penelitian ini menunjukkan setara dalam hal nilai kesalahannya sehingga mengindikasikan metode yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang baik.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berhasil menghasilkan sistem pemantauan yang andal namun juga memberikan kontribusi terhadap pengembangan sistem dengan tingkat kesalahan yang setara dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

Referensi

- [1] A. Prastika, "Hubungan Antara Tingkat Konsumsi Energi Listrik dengan Pertumbuhan Ekonomi di Indonesia," *J. Ilmu Ekon. JIE*, vol. 7, no. 01, pp. 18–29, 2023.
- [2] L. Shintawaty and H. Gunawan, "Manajemen Audit Energi Listrik Pada Gedung Serbaguna," *J. Desiminasi Teknol.*, vol. 9, no. 1, 2021.
- [3] A. D. Dharmawan, L. Subiyanto, and A. T. Nugraha,

"Implementasi Sistem Monitoring pada Panel Listrik," *Elektrise J. Sains dan Teknol. Elektro*, vol. 12, no. 02, pp. 82–91, 2022.

- [4] D. Azizi and V. Arinal, "Sistem Monitoring Daya Listrik Menggunakan Internet of Thing (Iot) Berbasis Mobile," *J. Indones. Manaj. Inform. dan Komun.*, vol. 4, no. 3, pp. 1808–1813, 2023.
- [5] N. P. A. Arjun Pratikto Wahyu Hendrawan*, "Simulasi Kendali Dan Monitoring Daya Listrik Peralatan Rumah Tangga Berbasis ESP32 (rumus).pdf," in *Simulasi Kendali Dan Monitoring Daya Listrik Peralatan Rumah Tangga Berbasis ESP32*, 2022.
- [6] P. Purwanto Sugeng, "Rancang Bangun Electric Power Converter (Catu Daya) Untuk Alat Anodizing Portable," *Energi dan Kelistrikan J. Ilm.*, vol. 13, no. 2, pp. 86–94, 2021.
- [7] S. Yani Prabowo, Arsanto Narendro, TW Wisjhnuadji, "UJI AKURASI MODUL KWH METER DIGITAL PZEM-004T BERBASIS PENGENDALI DIGITAL ESP32.pdf," *SKANIKA Sist. Komput. dan Tek. Inform.*, vol. Vol. 6, pp. 85–96, 2023.
- [8] E. Kurniawan, D. S. Pangaudi, and E. N. Widjatkomo, "Perancangan Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Berbasis Android," *Cyclotron*, vol. 5, no. 1, pp. 63–68, 2022.
- [9] U. L. Byan Widya Ermanda, "KENDALI RELAY OTOMATIS DILENGKAPI TIMER DAN DETEKSI SUHU MENGGUNAKAN RTC DS3231," *Aisyah J. Informatics Electr. Eng.*, vol. 5, no. 2, pp. 120–126, 2023.
- [10] A. Oo, "Design , simulation and implementation of an Arduino microcontroller based automatic water level controller with I2C LCD display," *Int. J. Adv. Appl. Sci.*, vol. 9, no. 2, pp. 77–84, 2020.
- [11] E. al M Muhammad Agil, Y Kartika Richa, R Diyah Rika, "Pemanfaatan Google Spreadsheet Sebagai Media Penyimpanan Data Masyarakat Rw.04 Kp Cilayung," *Proc. UIN SUNAN GUNUNG DJATI BANDUNG*, vol. 48, no. Desember, pp. 1–7, 2021.
- [12] M. F. Saputra and R. Maulana, "APLIKASI DATABASE TOWER PROVIDER PT . TOWER BERSAMA INFRASTRUKTUR AREA ACEH," *J. Informatic, Educ. Manag.*, vol. 4, no. 2, 2022.
- [13] D. R. Hartono, M. Haddin, and A. Marwanto, "Monitoring Daya Listrik Berbasis Internet of Things Menggunakan Metode Simple Exponential Smoothing untuk Prediksi Kebutuhan Energi," *Cyclotr. J. Tek. Elektro*, vol. 6, no. 02, pp. 59–67, 2023.
- [14] W. B. C. Adiwiranto.Nursamsi Mohamad, "Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik serta Estimasi Biaya pada Peralatan Rumah Tangga Berbasis Internet Of Things.pdf," *J. ELECTRON*, vol. Vol.2, No., pp. 69–78, 2021.
- [15] B. Ten Have, T. Hartman, N. Moonen, and F. Leferink, "Static Energy Meters and the Electrical Environment Comply to the Standards But are Not Compatible," *IEEE Electromagn. Compat. Mag.*, vol. 12, no. 1, pp. 59–68, 2023.