

Perbandingan antara Energi Meter Berbasis ESP32+PZEM004 dengan Smart Plug Komersial

The Comparison between the Energy meter based on ESP32+PZEM004 vs Commercial Smart Plug

Djoko Untoro Suwarno*

** Program Studi Teknik Elektro, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta*

**Email Korespondensi : joko_unt@usd.ac.id*

ABSTRAK

Monitoring konsumsi energi listrik merupakan langkah penting dalam upaya efisiensi energi. Saat ini, tersedia dua pendekatan umum: membangun sistem monitoring sendiri menggunakan modul mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM004, atau menggunakan perangkat smart plug komersial yang sudah jadi. Makalah ini bertujuan untuk membandingkan kedua pendekatan tersebut dari segi akurasi, fitur, fleksibilitas, biaya, dan kompleksitas. Berdasarkan hasil dan analisis diperoleh sistem ESP32+PZEM004 unggul dalam hal fleksibilitas, rentang pengukuran arus sampai 10A dan tegangan yang lebar sampai 260VAC, serta fleksibilitas pengembangan sesuai kebutuhan. Di sisi lain, smart plug komersial menawarkan kemudahan penggunaan (plug-and-play), integrasi yang lebih baik dengan ekosistem smart home, dan antarmuka pengguna yang lebih dipoles. Energi meter yang dikembangkan menunjukkan informasi pengukuran tegangan (V), arus (A), PF, Daya nyata (W), daya semu (VA), daya reaktif (VAR), energi (Wh), frekuensi (Hz) dan lama waktu ON. Alat ukur energi yang dibuat dapat mengukur pemakaian energi peralatan listrik untuk waktu yang singkat,

Kata kunci: energy meter, ESP32+PZEM004, smart plug

ABSTRACT

Electric Energy consumption monitoring is an important process to improve energy efficiency. Today, there are two approaches to energy monitoring: first in build an energy meter using ESP32 and PZEM-004T module, and second is using a commercial smart plug. This paper compares those approaches in accuracy, features, flexibility, price, and complexity. Based on the result and discussion, results ESP32+PZEM 004T system performs better in flexibility as needed. On the other hand, commercial smart plugs give easily in use (plug and play). Better integration in the smart home ecosystem and a smooth Graphical User Interface. An energy meter developed shows measure parameters, ie, voltage (V), currents (A), Power factor, real power (W), apparent power (VA), energy (Wh), frequency (Hz), and time ON, energy meter was built to measure usage energy for electric devices for short-term usage.

Keywords: energy meter, ESP32+PZEM-004T, smart plug

PENDAHULUAN

Dalam era Internet of Thing (IoT) pemantauan energi secara realtime menjadi semakin penting untuk efisiensi pemakaian listrik. Dua solusi energi meter yaitu sistem ESP32+PZEM=004T dan perangkat smart plug komersial. Pada makalah ini akan dibahas tentang perbandingan sistem energi meter ESP32 dengan produk smart plug. Parameter yang dibandingkan yaitu hasil pengukuran energi berupa tegangan, arus, daya, serta energi .

Penelitian tentang energy meter antara lain [1] mengembangkan smart meter berbasis IoT menggunakan ESP32 dan sensor PZEM004T untuk memantau konsumsi listrik secara real-time dengan hasil akurasi pengukuran baik. [2] merancang sistem monitoring konsumsi listrik berbasis IoT yang memungkinkan pengguna memantau pemakaian listrik dari jarak jauh melalui internet dengan ESP32 dan PZEM-004T sebagai alat utama. [3] memanfaatkan sensor PZEM-004T untuk monitoring penggunaan listrik dengan sistem yang memungkinkan akurat mengukur arus dan tegangan di rumah tangga. [4] membuat sistem monitoring pemakaian daya listrik menggunakan ESP32 dan PZEM-004T yang memungkinkan pengambilan data konsumsi listrik secara online dan realtime. [5] menguji akurasi modul KWH digital PZEM-004T berbasis ESP32 dengan hasil pengukuran yang menunjukkan kesalahan kurang dari 1%, menjamin keakuratan dalam pencatatan listrik. [6] menyajikan penggunaan IoT untuk monitoring konsumsi listrik rumah tangga dengan ESP32 dan PZEM-004T yang memudahkan pengumpulan data dan pengawasan konsumsi. [7]

mengimplementasikan PZEM-004T dan LoRa untuk monitoring energi berbasis IoT, memperluas jangkauan pengiriman data konsumsi listrik secara nirkabel. [8] merancang sistem monitoring dan kontrol daya listrik dengan ESP32 dan PZEM004T yang dapat diakses jarak jauh melalui jaringan internet untuk pengelolaan energi. [9] membuat sistem pengukuran energi berbasis ESP32 dan PZEM-004T untuk aplikasi rumah pintar dengan fitur monitoring dan manajemen daya secara efisien. [10] membangun smart energy meter berbasis cloud dengan ESP32 dan PZEM004T untuk pengukuran serta penyimpanan data konsumsi listrik secara online. [11] mengembangkan IoT energy meter dengan ESP32 dan PZEM-004T yang mampu memonitor konsumsi listrik secara akurat dan menampilkan data penggunaan.

Dari makalah yang ada, peneliti tentang energi meter menggunakan modul PZEM-004 yang memiliki kemampuan mengukur energi secara standar. Ketelitian pengukuran sangat tergantung dari modul PZEM-004. Ketelitian pengukuran tegangan, arus, daya aktif, energi aktif, frekuensi sebesar $\pm 0.5\%$ sedangkan untuk PF sebesar $\pm 1\%$.

Kebaruan dari penelitian ini yaitu Peneliti merancang energi meter dikembangkan menjadi pengukuran daya nyata (W), daya semu (VA) dan daya reaktif (VAR) serta satuan energi menjadi Wh. Satuan kWh dirasakan masih terlalu besar untuk pengukur energi listrik dengan peralatan yang membutuhkan daya yang kecil.

Tegangan AC dengan amplitudo A , dan frekuensi f ditunjukkan pada persamaan 1 berikut ini

$$v(t) = A \sin(2\pi ft) \quad (1)$$

dimana A berupa amplitudo maksimum (V)

f : frekuensi (Hz)

Arus yang terjadi pada beban ditunjukkan pada persamaan (2)

$$I(t) = \frac{V(t)}{Z} \quad (2)$$

dimana Z berupa impedansi beban (dalam satuan Ω).

Untuk sumber AC, tegangan dan arus bisa berbeda fasenya tergantung pada jenis beban yang terpasang, apakah beban resistif, beban induktif ataupun beban kapasitif

Daya nyata dengan satuan Watt dihitung menggunakan persamaan (3)

$$P \text{ (watt)} = V(t) I(t) \cos(\varphi) \quad (3)$$

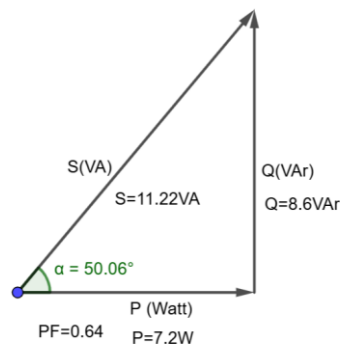
Dimana φ merupakan beda fase antara tegangan dan arus. Nilai φ bernilai positif artinya tegangan mendahului arus (*lead*), sedangkan φ bernilai negatif (*lag*) berarti tegangan tertinggal terhadap arus. Daya semu (apparent power) dihitung dengan menggunakan persamaan (4)

$$S \text{ (VA)} = V(t) I(t) \quad (4)$$

Daya reaktif Q dapat dihitung menggunakan persamaan (5)

$$Q \text{ (VAR)} = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (5)$$

Ilustrasi antara daya nyata P , daya semu S dan daya reaktif Q ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Segitiga daya, daya nyata, daya semu dan daya reaktif

Perhitungan energi dilakukan dengan perhitungan menggunakan persamaan 4.

$$\text{Energy} = \Sigma \text{ daya } \Delta t \text{ (Watt detik)} \quad (6)$$

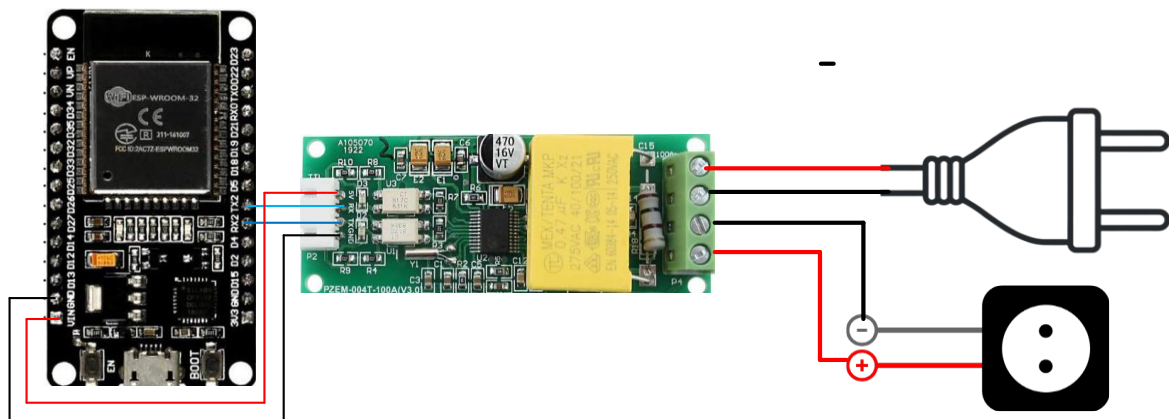
Pengubahan energi dari satuan WattHour (WH) dan kWh ditunjukkan pada persamaan (7)

$$1 \text{ kWh} = 1000 \text{ WH}$$

$$1 \text{ WH} = 3600 \text{ Watt detik}$$
(7)

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan dua buah energi meter yaitu energi meter menggunakan ESP32 dan smart plug komersial. Rancangan energi meter menggunakan ESP32 dan modul PZEM004T seperti terlihat pada gambar 2. Modul PZEM004 mampu mengukur tegangan AC dari 80-260V, arus sampai 10A. Beban dihubungkan menggunakan soket listrik. Beban yang akan digunakan yaitu lampu LED, pengering rambut, setrika.



Gambar 2. rancangan energi meter ESP32 + PZEM004T

Setelah menghubungkan secara hardware, dikembangkan software untuk membaca data dari PZEM004T. Program menggunakan library `#include <PZEM004Tv30.h>`. Pengukuran tegangan arus, frekuensi, PF dan daya dilakukan secara langsung seperti ditunjukkan pada potongan program berikut

```
// Read values from the sensor
float voltage = pzem.voltage();
float current = pzem.current();
float power = pzem.power();
float energy = pzem.energy();
float frequency = pzem.frequency();
float pf = pzem.pf();
```

perhitungan energi dilakukan setiap 5 detik untuk agar mendapatkan satuan Watt detik. Pengukuran energi juga dilakukan menggunakan smart plug untuk beban yang sama.

HASIL DAN ANALISIS

Hasil pengukuran energi meter ESP32 dan smart plug disajikan pada tabel 1 berikut

Tabel 1. Hasil pengukuran energi meter ESP32 dan

	Energi Meter ESP32 PZEM-004	Smart plug
Lampu LED 220V, 11W	Voltage: 219.50 V Current: 0.08 A Power: 11.70 W Energy: 0.27 kWh Frequency: 50.00 Hz PF: 0.65	Tegangan: 220.7V Arus: 80mA Daya 11.1W Total energy (today) 1,36 kWh
Setrika 220V, 350W	Voltage: 209.30 V Current: 1.47 A Power: 307.20 W Energy: 0.29 kWh	Tegangan: 211.7V Arus: 1463mA Daya 312.3W Total energy (today) 1,36 kWh

*Perbandingan antara Energi Meter Berbasis ESP32+PZEM004 dengan Smart Plug Komersial
(Djoko Untoro Suwarno)*

Charger laptop	Frequency: 50.00 Hz PF: 1.00 Custom Address: 1 Voltage: 216.40 V Current: 0.31 A Power: 42.40 W Energy: 0.27 kWh Frequency: 50.00 Hz PF: 0.62	Tegangan: 219.2V Arus: 332mA Daya 46,9W Total energy (today) 1,36 kWh
Pengering rambut 85W	Voltage: 224.0 V Current: 0.43 A (1,21A) PF=0,99 P=86.80W, S=95,20VA, 39VAR P=216.50W, S=264,82VA, 42VAR Energy: 0.150 Wh Frequency: 50.00 Hz	Voltage: 224.0 V Arus: 0.43 A P=86.80W Total energy (today): 1.47 kWh

Energi meter ESP32 dapat diprogram sesuai dengan kebutuhan, tampilan menggunakan serial monitor Ditunjukkan pada gambar 3,

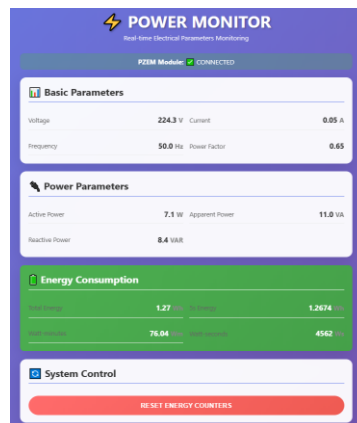


Gambar 3. Keluaran energi meter ESP32+PZEM-004T pada serial monitor



Gambar 4. Tampilan Energi meter menggunakan LCD 4x20

Gambar 4 menunjukkan tampilan energi meter ESP32 menggunakan LCD 4x20, dengan tampilan tegangan, arus, PF. Tampilan daya dilengkapi dengan daya nyata (satuan Watt), daya semu (VA) dan daya reaktif (VAR). Tampilan energi (Wh) untuk energi yang kecil dan diukur dalam waktu yang singkat. Tampilan berikutnya berupa berapa lama peralatan dalam keadaan ON dengan format HH:MM:SS.



Gambar 5. tampilan energi meter ESP32 pada web server

Gambar 5 menunjukkan tampilan energi meter ESP32 dalam bentuk Web server dengan tampilan tegangan, arus, daya , energi, PF, frekuensi dan dilengkapi dengan fasilitas mereset energi. Fasilitas ini digunakan agar energi meter bisa dipakai untuk mengukur energi yang dibutuhkan suatu peralatan. Kelemahan modul PZEM-004T antara lain tidak bisa mengukur PF yang negatif, artinya beban kapasitif dan beban induktif dianggap sama. Nilai PF berupa angka absolute, dan tidak bisa menunjukkan keadaan *lead* atau *lag* pada beban. Kelemahan yang lain, pengukuran energi tidak disimpan lebih permanen melainkan tergantung dari sumber daya pada PZEM-004T, bila sumber daya dilepaskan maka nilai energi akan kembali ke nilai nol.



Gambar 6. tampilan energi meter smart plug

Energi meter smart plug ditunjukkan pada gambar 6. Tampilan energi meter smart plug berisi daya, arus, tegangan dan energi yang sudah dipakai. Terdapat pula fasilitas pemakaian energi untuk bulan tertentu. Smart plug terkoneksi ke internet, sehingga informasi dan akses bisa dilakukan dimana saja.

Tabel 2. Perbandingan kinerja Energy meter ESP32+PZEM004 dengan smart plug

	Energi Meter ESP32 PZEM-004	Smart plug
konektivitas	USB, serial monitor Bluetooth, wireless serial monitor	Wifi, app SmartLife Bluetooth : untuk identifikasi perangkat
aplikasi	Serial monitor Webserver Web dashboard (nodered) Claud server: MQTT	App SmartLife
Kemampuan, pengukuran	Tegangan (V) Arus (A) Daya (W) Energy (kWh) Frekuensi (Hz) PF (Power Factor)	Tegangan (V) Arus (A) Daya (W) Energi (kWh) : harian, bulanan On/off dari jauh Penjadwalan (harian, mingguan) Sharing perangkat, konektivitas dengan app lain (alexa, google assisten) Skenario pintar adan otomasi

KESIMPULAN

Pengukuran energi dapat dilakukan menggunakan Energi meter berbasis ESP32 dan modul PZEM-004T dan Smart plug komersial. Berdasarkan hasil dan analisis diperoleh kesimpulan sebagai berikut: Kedua sistem mampu mengukur tegangan, arus, daya, energi. Keunggulan energi meter ESP32+PZEM004T mampu mengukur frekuensi dan Power Factor, keunggulan yang lain yaitu sistem ini flexibel, dapat diprogram sesuai dengan keinginan pemrogram. Keluaran sistem ESP32 dapat berupa serial monitor, bisa berbasis WEB melalui wifi. Keunggulan smart plug komersial sebagai energi meter.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada LPPM atas dana yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik dan kepada rekan kolega Damar Widjaja dan Martanto. Dukungan dan kepercayaan LPPM sangat berarti bagi kami. Semoga kerja sama ini dapat terus berjalan dan memberikan manfaat yang berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ahmad, R., & Karim, M., "Perancangan dan Implementasi Smart Meter Berbasis IoT Menggunakan ESP32 dan PZEM004T," *Jurnal Teknik Elektro*, 15(2), 120-129, 2021.
- [2] Saputri, D., & Utami, S., "Sistem Monitoring Konsumsi Listrik Berbasis Internet of Things dengan ESP32 dan PZEM-004T," *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi*, 10(3), 45-52, 2022.
- [3] Jokanan, J. W., Widodo, A., Kholis, N., & Rakhmawati, L., "Sistem monitoring penggunaan listrik menggunakan sensor PZEM-004T," *Jurnal Sistem dan Teknologi*, 2022.
- [4] Sirojul Hadi, A. S. A., Lalu Ganda Radi Putra, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Pemakaian Daya Berbasis ESP32 dan PZEM-004T," *Jurnal Teknologi dan Sistem Komputer*, 2022,
- [5] Y. Prabowo, "Uji Akurasi Modul KWH Meter Digital PZEM-004T Berbasis ESP32," *Jurnal Skema*, 2023.
- [6] Motivection, "Monitoring Of Household Electricity Usage Based On The Internet Of Things," *Jurnal Motivection*, Online, 2025.
- [7] A. Fadli & R. Setiawan, "Implementation of PZEM-004T and LoRa for Internet of Things-Based Electricity Monitoring," *Jurnal Teknologi dan Inovasi*, Online, 2024.
- [8] Y. Pratama, S. Hartono, "Rancang Bangun Monitoring dan Controlling Daya Listrik Berbasis IoT," *Jurnal Teknik Elektro*, 2024.
- [9] H. Suharto, "Sistem Pengukuran Energi Berbasis ESP32 dan PZEM-004T untuk Rumah Pintar," *Jurnal Teknologi*, PDF, 2021.
- [10] Nugraha, A. P., & Wijaya, R., "Rancang Bangun Smart Energy Meter dengan ESP32 dan PZEM004T Berbasis Cloud," *Jurnal Teknik Informatika*, 8(1), 60-67, 2020.
- [11] Setiawan, B., & Rizki, M., "IoT Energy Meter Berbasis ESP32 dan PZEM-004T untuk Monitoring Energi Listrik," *Jurnal Elektronika dan Komunikasi*, 18(4), 220-229, 2023.