



RANCANG BANGUN SISTEM SMART KWH METER DENGAN MONITORING DAN PERHITUNGAN BIAYA BEBAN SECARA JARAK JAUH PADA INSTALASI LISTRIK RUMAH TANGGA

Rizki Affandi¹, Aditya Chandra Hermawan²

Program Studi Teknik Listrik, Universitas Negeri Surabaya

rizkiaffandi.21022@mhs.unesa.ac.id, adityahermawan@unesa.ac.id

ABSTRACT

Electricity usage in households continues to increase in line with technological developments and lifestyles in the millennial era. However, continuous increases in basic electricity tariffs have led to higher costs for consumers. Meanwhile, conventional kWh meters cannot provide direct information on the amount of electricity used. Therefore, a real-time electricity load monitoring system is needed that not only displays energy consumption information but also automatically calculates electricity usage costs. This system is expected to help users monitor and control electricity usage in a more economical and efficient manner. This study aims to design and develop a Smart KWh Meter system based on ESP32 and PZEM-004T sensors, capable of monitoring electricity consumption and calculating real-time load costs through the Adafruit IO platform. This research uses a descriptive method with a case study approach. The Research and Development (R&D) approach is applied to design and build a Smart KWh Meter system capable of monitoring and calculating electricity costs, which can be monitored remotely. This system also provides a summary of identified load data, particularly per load in residential electrical installations. This research will develop a system that measures electricity consumption and automatically calculates the associated costs. The test results show that the Smart KWh Meter system is capable of measuring electrical parameters such as voltage, current, and power with an accuracy of between 95.7% and 100% and a deviation of $\pm 0 - 5\%$ compared to standard measuring instruments. The factors causing the difference in values include load fluctuations during data collection, the tolerance of the PZEM-004T sensor components, and incomplete calibration. However, overall, the system remains consistent, responsive, and suitable for use as a real-time monitoring tool for household electricity consumption. The Smart KWh Meter system, designed based on ESP32, PZEM-004T sensors, and IoT, has been successfully implemented and demonstrates adequate measurement accuracy, particularly for voltage and current with a deviation of $\pm 0-5\%$. The system can monitor energy consumption and calculate estimated costs in real-time, including an additional 10% PBJT-TL, and can be accessed remotely as long as it is connected to the internet. With power selection and tariff settings via a touchscreen, this system is suitable for monitoring household electricity consumption.

Keywords: Smart kWh Meter, IoT, PZEM-004T, Energy Monitoring, Adafruit IO

Article History

Received: Agustus 2025

Reviewed: Agustus 2025

Published: Agustus 2025

Plagiarism Checker No 235

Prefix DOI :

[10.8734/Kohesi.v1i2.365](https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365)

Copyright : Author

Publish by : Kohesi



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)



PENDAHULUAN

Penggunaan listrik di rumah tangga sangat dibutuhkan di zaman milenial saat ini. Kenaikan tarif dasar listrik yang selalu terjadi membuat pengeluaran konsumen semakin bertambah. Salah satu cara yang efisien adalah dengan adanya suatu sistem yang dapat memudahkan konsumen dalam melakukan penghematan terutama dalam aspek penghematan listrik. Kwh meter digunakan untuk mengukur energi listrik yang dipakai dan berfungsi sebagai penjumlahan dari pemakaian energi aktif. Pada dasarnya kwh meter merupakan peralatan yang digunakan untuk memantau dan membatasi konsumsi energi listrik. (PUJIANTO et al., 2022)

PT.PLN memfasilitasi pengguna energi listrik dirumah dengan menggunakan kWh (*kilo watt hours*) meter dalam perhitungan pemakaian energi dalam sehari hari yang digunakan oleh pelanggan. Baik itu di rumah, fasilitas publik, industri, dll. kWh meter adalah suatu alat ukur yang dibutuhkan untuk mengukur pemakaian energi. Karena fungsinya itu, kWh meter selalu menjadi tolak ukur penggunaan energi listrik. kWh meter dalam hal ini seperti kWh meter *analog* (pascabayar) membuat pengguna tidak dapat mengetahui total besarnya energi listrik yang telah digunakan. (Darma, 2019) Maka dari itu terpikirkan oleh penulis untuk membuat judul “Rancang Bangun Sistem Smart KwhMeter Dengan Monitoring dan Perhitungan Biaya Beban Secara Jarak Jauh Pada Instalasi Listrik Rumah Tangga”.

Hal tersebut diharapkan dapat membantu pengguna dalam memudahkan monitoring juga membatasi penggunaan energi listrik yang berlebihan agar pengguna dapat menghemat penggunaan energi Listrik. Dalam penelitian ini menggunakan aplikasi *Adafruit* sebagai kendali perangkat jarak jauh dan interface diponsel Android, aplikasi tersebut dipilih karena mudah digunakan yang hanya membutuhkan laptop untuk mengaksesnya. Mikrokontroler yang digunakan adalah ESP 32 yang pada dasarnya sudah terintegrasi dengan modul *WiFi* sehingga dapat terkoneksi secara online melalui aplikasi *Adafruit*. Sensor yang digunakan adalah Modul PZEM-004T sebagai pembaca besaran-besaran listrik, LCD sebagai penampil data pada alat, juga untuk mengubah jumlah nominal harga terbaru per Kwh yang ditetapkan. (Karuniawan et al., 2024)

METODE PENELITIAN

Jenis atau Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan Penelitian Rekayasa dan Penelitian Pengembangan (R&D), yang bertujuan untuk merancang dan membangun sistem smart Kwh meter dengan kemampuan monitoring dan perhitungan biaya yang dapat dipantau secara jarak jauh, juga memberikan rekap data beban yang telah diidentifikasi, Khususnya per beban pada instalasi listrik rumah tangga . Penelitian ini akan mengembangkan sistem yang mengukur konsumsi daya listrik dan menghitung biaya secara otomatis .

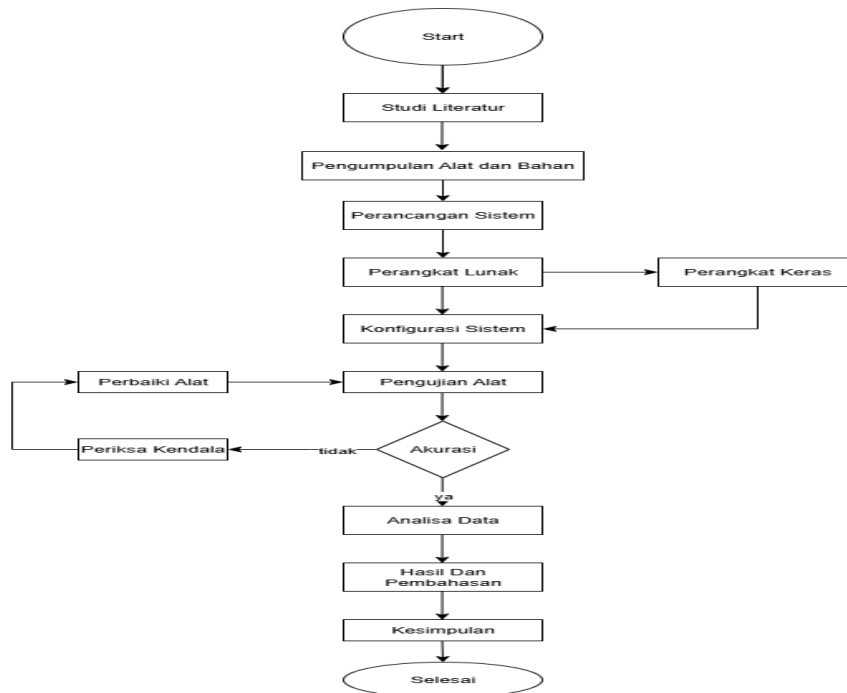
Penelitian oleh (Karuniawan, 2024) menjadi dasar dalam pengembangan alat ini, di mana sistem monitoring konsumsi energi listrik berbasis IoT yang sebelumnya menggunakan NodeMCU ESP8266 dan Blynk, kini dikembangkan lebih lanjut menggunakan ESP32, platform Adafruit IO, serta dilengkapi perhitungan biaya listrik secara real-time.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Jl Singojoyo VI , Desa Bangah, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Sidoarjo. Tempat ini dipilih untuk penerapan alat secara langsung. Waktu

penelitian ini direncanakan pada semester 8 mencakup tahapan studi literatur, perancangan alat, pengujian alat, pengambilan data, serta analisa hasil dan pelaporan.

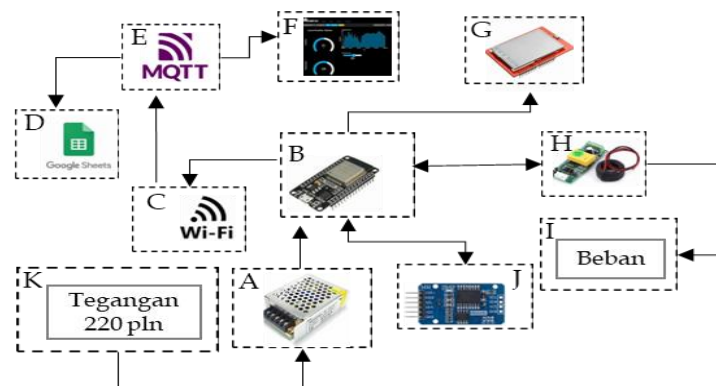
Flow Chart



Gambar 1 Flow

Flowchart di atas menggambarkan alur pembuatan alat secara sistematis. Proses dimulai dari studi literatur untuk mendapatkan referensi terkait, dilanjutkan dengan pengumpulan alat dan bahan. Setelah itu, dilakukan perancangan sistem yang mencakup pembuatan perangkat keras dan perangkat lunak. Selanjutnya, sistem dikonfigurasi dan dilakukan pengujian alat. Jika ditemukan ketidaksesuaian, alat akan diperiksa kendalanya dan diperbaiki hingga mencapai tingkat akurasi yang diinginkan. Setelah akurasi tercapai, dilakukan analisa data, kemudian dilanjutkan ke tahap hasil dan pembahasan, hingga akhirnya diakhiri dengan kesimpulan.

Perancangan Sistem



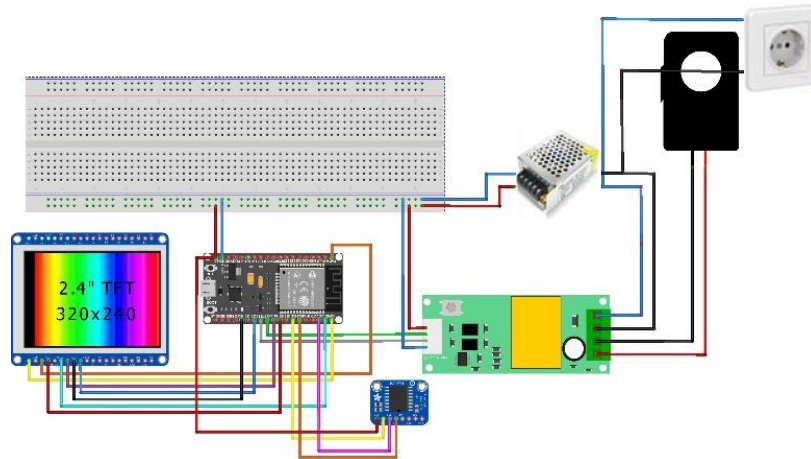
Gambar 1 Perancangan Sistem

Penjelasan Skema Sistem

Sistem ini terdiri dari beberapa komponen utama yang saling terintegrasi. Tegangan 220V dari PLN diubah menjadi 5V DC melalui power supply untuk memberi daya pada ESP32 dan sensor PZEM-004T. ESP32 berperan sebagai pusat kendali yang mengolah data dari PZEM-004T—yang berfungsi mengukur tegangan, arus, daya, dan energi listrik dari beban—serta RTC

DS3231 yang menyediakan informasi waktu real-time. Data hasil monitoring ditampilkan melalui layar touchscreen dan dikirim secara real-time ke platform IoT menggunakan koneksi WiFi melalui protokol MQTT. Data tersebut kemudian direkam ke Google Spreadsheet dan divisualisasikan secara daring melalui Adafruit IO. Sistem ini memungkinkan pemantauan dan perhitungan biaya listrik beban secara jarak jauh dan real-time.

Wiring Diagram



Gambar 3 Wiring Diagram

Sistem Smart KWh Meter pada (Gambar 3.3) menggunakan ESP32 Wroom sebagai pusat kendali yang terhubung dengan TFT touchscreen 2.4" melalui komunikasi SPI, di mana pin TFT terhubung ke ESP32 sebagai berikut: VCC ke 3.3V, GND ke GND, TFT_CS ke GPIO15, RESET ke EN, D/C ke GPIO2, MOSI ke GPIO13, SCK ke GPIO14, MISO ke GPIO12, dan LED ke 3.3V, sementara bagian touchscreen menggunakan T_CLK ke GPIO25, T_CS ke GPIO33, T_DIN ke GPIO32, T_OUT ke GPIO39, dan T_IRQ ke GPIO36. Sensor energi PZEM-004T, yang bertugas mengukur tegangan dan arus, terhubung melalui komunikasi UART dengan TX PZEM ke GPIO16 dan RX PZEM ke GPIO17, serta diberi catu daya dari VIN ESP32 dan GND. Untuk pencatatan waktu real-time, modul RTC DS 3231 dihubungkan ke ESP32 melalui protokol I2C, dengan SDA ke GPIO21, SCL ke GPIO22, VCC ke 3.3V, dan GND ke GND. Sensor arus PZCT-02 dipasang pada kabel fase beban dan dihubungkan ke PZEM, sedangkan stop kontak digunakan sebagai jalur beban yang akan diukur. Seluruh sistem diberi suplai daya dari adaptor 5V 3A yang terhubung ke pin VIN dan GND ESP32.

Rancangan Software



Gambar 2 Rancangan Software

Sistem ini memanfaatkan Arduino IDE untuk pemrograman dan upload kode ke ESP32 yang terhubung dengan sensor PZEM-004T guna mengukur tegangan, arus, daya, dan energi listrik. Data tersebut dikombinasikan dengan waktu dari modul RTC DS3231 untuk menghasilkan pencatatan yang akurat secara real-time. Protokol MQTT digunakan sebagai media komunikasi data dari ESP32 ke platform IoT Adafruit IO yang menampilkan informasi konsumsi listrik dalam bentuk dashboard. Pengguna juga dapat mengatur tarif listrik melalui layar sentuh untuk perhitungan biaya otomatis. Selain itu, data dapat dikirim ke Google Spreadsheet secara otomatis melalui integrasi IFTTT atau Google Apps Script, memungkinkan rekap dan analisis konsumsi listrik dalam jangka panjang.

Perhitungan Konsumsi Listrik

1. Daya Aktif (P)

$$P = V \times I \times \cos \phi$$

2. Perhitungan Watt-Hours (Wh)

$$Wh = P \times T$$

P = Daya dalam Watt (W)

t = Waktu pemakaian dalam jam (h).

3. Perhitungan Biaya Konsumsi Listrik

Setelah mendapatkan energi dalam Watt Hours , kita bisa menghitung biayanya dalam jumlah biaya per Kwh dalam satuan/second:

$$P \text{ (watt)} = \text{Tegangan (V)} \times \text{Arus (A)} \times \cos(\phi)$$

$$Wh = P \times T$$

$$\text{Energi (kWh) per detik} = \frac{\text{Watt-Hours}}{3600 \times 1.000}$$

$$\text{Biaya per detik} = \text{Energi (kWh) per detik} \times \text{Tarif listrik per kWh.}$$

Contoh:

$$\text{Tegangan (V)} = 220V$$

$$\text{Arus (A)} = 0.5A$$

$$\cos(\phi) = 0,8$$

$$\text{Tarif listrik} = \text{Rp } 1.500/\text{kWh}$$

Hitung Biaya per Detik

$$\text{Daya} = 220V \times 0.5A \times \cos(\phi) = 88 \text{ W}$$

$$\text{Energi per detik} = \frac{88}{3.600.000} = 0,00003056 \text{ Kwh.}$$

$$\text{Biaya per detik} = 0.000024 \times 1500 = \text{Rp. } 0,0366$$

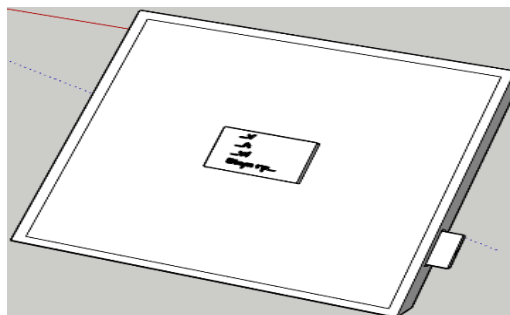
$$\text{Jadi, biaya listrik per detik} = \text{Rp. } 0,0366$$

4. PBJT- TL (Penaan Pajak Barang dan Jasa Tertentu atas Tenaga Listrik)

Pajak ini diberlakukan sesuai dengan regulasi yang berlaku, Pajak sebesar 10% sehingga total biaya listrik yang dibayarkan oleh pengguna .

Tarif biaya Listrik + 10% dari Tarif Total.

Desain Rancangan Box



Gambar 3 Rancangan Box

Pada (Gambar 5) menampilkan keseluruhan tampilan luar panel, termasuk dimensi, bentuk fisik, serta bahan yang digunakan. Desain ini terbuat dari bahan akrilik transparan dengan ukuran ketebalan 3 mm dibuat untuk memastikan keamanan dan kemudahan pemasangan, dengan mempertimbangkan ventilasi, aksesibilitas, serta perlindungan terhadap komponen internal.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Gambar Alat



Gambar 4 Hasil Alat

2. Tampilan Adafruit io



Gambar 5 Tampilan Pada Adafruit io



Gambar 6 Tampilan Pada Display Touch

	A	B	C	D	E	F	G	H
1632	7-16_2'16:58	198.6	0.27	52.83	0.010932	0.51	1352	16.2587
1633	7-16_2'17:18	199.2	0.24	48.41	0.01118	0.5	1352	16.6267
1634	7-16_2'17:38	199.9	0.28	56.17	0.011439	0.51	1352	17.0121
1635	7-16_2'17:58	199.7	0.44	87.07	0.011747	0.54	1352	17.4702
1636	7-16_2'18:18	200.5	0.3	59.35	0.012	0.52	1352	17.8467
1637	7-16_2'18:38	200.9	0.46	92.41	0.012481	0.55	1352	18.562
1638	7-16_2'18:58	202.3	0.42	85.57	0.012852	0.54	1352	19.113
1639	7-16_2'19:18	202.5	0.51	103.28	0.013161	0.54	1352	19.5736
1640	7-16_2'19:38	202.6	0.26	53.49	0.013519	0.51	1352	20.1051
1641	7-16_2'19:58	202.2	0.5	100.29	0.013849	0.54	1352	20.5964
1642	7-16_2'20:18	202.5	0.52	105.1	0.014265	0.54	1352	21.2155
1643	7-16_8'4:40	213.3	0	0	0	0	415	0
1644	7-16_8'5:0	213.2	0.05	10.45	0.000032	0.52	415	0.0148
1645	7-16_8'5:20	213.1	0.09	18.33	0.000124	0.57	415	0.0565
1646	7-16_8'5:40	214	0.11	24.4	0.000233	0.57	415	0.1065
1647	7-16_8'6:0	212.6	0.11	24.24	0.000352	0.57	415	0.1607
1648	7-16_8'6:20	213.9	0.11	23.96	0.000458	0.57	415	0.2089
1649	7-16_8'6:40	212.9	0.12	24.48	0.000572	0.57	415	0.2612
1650	7-16_8'7:0	213.6	0.1	21.79	0.000675	0.56	415	0.308

Gambar 7 Data Rekap Pada Spreadsheet

Beban Lampu (23 Watt), Charger Hp (20 Watt) , Kipas angin (20 Watt) Pada Daya 450 Va							
Time	Voltage (V)	Current (A)	Faktor Daya (PF)	Daya Aktif (W)	Energi (kWh)	Tarif Listrik	Biaya (+PBJT)
7-26-17:30:12	197.6	0.25	0.87	42.5	0.000118	415	0.0537
7-26-17:30:32	198.6	0.29	0.88	50.7	0.000344	415	0.1568
7-26-17:30:52	199.2	0.31	0.87	53.3	0.000535	415	0.2442
7-26-17:31:12	198.2	0.31	0.87	52.8	0.000787	415	0.3593
7-26-17:31:32	198	0.3	0.88	51.4	0.001031	415	0.4708
7-26-17:31:52	197.9	0.29	0.88	50	0.001241	415	0.5667
7-26-17:32:12	197.7	0.29	0.88	49.9	0.001464	415	0.6685
7-26-17:32:32	196.6	0.29	0.88	50.1	0.0017	415	0.7759
7-26-17:32:52	195.9	0.28	0.88	48.5	0.001918	415	0.8755
7-26-17:33:12	195.6	0.28	0.88	48.8	0.002132	415	0.9733
7-26-17:33:32	195.6	0.28	0.88	48.4	0.002345	415	1.0706
7-26-17:33:52	195.7	0.28	0.88	48.1	0.002573	415	1.1744
7-26-17:34:12	195.5	0.29	0.88	50.2	0.002788	415	1.2729
7-26-17:34:32	196.3	0.28	0.89	48.4	0.003017	415	1.3771
7-26-17:34:52	194.5	0.27	0.89	47.1	0.003229	415	1.4741
7-26-17:35:12	195.7	0.28	0.89	48.2	0.003443	415	1.5716

Tabel 1 Pengujian alat Daya 450 Va

Beban Lampu (23 Watt), Charger Hp (20 Watt) , Kipas angin (20 Watt) Pada Daya 900 Va							
Time	Voltage (V)	Current (A)	Faktor Daya (PF)	Daya Aktif (W)	Energi (kWh)	Tarif Listrik	Biaya (+PBJT)
7-26-17:35:52	196.4	0.28	0.89	47.8	0.000133	1352	0.1985
7-26-17:36:12	197.1	0.27	0.89	47.2	0.000332	1352	0.4939
7-26-17:36:32	196.4	0.27	0.89	47.2	0.000558	1352	0.8301
7-26-17:36:52	197.2	0.27	0.89	47.1	0.000779	1352	1.1589
7-26-17:37:12	196.9	0.27	0.89	46.8	0.001002	1352	1.4897
7-26-17:37:32	196.9	0.27	0.89	47.1	0.001214	1352	1.8048
7-26-17:37:52	196.3	0.27	0.89	46.7	0.001435	1352	2.1336
7-26-17:38:12	198.1	0.27	0.89	47.3	0.001632	1352	2.4273
7-26-17:38:32	198.6	0.27	0.89	47.6	0.001856	1352	2.7603
7-26-17:38:52	197.9	0.27	0.89	47.2	0.002067	1352	3.0739
7-26-17:39:12	198.8	0.27	0.89	47.4	0.002277	1352	3.3864
7-26-17:39:32	198.8	0.28	0.89	48.8	0.002509	1352	3.7314
7-26-17:39:52	199.2	0.28	0.89	48.7	0.002726	1352	4.0541
7-26-17:40:12	199.6	0.27	0.89	47.6	0.002923	1352	4.3473
7-26-17:40:32	199.9	0.27	0.89	47.3	0.003133	1352	4.6595
7-26-17:40:52	199.4	0.26	0.89	46.3	0.003355	1352	4.9897

Tabel 2 Pengujian alat Daya 900 Va



Pengujian alat Smart KWh Meter pada *Tabel 1* menunjukkan monitoring dengan membebankan daya pada sebuah Lampu 23 Watt, Charger Hp 20 Watt, Kipas Angin 20 Watt, menggunakan daya listrik 450 VA selama 5 menit. Berdasarkan hasil monitoring alat, diperoleh biaya pemakaian listrik sebesar Rp. 1.5716 yang dihitung secara otomatis oleh sistem berdasarkan energi listrik yang terukur dan tarif per kWh sesuai golongan daya 450 VA.

Pengujian alat Smart kWh Meter pada *Tabel 2* menunjukkan monitoring dengan membebankan daya pada sebuah Lampu 23 Watt, Charger Hp 20 Watt, Kipas Angin 20 Watt, menggunakan daya listrik 900 VA selama 5 menit. Berdasarkan hasil monitoring alat, diperoleh biaya pemakaian listrik sebesar Rp. 4.9897 yang dihitung secara otomatis oleh sistem berdasarkan energi listrik yang terukur dan tarif per kWh sesuai golongan daya 900 VA.

Perbedaan hasil pengujian pada *Tabel 1* dan *2* menunjukkan bahwa pengujian dengan tiga beban (Lampu 23 W, Charger HP 20 W, dan Kipas 20 W) selama 5 menit menunjukkan bahwa golongan daya 900 VA menghasilkan biaya Rp. 4.9897, sedangkan daya 450 VA hanya Rp. 1.5716. Selisih ini terjadi karena tarif listrik per kWh untuk daya 900 VA (Rp1.352/kWh) jauh lebih tinggi dibandingkan daya 450 VA (Rp415/kWh), meskipun energi yang dikonsumsi relatif sama. Artinya, semakin tinggi golongan daya, semakin besar biaya yang dikeluarkan untuk konsumsi energi yang sama.

Time	Voltage (V)	Current (A)	Faktor Daya (PF)	Daya Aktif (W)	Energi (kWh)	Tarif Listrik	Biaya (+PBJT)
7-26-17:41:32	199.6	0.08	0.55	8.5	0.000019	415	0.0088
7-26-17:41:52	200.4	0.08	0.55	8.3	0.000059	415	0.0268
7-26-17:42:12	199	0.08	0.54	8.1	0.000095	415	0.0435
7-26-17:42:32	198.7	0.07	0.55	8	0.000129	415	0.0587
7-26-17:42:52	199.3	0.07	0.55	7.9	0.000166	415	0.0758
7-26-17:43:12	199.3	0.08	0.55	8.7	0.000198	415	0.0904
7-26-17:43:32	199.1	0.08	0.54	8.1	0.000238	415	0.1084
7-26-17:43:52	196.6	0.07	0.55	7.4	0.000273	415	0.1246
7-26-17:44:12	196.3	0.07	0.55	7.3	0.000306	415	0.1395
7-26-17:44:32	194.2	0.08	0.56	8.3	0.000344	415	0.1568
7-26-17:44:52	192.6	0.07	0.55	7.9	0.000385	415	0.1757
7-26-17:45:12	192.4	0.07	0.55	7.3	0.000416	415	0.1899
7-26-17:45:32	192.3	0.08	0.55	8.2	0.000453	415	0.2068
7-26-17:45:52	193.9	0.07	0.55	7.6	0.000489	415	0.2231
7-26-17:46:12	195.4	0.07	0.55	7.5	0.000521	415	0.238
7-26-17:46:32	194.8	0.07	0.54	6.9	0.000554	415	0.2528

Tabel 3 Pengujian alat beban Charger Hp Daya 450 Va

Time	Voltage (V)	Current (A)	Faktor Daya (PF)	Daya Aktif (W)	Energi (kWh)	Tarif Listrik	Biaya (+PBJT)
7-26-17:47:52	197	0.06	0.53	6.4	0.00002	1352	0.0293
7-26-17:48:12	195.9	0.06	0.53	6.1	0.000049	1352	0.0732
7-26-17:48:32	196.5	0.06	0.52	6	0.000076	1352	0.1136
7-26-17:48:52	197.5	0.06	0.52	5.9	0.000105	1352	0.1563
7-26-17:49:12	197.2	0.06	0.53	6.4	0.000135	1352	0.2013
7-26-17:49:32	198.4	0.05	0.52	5.6	0.000161	1352	0.239
7-26-17:49:52	198.2	0.05	0.51	5.3	0.000187	1352	0.2782
7-26-17:50:12	195.6	0.05	0.52	5.4	0.000211	1352	0.3136
7-26-17:50:32	196.6	0.05	0.51	5.3	0.000236	1352	0.3514
7-26-17:50:52	199	0.05	0.5	5.3	0.000262	1352	0.3897
7-26-17:51:12	198.6	0.06	0.53	5.9	0.000288	1352	0.4284
7-26-17:51:32	199.1	0.05	0.5	4.8	0.000316	1352	0.4705
7-26-17:51:52	199.1	0.05	0.5	4.7	0.000339	1352	0.5037
7-26-17:52:12	199.6	0.05	0.51	4.8	0.000362	1352	0.5379
7-26-17:52:32	197.3	0.05	0.52	5.1	0.00038	1352	0.5654
7-26-17:52:52	196.9	0.06	0.53	5.8	0.000408	1352	0.6075

Tabel 4 Pengujian alat beban Charger Hp Daya 900 Va

Pengujian alat Smart KWh Meter pada *Tabel 3* menunjukkan monitoring dengan membebankan daya pada sebuah Charger Hp 20 Watt menggunakan daya listrik 450 VA selama 5 menit. Berdasarkan hasil monitoring alat, diperoleh biaya pemakaian listrik sebesar Rp. 0.2528 yang dihitung secara otomatis oleh sistem berdasarkan energi listrik yang terukur dan tarif per kWh sesuai golongan daya 450 VA.



Pengujian alat Smart KWh Meter pada Tabel 4 menunjukkan monitoring dengan membebani daya pada sebuah Charger Hp 20 Watt menggunakan daya listrik 900 VA selama 5 menit. Berdasarkan hasil monitoring alat, diperoleh biaya pemakaian listrik sebesar Rp. 0.6075 yang dihitung secara otomatis oleh sistem berdasarkan energi listrik yang terukur dan tarif per kWh sesuai golongan daya 900 VA.

Perbedaan hasil pengujian pada Tabel 3 dan 4 menunjukkan bahwa dengan beban yang sama (Charger HP 20 Watt selama 5 menit), biaya penggunaan listrik pada daya 900 VA (Rp. 0.6075) lebih tinggi dibandingkan daya 450 VA (Rp. 0.2528). Hal ini disebabkan oleh perbedaan tarif per kWh, di mana tarif untuk daya 900 VA (Rp1.352/kWh) lebih besar daripada tarif daya 450 VA (Rp415/kWh). Meskipun energi yang dikonsumsi hampir sama, golongan daya yang lebih tinggi tetap menghasilkan biaya yang lebih besar karena tarifnya lebih mahal.

Analisa Harga

Berdasarkan salah satu sampel data pada tabel 4, saat Charger beban Hp dinyalakan selama 1 menit, di menit 51:32 - 52:32 yang memiliki nilai rata-rata:

Voltage = 198,77

Arus = 0,05

Pf = 0,50

Daya beban (Watt) dalam jam adalah 4,969

$4,969 : 1000 = 0,004969 \text{ Kwh}$

$0,004969 : 3600 = 0,00000138034 \text{ Kwh /detik}$

$0,00000138034 \times 1.352 = 0,0018662 \text{ Harga / detik}$

$0,0018662 \times 60 \text{ detik} = 0,111973 \text{ Harga selama 60 detik.}$

$0,111973 + (0,111973 \times 10\%) = \text{Rp.0,1231 (harga + Pbjt-tl)}$

Harga di tabel

Harga menit akhir - Harga menit awal

Rp. Rp. 0.5654 - Rp. 0.4705 = **Rp. 0,0949**

Selisih perbandingan harga:

$\text{Rp.0,1231} - \text{Rp. 0,0949} = \text{Rp. 0,028}$

(Perhitungan perbandingan harga bisa berubah dikarenakan perubahan tegangan dan arus di setiap detik)

Akurasi Alat

Pengambilan data alat akan dibandingkan dengan alat ukur dan juga Kwh Meter untuk mengetahui akurasi dari alat.

1. Hasil Akurasi Pengukuran alat dengan Perbandingan Alat Ukur pada :

A. Daya 450 Va

Monitor	Akurasi dan Error (%) Rata- rata dengan Multi Meter	
	Akurasi	Error Rata-rata
Daya 450 Va		
Voltage (V)	99.8	0.1
Current (A)	97.6	2.3



B. Daya 900 Va

Monitor	Akurasi dan Error (%) Rata- rata dengan Multi Meter	
	Akurasi	Error Rata-rata
Daya 900 Va		
Voltage (V)	99.7	0.2
Current (A)	96.3	3.6

2. Hasil Akurasi pengukuan alat dengan perbandingan Kwh meter

Data pada alat akan dibandingkan dengan monitoring Kwh meter Pln dengan menekan kode 41,43,47 pada kWh Meter dengan pembacaan tegangan , arus, dan daya aktif di waktu yang sama.

Monitor	Akurasi dan Error (%) Rata- rata dengan Kwh Meter	
	Akurasi	Error Rata-rata
Daya		
Voltage (V)	99.6	0.3
Current (A)	97.2	2.7
Daya Aktif (Watt)	87.3	12.6

Pembahasan

Berdasarkan pengujian, sistem Smart KWh Meter menunjukkan akurasi tinggi dalam mengukur tegangan dan arus, dengan deviasi $\pm 0-5\%$ dibandingkan alat standar, sehingga layak untuk penggunaan non-komersial. Deviasi daya aktif disebabkan oleh cakupan pengukuran terbatas, panjang kabel, dan rendahnya power factor pada beban induktif. Sistem tetap stabil dan konsisten dalam menghitung biaya energi, termasuk penerapan tarif dan PBJT-TL 10%. Data dikirim setiap 20 detik untuk menjaga kestabilan dan mencegah kesalahan sinkronisasi. Akurasi sistem berada pada kisaran 95,7%-100%, masih dalam batas toleransi rumah tangga. Perbedaan nilai disebabkan oleh fluktuasi beban, toleransi sensor, dan kalibrasi yang belum sempurna. Secara keseluruhan, sistem ini layak digunakan untuk monitoring konsumsi listrik secara real-time.

KESIMPULAN

1. Sistem Smart KWh Meter berhasil dirancang dan diimplementasikan menggunakan ESP32, PZEM-004T, RTC DS3231, dan TFT touchscreen. Sistem mampu menampilkan parameter kelistrikan dan estimasi biaya secara real-time serta terintegrasi dengan Adafruit IO dan Google Spreadsheet. Uji coba menunjukkan sistem dapat diakses dari jarak jauh hingga 6 km selama terhubung internet, sehingga cocok untuk monitoring energi rumah tangga atau institusi pendidikan.
2. Hasil pengujian menunjukkan akurasi pengukuran cukup baik, dengan deviasi $\pm 0\%$ hingga $\pm 5\%$ dibanding alat ukur konvensional. Perhitungan daya dan biaya dilakukan berdasarkan rumus kelistrikan, dilengkapi pencatatan waktu dari RTC dan pengaturan tarif serta PBJT-



TL 10% melalui touchscreen. Hasil estimasi biaya mendekati KWh meter standar, sehingga sistem layak digunakan untuk monitoring energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, N., Lukita, A., Aribowo, W., & Chandra, A. (2024). *Rancang Bangun Alat Pembersih Solar Panel Menggunakan Wiper Dan Rolling Brush Secara Otomatis Berbasis Mqtt*. 6. <https://doi.org/10.30996/elsains.v6i1.10309>
- Ayuningtyas, A. A. (2022). Penerapan Internet of things (IoT) dalam Upaya Mewujudkan Perpustakaan Digital di Era Society 5.0. *Jurnal Ilmu Perpustakaan*, 11(1), 29-36. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jip/article/view/40244>
- Bayu, A., Pratama, Much Ibnu Subroto, I., & Riansyah, A. (2022). Sistem Monitoring Dan Kontrol Kualitas Air Pada Kolam Ikan Koi Berbasis Internet of Things (IoT). *Jurnal Transistor Elektro Dan Informatika (TRANSISTOR EI)*, 4(3), 171-180. <http://jurnal.unissula.ac.id/online/index.php/EI>
- Cholish, C., Rimbawati, R., & Hutasuht, A. A. (2017). Analisa Perbandingan Switch Mode Power Supply (SMPS) dan Transformator Linear Pada Audio Amplifier. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 1(2), 90-102. <https://doi.org/10.22373/crc.v1i2.2079>
- Darma, S. (2019). *Studi sistem peneraan kwh meter*. 4(3), 158-165.
- Harpad, B., Salmon, S., & Saputra, R. M. (2022). Sistem Monitoring Kualitas Udara Di Kawasan Industri Dengan Nodemcu ESP32 Berbasis IoT. *Jurnal Informatika Wicida*, 12(2), 39-47. <https://doi.org/10.46984/inf-wcd.1955>
- Ii, B. A. B., & Pustaka, T. (n.d.). *TINJAUAN PUSTAKA 2.1 Kajian Teori 2.1.1. Mikrokontroller ESP-32*. 4-10.
- Karuniawan, A. E., Teknik, F., Studi, P., Elektro, T., & Kudus, U. M. (2024). *SISTEM MONITORING KONSUMSI ENERGI LISTRIK KWH METER SECARA REAL TIME PADA RUMAH TANGGA BERBASIS IOT*. 4(1), 15-24.
- Nizam, M. N., Haris Yuana, & Zunita Wulansari. (2022). Mikrokontroler ESP 32 Sebagai Alat Monitoring Pintu Berbasis Web. *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, 6(2), 767-772. <https://doi.org/10.36040/jati.v6i2.5713>
- PUJIANTO, M. C. C., Winarno, I., Winarno, I., Rahmatullah, D., & Rahmatullah, D. (2022). Smart Meter Dan Pengontrol Penggunaan Energi Listrik Berdasarkan Smart Relay Dengan Komunikasi Ethernet Dan Wireless. *Media ElektriKa*, 14(2), 87. <https://doi.org/10.26714/me.v14i2.7047>
- Susanto, B. M., Atmadji, E. S. J., & Brenkman, W. L. (2018). Implementasi Mqtt Protocol Pada Smart Home Security Berbasis Web. *Jurnal Informatika Polinema*, 4(3), 201-205. <https://doi.org/10.33795/jip.v4i3.207>
- Sutono, S., & Nursoparisa, A. (2020). Perancangan Sistem Kendali Automatisasi Control Debit Air pada Pengisian Galon Menggunakan Modul Arduino. *Media Jurnal Informatika*, 11(1), 33. <https://doi.org/10.35194/mji.v11i1.885>