

Uji Akurasi Modul KWH Meter Digital PZEM-004T Berbasis Pengendali Digital ESP32

Yani Prabowo¹, Arsanto Narendro^{2*}, TW Wisjhnuadji³, Siswanto⁴

^{1,2,3,4}Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Budi Luhur, Jakarta, Indonesia

E-mail: ^{1*}wisjhnuadji@budiluhur.ac.id, ²yani.prabowo@budiluhur.ac.id, ³siswanto@budiluhur.ac.id

(* : corresponding author)

Abstrak

Untuk tujuan yang lebih praktis dalam melakukan pencatatan penggunaan energi listrik, tanpa harus secara fisik didepan KWH meter yang terpasang, maka perlu diciptakan sistem yang mampu melakukan akuisisi data secara digital mengenai penggunaan energi listrik secara online dengan menggunakan fasilitas jaringan komunikasi. Oleh karena itu dirancang sistem pengukuran KWH berbasis IoT yang memungkinkan pemantauan besaran KWH dapat dilakukan secara mobile bahkan dari jarak jauh melalui jaringan internet dalam sebuah dashboard, sehingga lebih praktis dan efisien. Komponen utama terdiri dari modul PZEM-004T yang berfungsi sebagai pengukur arus AC dan tegangan listrik AC yang digunakan oleh beban, sedangkan modul ESP32 melakukan pemrosesan hasil pengukuran yang dilakukan oleh PZEM-004T untuk kemudian dikoneksikan dengan komputer sehingga bisa muncul nilai hasil pengukuran oleh PZEM-004T. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa ketelitian hasil pengukuran arus dan tegangan beban, jika dibandingkan dengan hasil pengukuran manual menggunakan alat voltmeter digital dan ampere meter menunjukkan selisih dibawah satu persen, artinya hasil pengukuran secara remote dengan PZEM-004T memberikan nilai akurasi yang baik. Sehingga penggunaan metode ini secara efektif dapat mengatasi permasalahan yang ada.

Kata kunci: KWH, PZEM-004T, energi listrik, voltmeter, amperemeter

Abstract

For a more practical purpose in recording the use of electrical energy, without having to physically be in front of the installed KWH meter, it is necessary to create a system capable of digitally acquiring data regarding the use of electrical energy online using communication network facilities. Therefore, an IoT-based KWH measurement system is designed that allows monitoring of KWH quantities to be carried out mobile or even remotely via the internet network in a dashboard, making it more practical and efficient. The main components consist of the PZEM-004T module which functions as a measure of AC current and AC voltage used by the load, while the ESP32 module processes the results of measurements made by PZEM-004T and then connects to a computer so that the measured values can appear by PZEM-004T. The results obtained show that the accuracy of the current and load voltage measurement results, when compared with the results of manual measurements using a digital voltmeter and ammeter, shows a difference of below one percent, meaning that the results of remote measurements with the PZEM-004T provide a good accuracy value. So that the use of this method can effectively overcome existing problems.

Keywords: KWH, PZEM-004T, electrical energy, voltmeter, ammeter

1. PENDAHULUAN

Salah satu kebutuhan hidup manusia pada saat ini salah satunya adalah energi listrik, dengan listrik maka akan banyak hal bisa diselesaikan dengan efektif dan efisien [1]. Listrik bisa dimanfaatkan pada banyak sektor, antara lain sektor pertanian, industri, perkebunan, pendidikan, dunia hiburan, bisnis serta telekomunikasi. Besarnya energi listrik yang dikonsumsi akan sangat tergantung dari beban yang diaplikasikan serta lamanya waktu penggunaan. Sehingga besar pemakaian energi listrik ini akan secara langsung berkorelasi dengan biaya yang harus dialokasikan [2].

Tujuan dari penelitian ini adalah menciptakan sistem pengukuran berbasis IoT sehingga proses dapat dipantau melalui sebuah dashboard tanpa harus berada didepan KWH meter, karena seperti kita ketahui kendala pencatatan tagihan pembayaran penggunaan energi listrik yang

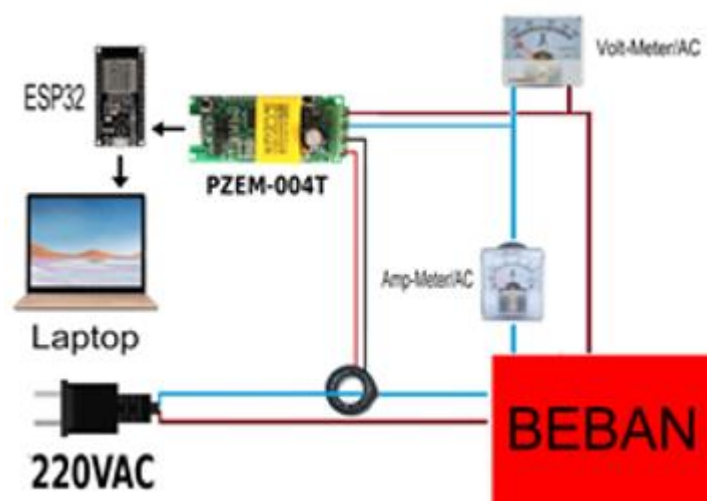
terkadang diluar perhitungan adalah karena pengguna tidak setiap saat secara realtime dapat mengontrol atau mengawasi konsumsi data listrik yang digunakannya. Salah satu solusi agar pengguna tetap dapat memantau penggunaan energi listriknya adalah penggunaan teknologi Smart-Meter [3], dengan teknologi ini pengguna selalu dapat memantau penggunaan daya listriknya setiap saat secara realtime dan hal itu dapat dilakukan dimanapun dan kapanpun dengan bantuan fasilitas koneksi WiFi. Dengan fasilitas sebuah dashboard maka selain aktivitas pemantauan, dapat juga dilengkapi dengan fasilitas pengendalian yaitu kemampuan untuk mengaktifkan dan menonaktifkan penggunaan listrik baik yang diperlukan maupun tidak diperlukan.

Manfaat penggunaan sistem yang dibangun dengan menggunakan prinsip teknologi ini adalah dapat membantu pengguna untuk mengoptimalkan penggunaan energi listrik serta menghindari pemborosan pemborosan yang tidak perlu [4]. Beberapa penelitian sebelumnya antara lain yang dilakukan oleh Fathoni Nur Habibi [5], dimana digunakan PZEM-004T sebagai alat utama untuk mengukur arus , tegangan beban serta penggunaan daya listrik dengan ketelitian voltase sebesar 1.07 % , daya nyata 3.93%, arus 3.45 % serta energi 18.6% . Demikian juga riset yang dilakukan oleh Salwin Anwar[6] dengan PZEM-004T dan ESP32 menghasilkan ketelitian pengukuran yang cukup baik yaitu 0.2 % untuk voltage serta 0.2 % untuk arus. Berdasarkan latar belakang dan beberapa penelitian sebelumnya tentang penggunaan PZEM-004T dan ESP32 dalam pengukuran dan monitoring penggunaan daya listrik, arus serta tegangan beban , maka kami akan melakukan pendalaman dengan melakukan analisa ketelitian pengukuran yang dihasilkan oleh sistem dengan PZEM-004T diatas, caranya adalah dengan melakukan perbandingan besaran terukur dengan menggunakan peralatan analog konvensional standar seperti voltmeter, ampere meter serta pencatat waktu guna mencari besaran penggunaan Energi listrik dalam satuan kWh.

Dengan melakukan perbandingan hasil dari kedua sistem tersebut, yaitu pencatatan data yang dilakukan secara otomatis dengan PZEM-004T dan ESP32 dan pencatatan secara manual dengan alat ukur standar seperti ampere meter, voltmeter serta stopwatch sebagai alat pencatat waktu, diharapkan akan menghasilkan informasi tentang besarnya tingkat ketelitian pencatatan otomatis terhadap pencatatan yang dilakukan secara manual, dalam bentuk prosentase *error* yang timbul.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Blok Diagram Sistem



Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Modul dan alat ukur yang digunakan dalam sistem perlihatkan dalam Gambar 1.

- 1) Komputer dengan OS Windows-10, serta terpasang Perangkat Lunak Arduino IDE, sebagai sarana pemrograman dan Monitoring.
- 2) Modul ESP32 adalah modul utama yang berfungsi sebagai interface antara Modul Pengukuran PZEM-004T dengan PC Dashboard (laptop)
- 3) Modul PZEM-004T adalah modul pengukuran parameter kelistrikan , berupa arus dan tegangan yang dihasilkan dari pengukuran beban.
- 4) Voltmeter AC /400 Volt, adalah alat ukur analog untuk mengukur tegangan listrik (AC) dengan range 0 - 400 Volt/AC
- 5) Ampere Meter AC/10A, adalah alat ukur analog untuk mengukur arus listrik AC, dengan range 0-10A.
- 6) Beban dalam hal ini adalah Alat Listrik yang akan diukur arus (ampere) ,tegangan (volt) dan Energi listrik (kWH)

2.2. Diagram Alir Sistem



Gambar 2. Diagram Alir Sistem

Diagram Alir dari sistem terlihat pada gambar 2 dimana urutan prosesnya dapat digambarkan sebagai berikut.

- 1) Membangun layout rangkaian kelistrikan seperti pada diagram blok sistem yang terlihat pada Gambar 1.
- 2) Source Program yang telah disiapkan pada Arduino IDE dial dilakukan proses kompilasi dan downloading kedalam sistem ESP32
- 3) Persiapkan Beban yang akan diukur penggunaan Energi listriknya.
- 4) Persiapkan alat pengukur durasi waktu, dalam hal ini menggunakan Stop Watch Digital
- 5) Pada saat Start, Stopwatch dan Beban Bekerja dan alat ukur analog baik arus dan tegangan akan bekerja.
- 6) Lakukan Pencatatan Arus dan Tegangan pada alat ukur Analog setiap 10 menit.
- 7) Demikian Juga Secara sinkron lakukan pencatatan Arus, Tegangan , Dan Energi Listrik yang Muncul pada Serial Monitor Arduino IDE

- 8) Buat Tabel Perbandingan Antara Hasil Pengukuran Analog pada Ampere Meter dan Voltmeter terhadap Hasil Pengukuran Digital yang muncul pada Serial Monitor.

2.3. Deskripsi *Hardware*

a. ESP32

Espressif Sistem menciptakan mikrokontroler ESP32 yang sudah dilengkapi dengan modul WiFi dan Bluetooth guna mendukung sistem yang berbasis IoT dalam melakukan kerja operasionalnya[7]. Seperti terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Kontroler ESP32

Espressif System memperkenalkan mikrokontroler ESP32 yang sudah dilengkapi dengan modul WiFi dan Bluetooth guna mendukung sistem yang berbasis IoT dalam melakukan kerja operasionalnya. Pada dasarnya ESP32 sudah terintegrasi dan memiliki antenna switch yang built-in, dirancang untuk keperluan alat seluler, perangkat berbasis IoT, ESP32 konsumsi daya relatif irit memiliki pilihan hemat energi terdapat didalamnya [8].

b. PZEM-004T

Modul PZEM-004T seperti pada Gambar 4. memiliki kemampuan untuk mengukur arus, tegangan, daya dan energi listrik, output dari modul ini dikeluarkan dengan mode serial, sehingga jika akan digunakan untuk masukan ke kontroler yang lain, maka harus digunakan mode komunikasi serial. Penggunaan Modul ini cukup mudah, karena luaran dapat dibaca langsung oleh kontroler yang lain. Salah satu kelemahannya adalah bahwa pengukuran pada level mili ampere modul ini memiliki ketelitian yang rendah. Dimensi PZEM-004T 3.1 cm × 4 cm. Modul Pzem-004t ini dilengkapi transformer arus 3.3 cm yang dapat dipakai mengukur arus listrik maksimum 100A [1] [5].



Gambar 4. PZEM-004T

c. Ampere Meter Analog

Ampere Meter Analog seperti pada Gambar 5. merupakan piranti ukur yang dipakai mengukur besarnya kuat arus listrik, dalam hal ini adalah arus AC [2]. Cara kerja dari amperemeter analog adalah sesuai dengan prinsip gaya magnet Lorentz, Gaya Lorentz akan muncul jika sebuah kumparan yang berada dalam jangkauan medan magnet yang dilewati oleh arus listrik, Gaya Lorentz inilah yang mampu menggerakkan jarum membentuk simpangan sesuai dengan besarnya arus listrik yang melewati kawat kumparan tersebut. Jika arusnya besar maka penyimpangan jarum akan besar pula, sedangkan jika arusnya kecil, maka penyimpangan jarumnya akan kecil. Ketika tidak ada arus listrik yang lewat maka jarum akan kembali ke posisi semula. Sedangkan penggunaan alat ini pada suatu rangkaian listrik harus dipasang dengan mode serial terhadap beban [1].



Gambar 5. Ampere Meter Analog

d. Voltmeter Analog

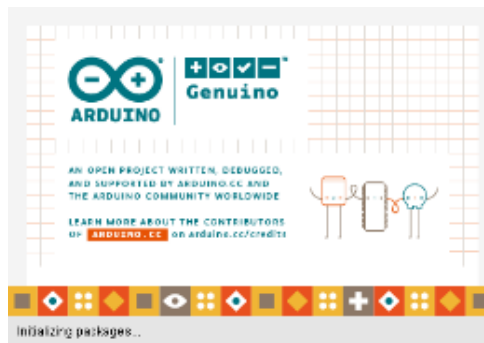
Volt meter analog seperti Gambar 6. merupakan piranti ukur yang digunakan untuk mengukur voltage listrik[2]. Cara kerja dari voltmeter analog adalah sesuai dengan prinsip gaya magnet Lorentz, Gaya Lorentz akan muncul jika sebuah kumparan yang berada dalam pengaruh medan magnet diberi tegangan sehingga timbul arus listrik, Gaya Lorentz inilah yang mampu menggerakkan jarum membentuk simpangan sesuai dengan besarnya arus listrik yang melewati kawat kumparan tersebut. Arus listrik yang timbul tersebut sebenarnya berasal dari tegangan listrik yang diberikan pada beban yang dapat berupa sebuah resistor. Jika tegangan besar maka penyimpangan jarum akan besar pula, sedangkan jika tegangan kecil, maka penyimpangan jarumnya akan kecil. Ketika tidak ada tegangan listrik yang lewat maka jarum

akan kembali ke posisi semula. Sedangkan penggunaan alat ini pada suatu rangkaian listrik harus dipasang dengan mode paralel terhadap beban [9].



Gambar 6. Voltmeter Analog

2.4. Deskripsi Software



Gambar 7. Tampilan Awal Arduino IDE

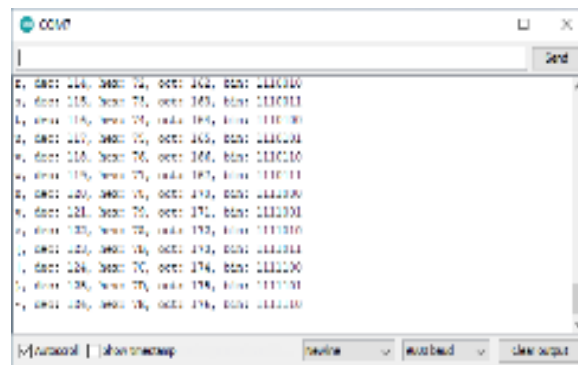
Arduino IDE (*Integrated Development Environment*) seperti pada Gambar 7. adalah *software* yang dipakai pada pembuatan program dilingkungan modul Arduino. Jadi Arduino IDE adalah media yang digunakan untuk membuat program yang ada dalam board Arduino [10].



Gambar 8. Arduino IDE Text Editor

Perangkat lunak ini dapat diunduh gratis pada situs resmi Arduino. Perangkat lunak ini juga berfungsi sebagai text-editor untuk melakukan editing program, juga untuk melakukan validasi program yang dibuat [11]. Selain itu dilengkapi fitur untuk melakukan upload program yang dibuat kedalam board arduino. Program yang dibuat pada IDE ini biasa disebut dengan istilah "sketch" dari Arduino yang memiliki file dengan ekstension .ino [10], Text Editor digunakan untuk menulis source code seperti terlihat pada Gambar 8.

Sedangkan Untuk melihat Response atau Output dari program yang dieksekusi dapat dilihat pada Monitor Serial Arduino[1] seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Serial Monitor

2.5. Rumus Daya dan Energi Listrik

Daya Listrik sama dengan jumlah energi listrik setiap satuan waktu atau besarnya energi listrik setiap detik

Satuan adalah dalam watt. Hubungan antara Daya Listrik dengan Arus (I) dan tegangan (V) listriknya dapat dinyatakan dengan rumus

$$P = VI \dots\dots\dots(1)$$

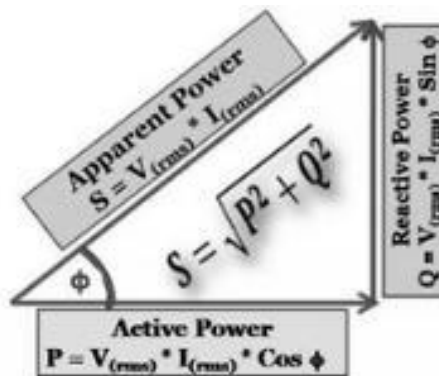
Satuan : Watt

Sedangkan Energi Listrik adalah tegangan (V) dan arus (I) yang telah digunakan untuk usaha dalam jangka waktu (t) tertentu. Sehingga energi listrik dapat dinyatakan dengan rumus

$$E = V.I.t \dots\dots\dots(2)$$

Satuan : KWH

Power Factor



Gambar 10. Power Factor

Power Factor atau faktor-daya merupakan rasio antara daya-aktif terhadap daya-semu [12]. Seperti yang terlihat pada Gambar 10.

S =Apparent Power

P =Active Power

Q =Reactive Power

$$S = V_{RMS} \circ I_{RMS} \dots\dots\dots(3)$$

$$P = V_{RMS} \circ I_{RMS} \circ \text{Cos}(\theta) \dots\dots\dots(4)$$

$$Q = V_{RMS} \circ I_{RMS} \circ \text{Sin}(\theta) \dots\dots\dots(5)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \dots\dots\dots(6)$$

Kondisi ideal adalah jika sudut $\theta = \text{nol}$, atau power factor = 1, artinya arus dan tegangan memiliki fasa yang sama. Tapi dilapangan, kondisi ini tidak pernah tercapai, karena adanya komponen komponen reaktif dalam pemakaian alat alat listrik, yang mana menyebabkan arus dan tegangan mengalami pergeseran fasa, sehingga power factor < 1 [12].

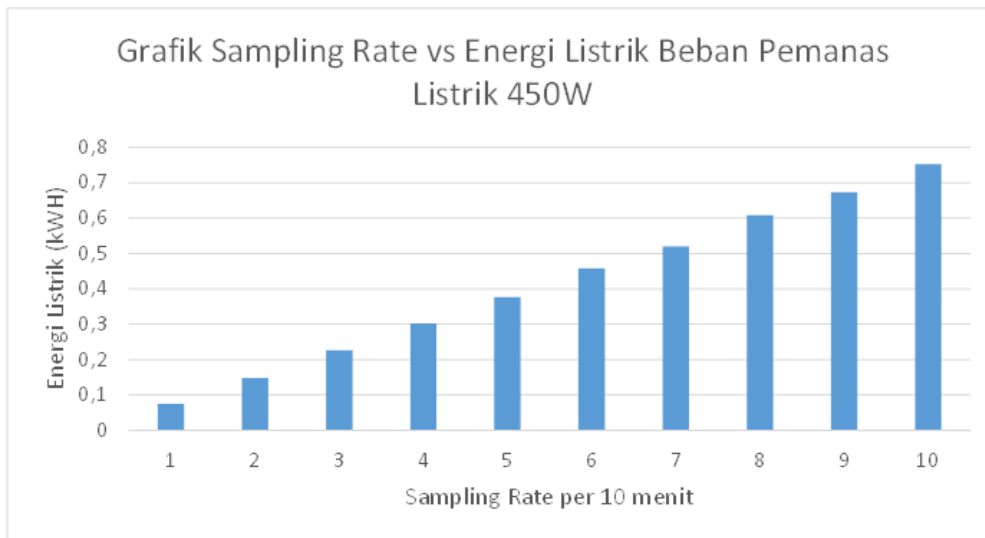
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data dilakukan berdasarkan pencatatan hasil uji coba dengan modul yang digunakan, antara lain modul PZEM-004T, ampere meter, voltmeter, serta stopwatch pencatat waktu.

Tabel 1. Beban 450W, Sampling Rate 10 menit

No	V(Volt)	I(A)	P(Watt)	E(kWH)
1	220	2,05	451	0,075
2	221	1,99	439	0,148
3	222	1,97	437	0,226
4	222	1,99	441	0,302
5	224	1,91	427	0,376
6	220	1,95	429	0,458
7	218	2,00	436	0,520
8	219	2,05	448	0,608
9	218	2,03	442	0,673
10	222	2,00	444	0,752

Pada Tabel 1, beban berupa tungku pemanas air dengan spesifikasi 220V/450W, Pengukuran dilakukan 10 kali dengan waktu sampling per 10 menit. tegangan, arus, power dan energi yang tercatat pada arduino IDE serial monitor selama percobaan dicatat tiap 10 menit dan ditabelkan. Mulai dari 10 menit pertama, energi dalam kWH sudah tercatat sebesar 0,075 kWH, kemudian akumulasi energi itu akan terus meningkat tiap 10 menit berikutnya seperti terlihat pada Tabel 1. Grafiknya terlihat pada Gambar 11.



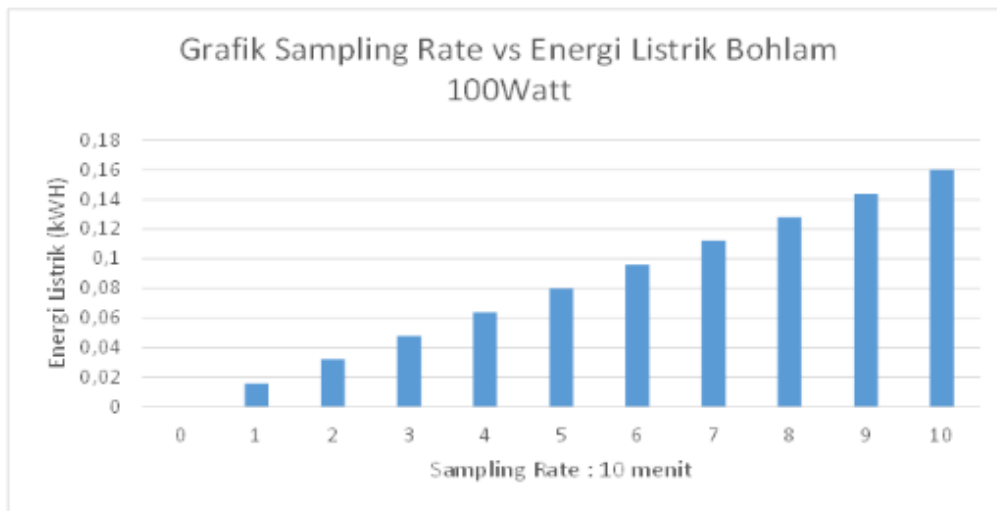
Gambar 11. Grafik Sampling Rate vs Energi Listrik

Tabel 2. Beban 100 Watt, Sampling Rate 10 menit

No	V(Volt)	I(A)	P(Watt)	E(kWH)
1	219	0,50	109	0,016
2	218	0,49	106	0,030
3	224	0,46	103	0,049
4	219	0,49	107	0,066
5	221	0,49	108	0,082
6	223	0,45	100	0,096
7	220	0,41	90	0,114
8	219	0,50	109	0,126
9	219	0,41	89	0,142
10	222	0,41	91	0,163

Pada Tabel 2, beban berupa bohlam lampu dengan spesifikasi 220V/100W, pengukuran dilakukan 10 kali dengan waktu sampling per 10 menit. tegangan, arus, power dan energi yang tercatat pada arduino IDE serial monitor selama percobaan dicatat tiap 10 menit dan ditabelkan. Mulai dari 10 menit pertama, energi dalam kWH sudah tercatat sebesar 0,016 kWH, kemudian akumulasi energi itu akan terus meningkat tiap 10 menit berikutnya seperti terlihat pada Tabel 2.

Sedangkan grafik untuk melihat perubahan energi dalam kWh dapat dilihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Garfik Energi vs Sampling Rate

Tingkat ketelitian PZEM-004T dibandingkan alat ukur analog standar, berdasarkan data hasil pengukuran yang terlihat pada tabel 3 dan tabel 4.

Tabel 3. Perbandingan Ketelitian Pada Beban 450W

TEGANGAN (VOLT)		ARUS (AMPERE)	
PZEM	AMP METER	PZEM	AMP METER
220	225	2,05	2,20
221	224	1,99	2,10
222	224	1,97	2,20
222	226	1,99	2,20
224	227	1,91	2,20
220	225	1,95	2,30
218	225	2,00	2,20
219	224	2,05	2,30
218	224	2,03	2,20
222	224	2,00	2,20

Tabel 4. Perbandingan Ketelitian Pada Beban 100 W

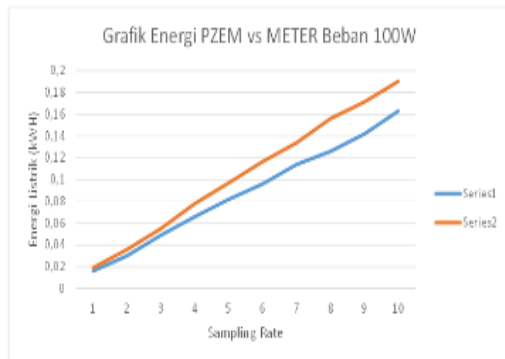
TEGANGAN (VOLT)		ARUS (AMPERE)	
PZEM	AMP METER	PZEM	AMP METER
219	225	0,50	0,51
218	224	0,49	0,48
224	225	0,46	0,49
219	225	0,49	0,52
221	224	0,49	0,52
223	224	0,45	0,52
220	225	0,41	0,51
219	225	0,50	0,52
219	224	0,41	0,51
222	224	0,41	0,51

Hasil Perbandingan berdasarkan Tabel 3. dan Tabel 4. dapat dihitung tingkat ketelitian PZEM-004T dibandingkan alat ukur analog standar, yang hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.

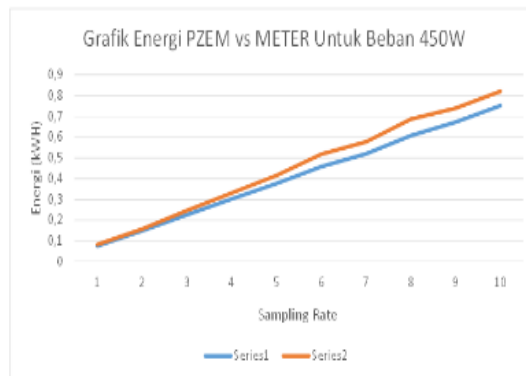
Tabel 5. Prosenasi Error Pada PZEM-004

Beban 450 W	Beban 100 W
Tegangan : 1,8%	Tegangan 1,9%
Arus : 9,4%	Arus: 9,9%

grafik energi vs beban dapat dilihat pada kedua grafik pada gambar 13. dan gambar 14. dimana keduanya diplot dalam satu frame sehingga dapat lebih jelas perbedaan diantara keduanya.



Gambar 13. Grafik Energi Pada Beban 100W



Gambar 14. Grafik Energi pada Beban 450W

Dari Gambar 13. dan Gambar 14. dapat dijelaskan sebagai berikut: warna biru untuk (PZEM-004T) dan warna coklat untuk meter analog, Perbandingan Hasil pengukurannya dapat dilihat pada grafik di atas.

4. KESIMPULAN

Sesuai dengan tujuan riset yang dilakukan untuk melakukan analisa tingkat ketelitian pengukuran arus listrik, tegangan listrik serta energi listrik menggunakan modul PZEM-004T, hasil pengukuran dan perhitungan menunjukkan tingkat error yang relatif kecil, yaitu sebesar 2% untuk hasil pengukuran tegangan listrik, 10% untuk hasil pengukuran arus listrik, serta 5% untuk hasil pengukuran kWh dari energi listrik. Hasil ini membuktikan bahwa modul PZEM-004T cukup baik dan akurat untuk digunakan sebagai alat ukur besaran besaran listrik berbasis IoT. Sehingga modul ini efektif jika digunakan sebagai sistem untuk menggantikan cara pencatatan penggunaan energi listrik secara manual didepan kWh meter menjadi sistem pencatatan otomatis dari jarak jauh berbasis IoT.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] I. Abed and H. Naser, "ESP32 Microcontroller Based Smart Power Meter System Design and Implementation," *Al-Rafidain Eng. J.*, vol. 25, no. 2, pp. 137–145, 2020.
- [2] S. M. Siagian and S. Chrisna HS, "Analisis Karakteristik Hasil Pengukuran Terhadap Arus Dan Tegangan Pada Suatu Resistansi," *J. Vor.*, vol. 2, no. 1, pp. 48–52, 2021.
- [3] S. George and G. B, "IoT Based Smart Energy Management System using Pzem-004t Sensor & Node MCU," *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 9, no. 7, pp. 45–48, 2021.
- [4] I. A. Current and E. Parameters, "Monitoring System," 2022.
- [5] F. N. Habibi, S. Setiawidayat, and M. Mukhsim, "Alat Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Android Menggunakan Modul PZEM-004T," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Elektro Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 157–162, 2017.
- [6] S. Anwar, T. Artono, N. Nasrul, D. Dasrul, and A. Fadli, "Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T," *Pros. Semin. Nas. Politek. Negeri Lhokseumawe*, vol. 3, no. 1, pp. 272–276, 2019.
- [7] A. Putra, D C; Bachrah, A; Kiswantono, "Remote Reading Beban Listrik Rumah yang Terintegrasi Menggunakan IOT," *Aisyah J. Informatics Electr. Eng. Univ. Aisyah Pringsewu*, vol. 3, no. 2, pp. 143–147, 2021.

- [8] I. Surya and J. Kustija, "Implementation of the Electricity Load Monitoring Trainer and Internet of Things-based Power Factor Improvement," vol. 12, no. 11, pp. 206–215, 2022.
- [9] M. Suari, "Karakterisasi Ampermeter Voltmeter Terhadap Penambahan Hambatan Pada Pengujian Sensor Mekanik Multimeter Analog," *Nat. Sci. J. Penelit. Bid. IPA dan Pendidik. IPA*, vol. 6, no. 1, pp. 102–113, 2020.
- [10] N. M. Yohanes, Saghoa Sompie, Sherwin R.U.A., Tulung, "Kotak Penyimpanan Uang Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno," *J. Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 7, no. 2, pp. 167–174, 2018.
- [11] N. Ali Jasim and H. ALRkabi, "Design and Implementation a Smart System for Monitoring the Electrical Energy based on the Internet of Things," *Wasit J. Eng. Sci.*, vol. 10, no. 2, pp. 92–100, 2022.
- [12] Y. Eseye and S. Lesmana, "Analisa Perbaikan Faktor Daya Sistem Kelistrikan," *Sains Teknol.*, vol. 11, no. 1, pp. 103–113, 2021.