

Monitoring Konsumsi Daya Listrik Menggunakan *Google Spreadsheet*

Zarah Zealita¹, Vicky Prasetya^{2*}, Zaenurrohman³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Listrik, Politeknik Negeri Cilacap

^{1,2,3}Jln. Dr. Soetomo No.1 Karangcengis Sidakaya, Kabupaten Cilacap, 53212, Indonesia

E-mail: zarah21_tla.stu@pnc.ac.id¹, vickyprasetya@pnc.ac.id², zaenur@pnc.ac.id³

Info Naskah:

Naskah masuk: 19 November 2024

Direvisi: 10 Desember 2024

Diterima: 22 Januari 2025

Abstrak

Kurangnya informasi yang mendetail tentang konsumsi daya listrik harian pada setiap perangkat elektronik dapat menghambat perhitungan biaya konsumsi energi listrik secara akurat. Hal ini dapat mempengaruhi akurasi dan kemudahan dalam mengakses data konsumsi listrik. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem pembacaan daya listrik menggunakan sensor PZEM-004T serta sistem pemantauan daya listrik dan biaya penggunaan listrik melalui *Google Spreadsheet*. Sistem ini dirancang untuk mengukur arus, tegangan, daya, dan biaya listrik dengan tingkat akurasi yang tinggi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pembacaan meter kWh dapat mengukur daya listrik menggunakan sensor PZEM-004T dengan tingkat akurasi tegangan (volt) sebesar 99,805%, arus (ampere) 89,71%, dan daya (watt) 99,98% pada setiap pengujian. Data dari sistem *monitoring* sensor serta perhitungan biaya dapat ditampilkan secara efektif di *Google Spreadsheet*, yang berfungsi dengan baik untuk mengukur dan menampilkan data arus, tegangan, daya, dan tagihan listrik.

Keywords:

google spreadsheet;

kilowatt-hour;

PZEM-004T sensor.

Abstract

The lack of detailed information on the daily electricity consumption of each electronic device can hinder the accurate calculation of electricity consumption costs. This can affect the accuracy and ease of access to electricity consumption data. This research aims to develop an electric power reading system using the PZEM-004T sensor, an electricity power monitoring system, and the cost of electricity usage through Google Sheets. The system is designed to measure current, voltage, power, and electricity costs with high accuracy. The test results show that the KWH meter reading system can measure electricity consumption using the PZEM-004T sensor with accuracy values of 99.805% for voltage (volts), 89.71% for current (amperes), and 99.98% for power (watts) in each test. The data from the sensor monitoring system and cost calculations can be effectively displayed on Google Sheets, which functions well for measuring and displaying data for current, voltage, power, and electricity billing.

*Penulis korespondensi:

Vicky Prasetya

E-mail: zarah21_tla.stu@pnc.ac.id

1. Pendahuluan

Di era teknologi saat ini, listrik menjadi kebutuhan yang harus digunakan oleh setiap orang, baik di rumah, lembaga, maupun perusahaan [1]. Listrik berfungsi sebagai sumber energi utama untuk berbagai aktivitas rumah tangga dan industri [2]. Sebagian besar perangkat yang ada di masyarakat memanfaatkan listrik sebagai sumber energi [3]. Dengan meningkatnya kebutuhan energi, muncul kesadaran akan pentingnya memperhatikan terhadap penggunaan energi [4]. Penggunaan energi harus dihitung dengan cermat untuk memastikan bahwa penggunaannya sesuai dengan peraturan yang ada dan dilakukan dengan cara yang efisien [5]. Untuk itu, dibutuhkan alat yang disebut kWh meter untuk mengukur jumlah energi yang digunakan [6]. kWh meter adalah perangkat yang digunakan untuk menghitung jumlah energi listrik yang digunakan oleh konsumen, baik itu rumah tangga maupun bisnis pada setiap jam dan dihitung berdasarkan tarif listrik yang berlaku [7]. Namun, saat ini perusahaan penyedia tenaga listrik atau PLN belum menyediakan meteran yang dapat menunjukkan nilai dalam satuan rupiah [8]. kWh meter dapat menunjukkan tingkat konsumsi energi dalam rumah, meskipun hasilnya hanya mencerminkan penggunaan energi secara keseluruhan [9]. Akan tetapi, penggunaan kWh meter saja tidak cukup untuk memantau parameter kelistrikan lainnya karena alat ini hanya mencatat total konsumsi listrik [10].

Energi listrik umumnya digunakan untuk berbagai peralatan elektronik di rumah tangga, seperti televisi, lampu, dispenser, mesin cuci, dan rice cooker. Setiap perangkat elektronik memiliki kebutuhan energi yang berbeda, sehingga semakin tinggi konsumsi energi, semakin besar pula biaya yang harus dibayar [11]. Tanpa informasi yang akurat mengenai jumlah daya yang digunakan oleh setiap perangkat elektronik setiap harinya, perhitungan biaya yang lebih tepat bisa menjadi sulit dilakukan [12]. Kesalahan dalam pembacaan atau pencatatan penggunaan listrik pelanggan sering kali menimbulkan masalah [7]. Hal ini biasanya terjadi karena dalam proses pencatatan meteran listrik secara manual dari rumah ke rumah, seringkali muncul situasi di mana penghuni tidak ada di rumah, sehingga petugas tidak bisa melakukan pengecekan meteran. Akibatnya, petugas terkadang menambahkan tagihan pada bulan berikutnya [13]. Untuk menghindari hal ini, diperlukan sistem pemantauan untuk memantau jumlah energi yang digunakan oleh perangkat elektronik [11].

Agar mengatasi masalah tersebut, *Google Spreadsheet* dapat menjadi alat pemantauan yang dapat digunakan oleh semua orang. Penggunaan aplikasi ini merupakan inovasi penting yang membantu masyarakat dalam memantau konsumsi daya pada meter kilowatt-jam baik secara lokal maupun jarak jauh secara terus-menerus.

Rancangan dibuat untuk memantau konsumsi daya listrik di rumah tangga dengan memanfaatkan *Google Spreadsheet*. Tujuan dari rancangan ini adalah untuk membantu orang mengetahui seberapa banyak daya yang digunakan oleh perangkat elektronik rumah tangga secara terus-menerus dengan akses yang mudah, serta memberikan cara bagi mereka untuk mengontrol penggunaan energi sehari-hari [14].

Beberapa penelitian serupa telah dilakukan, namun terdapat beberapa kelemahan. Salah satunya adalah jurnal karya Andriana, Hadi Baehaqi, dan Zulkarnain pada tahun 2019 yang berjudul "Sistem kWh Meter Digital Menggunakan Modul PZEM-004T". Jurnal ini membahas pembuatan alat pemantauan penggunaan energi listrik berbasis operasi Android dengan menggunakan modul PZEM-004T. Peneliti mengembangkan sistem untuk membaca jumlah pemakaian energi listrik yang meliputi tegangan, arus, daya aktif, dan akumulasi energi, serta memungkinkan pemantauan secara real-time yang disimpan dalam basis data. Namun, kelemahan dalam jurnal ini adalah perhitungan energi pada beberapa sampel percobaan yang kurang akurat, karena pendekatan angka meter hanya sampai pada bilangan satuan dan tidak mencakup angka di belakang desimal [11]. Jurnal lain yang ditulis oleh Rasyid Hardi Wirasmita, Dias Prihatmoko, dan Mochamad Supriyadi pada tahun 2022 dengan judul "Sistem Monitoring Pemakaian Daya Listrik pada kWh Meter menggunakan Arduino dan SMS Gateway" membahas sistem pemantauan kWh meter yang menggunakan SMS sebagai sarana komunikasi dengan penggunanya. Dalam jurnal ini, peneliti memanfaatkan Arduino sebagai alat konfigurasi untuk pembacaan sensor pada sistem pemantauan kWh meter. Kelemahan dari penelitian ini adalah peneliti hanya membatasi pengambilan data kWh meter dengan membaca data arus dan tegangan saja [3]. Jurnal lainnya yang ditulis oleh Nurvia Utama, Ir. Sutedjo, MT, dan Ir. M. Zaenal Efendi, MT dengan judul "Sistem Monitoring kWh Meter 3 Phase dan Kalkulasi Biaya Pemakaian" menjelaskan sistem pemantauan pembacaan kWh meter analog yang dimodifikasi agar dapat dibaca secara digital, menggunakan rangkaian sensor *optocoupler*, rangkaian sistem minimum, serta komputer atau laptop. Kelemahan dari jurnal ini adalah pada sistem pembacaan hasil *monitoring* yang menggunakan *Visual Basic*, yang mana tidak semua orang dapat dengan mudah mengakses atau menggunakan sistem tersebut [15]. Berdasarkan beberapa hasil penelitian-penelitian sebelumnya maka dibuatlah penelitian berjudul "Monitoring Konsumsi Daya Listrik Menggunakan Google Spreadsheet" dengan database *Google Spreadsheet*. Penelitian ini menghasilkan alat monitoring konsumsi daya listrik yang dapat ditampilkan secara online.

2. Metode

2.1 Metode Akurasi

Pengujian sistem dengan menggunakan nilai akurasi yang bertujuan untuk memastikan bahwa alat *monitoring* konsumsi daya listrik yang dirancang dan dibuat berfungsi dengan benar dan hasil yang ditampilkan pada LCD serta *Google Spreadsheet* akurat dan sesuai dengan data yang diukur oleh sensor. Selain itu, pengujian juga bertujuan untuk memastikan bahwa semua komponen sistem bekerja secara sinergis untuk memberikan informasi yang akurat dan relevan mengenai konsumsi daya listrik. Perhitungan nilai akurasi dilakukan dengan persamaan 1 dan 2 di bawah ini:

$$\text{Nilai Akurasi} = 100\% - \text{Nilai Presentase Kesalahan} \quad (1)$$

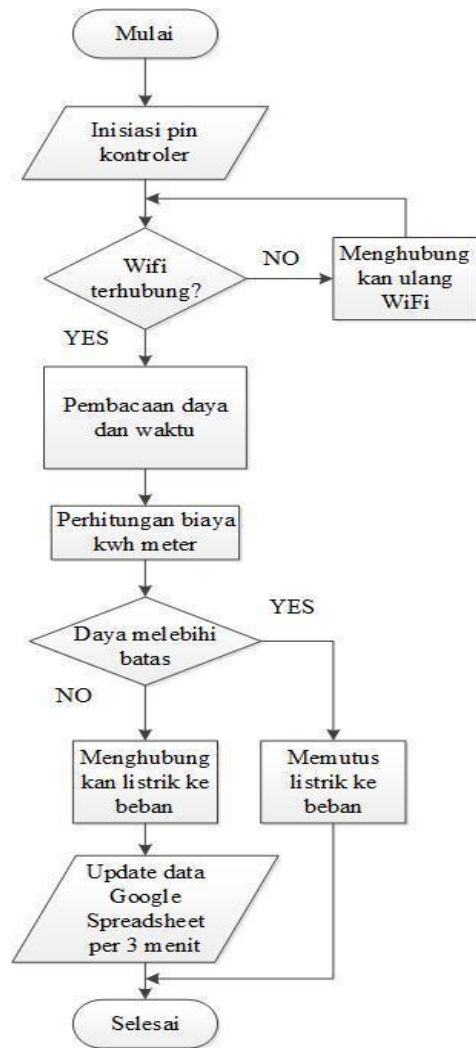
$$\text{Nilai presentase kesalahan} = \frac{\text{rata-rata selisih}}{\text{Rata-rata Alat ukur}} \quad (2)$$

2.2 Diagram Alir

Diagram alir atau flowchart sistem nantinya akan menggambarkan lebih detail tentang pembuatan alat monitoring konsumsi daya ini. Pada diagram alir di bawah akan menggambarkan proses awal hingga akhir sistem ini bekerja. Berikut ditampilkan diagram alir perancangan sistem secara umum, bagaimana sensor-sensor yang digunakan diolah yang kemudian dijadikan suatu proses pada alat *monitoring*. Sehingga semua sensor-sensor yang dipakai dapat beroperasi, dan diberikan sebuah perintah program pada board NodeMCU ESP32 untuk tujuan tertentu. Pada gambar 1 ditampilkan diagram alir alat *monitoring* konsumsi daya listrik.

Diagram alir pada gambar 1 menjelaskan cara kerja alat kWh meter pascabayar sebagai berikut :

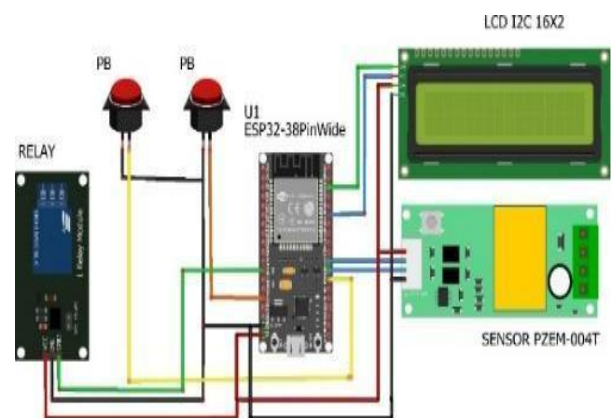
- 1) Inisiasi pin kontroler NodeMCU ESP-32 sebagai penghubung kontroler dengan komponen.
- 2) WiFi *connect* dengan WiFi SSID dan WiFi Password yang dibuat pada program akan *auto connect* dengan kontroler yang digunakan sebagai konfigurasi awal penghubungan *device* dengan *smartphone*. Jika WiFi *reconnect* maka kontroler akan *reconnecting* dengan WiFi.
- 3) Pembacaan sensor PZEM-004T yang digunakan untuk membaca besar arus, daya, tegangan dan biaya pada kWh meter serta RTC DS 3231 yang digunakan untuk menyimpan data *real time* seperti tanggal, bulan, tahun, jam, menit, detik.
- 4) Terdapat dua *push button* pada alat *monitoring* yaitu PB *select* dan PB *reset*. PB *select* digunakan untuk menampilkan hasil data alat kWh meter yang diinginkan pada LCD. Apabila tombol ditekan 1x maka akan menunjukkan nilai arus dan jika tombol ditekan kembali 1x akan menampilkan nilai tegangan, begitu juga seterusnya untuk menampilkan nilai daya serta biaya kWh meter pada tampilan LCD. Pada PB *reset* digunakan untuk *me-reset* data.
- 5) Hasil pembacaan data akan dikirim ke *Google Spreadsheets* dan ditampilkan pada LCD i2C. Apabila terdapat beban berlebih akan ditandai dengan suara buzzer dan sistem otomatis akan berhenti.



Gambar 1. Flowchart sistem monitoring

2.3 Perancangan Rangkaian Elektrik

Rangkaian elektrik merupakan gambaran secara utuh tentang alat KWH meter yang akan dibuat. Adapun perancangan dari keseluruhan rangkaian elektrik alat KWH meter dengan NodeMCU-ESP32 sebagai *controller*. Pada gambar 2 ditunjukkan perancangan rangkaian elektrik keseluruhan.



Gambar 2. Rangkaian Sistem Elektrik

3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian sensor PZEM-004T dilakukan dengan menguji setiap fitur yang dapat dideteksi oleh sensor; seperti tegangan, arus dan daya. Namun, dalam pelaksanaannya nilai atau data yang akan diambil adalah yang dibutuhkan dalam pemantauan KWH meter pada umumnya. Pengujian akan dibandingkan dengan menggunakan alat ukur tang ampere sebagai dasar atas validasi nilai atau data yang berasal dari sumber dan yang masuk kedalam KWH meter.

3.1 Pengujian Tegangan PZEM-004T Sensor

Pengujian tegangan listrik dilakukan untuk mengetahui besar tegangan yang berasal dari sumber yang masuk ke alat *monitoring*. Tegangan akan dibaca oleh sensor PZEM-004T yang akan ditampilkan pada LCD alat *monitoring*.

Tabel 1. Hasil Pengujian Tegangan Listrik

No	Tang Ampere (V)	Tampilan Alat (V)	Selisih
1.	225.4	226	0.6
2.	225.9	226	0.1
3.	225.7	226	0.3
4.	225.3	226	0.7
5.	225.5	226	0.5



Gambar 3. Hasil Pengujian Tegangan

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 1 diatas, yang dilakukan dengan alat bantu tang ampere pada gambar 2, serta hasil pada tampilan LCD, diperoleh perhitungan nilai akurasi untuk memvalidasi konsistensi dan ketepatan pembacaan sensor.

$$\begin{aligned} \text{Presentasi Kesalahan} &= \frac{\text{Rata - rata selisih}}{\text{Rata - rata alat ukur}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rata - rata Selisih}}{\text{Rata Alat Ukur}} \\ &= \frac{0,6 + 0,1 + 0,3 + 0,7 + 0,5}{5} = 0,44 \\ &= \frac{225,4 + 225,9 + 225,7 + 225,5}{5} = 225,76 \\ &= \frac{0,44}{225,76} \times 100\% = 0,195\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Akurasi} &= 100\% - \text{Persentase kesalahan} \\ \text{Akurasi} &= 100\% - 0,195\% = 99,805 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil pengujian tegangan diatas dengan menghitung nilai akurasi keseluruhan, dapat disimpulkan bahwa alat *monitoring* memiliki tingkat akurasi yang sangat tinggi, yaitu sekitar 99.78%. hal ini menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T dan sistem tampilan pada LCD berfungsi dengan sangat baik dalam mengukur dan menampilkan tegangan listrik. Presentase kesalahan yang sangat kecil yaitu 0.222% mengindikasikan bahwa perbedaan antara nilai yang diukur oleh alat dan nilai referensi dari tang ampere sangat minimal. Alat *monitoring* memiliki nilai akurasi yang tinggi ini dapat diandalkan untuk digunakan dalam pemantauan konsumsi daya listrik. Hasil ini juga menunjukkan bahwa sistem sensor dan tampilan telah dirancang dan dikalibrasi dengan baik, sehingga menghasilkan data yang konsisten dan dapat dipercaya.

3.2 Arus Pengujian Sensor PZEM-004T

Pengujian arus dilakukan untuk menilai kinerja sensor dalam mengukur arus listrik berdasarkan tegangan yang diterima. Proses ini melibatkan pengambilan data dengan menggunakan beban yang sama, yaitu kipas angin, untuk memastikan hasil yang konsisten. Pengujian dilakukan lima kali dengan interval waktu satu menit di antara setiap pengukuran. Untuk mengukur arus, alat yang digunakan adalah tang ampere, yang berfungsi untuk memverifikasi hasil pengukuran arus yang dilakukan oleh sensor PZEM-004T

Tabel 2. Hasil Pengujian Arus

No.	Tang Ampere (A)	Tampilan Alat (A)	Selisih
1.	0.14	0.15	0.01
2.	0.13	0.15	0.02
3.	0.13	0.15	0.02
4.	0.14	0.15	0.01
5.	0.14	0.15	0.01



Gambar 4. Hasil Pengujian Arus

Berdasarkan hasil pengujian pada Tabel 2 diatas yang dilakukan dengan alat bantu tang ampere pada gambar 3 dan hasil pada tampilan LCD didapatkan perhitungan nilai akurasi guna memvalidasi konsistensi dan keakuratan dari pembacaan sensor.

$$\begin{aligned} \text{Presentasi Kesalahan} &= \frac{\text{Rata - rata selisih}}{\text{Rata - rata alat ukur}} \times 100\% \\ &= \frac{\text{Rata - rata Selisih}}{5} \\ &= \frac{0,01 + 0,02 + 0,02 + 0,01 + 0,01}{5} = 0,014 \end{aligned}$$

$$\text{Rata Alat Ukur} = \frac{0,14 + 0,13 + 0,13 + 0,14 + 0,14}{5} = 0,136$$

$$\text{Presentasi Kesalahan} = \frac{0,014}{0,136} \times 100\% = 10,29\%$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Persentase kesalahan}$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - 10,29\% = 89,71\%$$

Hasil perhitungan diatas, didapat kesimpulan bahwa alat *monitoring* menunjukkan presentase kesalahan sekitar 10.29%, yang menghasilkan nilai akurasi keseluruhan sekitar 89.71%. Hal ini menunjukkan bahwa pembacaan sensor dan pengukuran alat ukur tang ampere cukup akurat.

3.3 Pengujian Daya Listrik

Pengujian daya listrik dilakukan untuk mengetahui besaran daya yang terbaca oleh alat. Pengujian ini penting untuk memvalidasi data daya yang tertera pada beban. Proses daya listrik yang masuk ke sistem akan dibaca oleh sensor PZEM-004T, dan hasilnya akan ditampilkan pada LCD. Hasil pengujian daya listrik dengan menggunakan beban seperti kulkas, mesin cuci, dan penanak nasi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Daya Listrik

NO.	Arus (A)	Tegangan (V)	Daya Tampilan (W)	Hasil Perhitungan (P = IxV)	Selisih
1.	1.9	228.4	433.92	433.96	0.04
2.	1.9	228.9	434.87	434.91	0.04
3.	1.9	228.6	434.29	434.34	0.05
4.	1.9	228.3	443.70	443.77	0.07
5.	1.9	229.1	435.20	435.29	0.09

Pada tabel 3, perhitungan daya yang dilakukan yaitu perhitungan daya semu dengan rumus $P = I \times V$ yang mana menjelaskan bahwa hasil perhitungan daya pada tabel 3 didapat dari nilai arus dan tegangan yang terbaca pada alat ukur tang ampere. Daya semu mengukur total daya yang diperlukan oleh rangkaian listrik untuk mengalirkan arus melalui perangkat listrik atau beban.



Gambar 5. Hasil Pengujian Daya Listrik

$$\text{Presentasi Kesalahan} = \frac{\text{Rata - rata selisih}}{\text{Rata - rata alat ukur}} \times 100\%$$

$$\text{Rata - rata Selisih} = \frac{0,04 + 0,04 + 0,05 + 0,07 + 0,09}{5} = 0,058$$

$$\text{Rata Alat Ukur} = \frac{433,96 + 434,91 + 434,34 + 443,77 + 435,29}{5} = 436,454$$

$$\text{Presentasi Kesalahan} = \frac{0,58}{436,454} \times 100\% = 0,133\%$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{Persentase kesalahan}$$

$$\text{Akurasi} = 100\% - 0,133\% = 99,867\%$$

Berdasarkan hasil pengujian daya listrik menggunakan sensor PZEM-004T pada Gambar 5 diatas, disimpulkan bahwa sensor PZEM-004T berfungsi sangat baik yang memiliki nilai akurat 99.86% sehingga menunjukkan alat tersebut sangat akurat dalam mengukur daya listrik dan dapat diandalkan untuk aplikasi praktis. Kesalahan pengukuran yang sangat kecil mengindikasikan konsistensi yang baik dalam hasil pengujian.

3.4 Pengujian Sistem Keseluruhan

Pengujian sistem keseluruhan dilakukan untuk mengetahui kinerja sistem sebagai tujuan yang dilakukan dalam perancangan. Pengujian ini, sensor berperan penting untuk membaca arus, tegangan, dan daya listrik pada alat *monitoring*. Ketika alat menyala, maka otomatis seluruh inisiasi pin mendeteksi koneksi internet yang telah terintegrasi dalam alat. Selanjutnya, sensor dan rtc akan melakukan pembacaan pada alat kWh meter yang dapat diketahui hasilnya pada LCD yang merupakan pembacaan hasil jarak dekat dan *Google Spreadsheet* yang dapat dilihat hasilnya baik lokal maupun remote dan dapat diakses secara fleksibel.

Pada pengujian ini dapat dihasilkan nilai arus, tegangan, daya, serta biaya pada alat kWh meter rumah tangga golongan R1 900 VA bersubsidi yang ditampilkan pada *Google Spreadsheet*. Berikut hasil pengujian keseluruhan alat *monitoring* konsumsi daya listrik dengan fitur *Google Spreadsheet*.

Pada gambar 6 merupakan tampilan pada *Google Spreadsheet* menampilkan lima *column* A-E yang terdiri dari tanggal, volt, ampere, daya serta tagihan. Pada tampilan tanggal berisi data *realtime* dari RTC yang dikirim ke *Google Spreadsheet*. *Column* volt, ampere dan daya berisi data yang dikirim oleh sensor PZEM-004T ke *Google Spreadsheet*, serta pada *column* tampilan tagihan merupakan perhitungan yang terdapat pada program, kemudian data dikirim ke *Google Spreadsheet*.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	tanggal	volt	amper	daya	tagihan			
2	7/30/2024 17:51:01	230.1	2.00	638.1	Rp0.3			
3	7/30/2024 17:54:01	229.9	2.00	647.7	Rp21.3			
4	7/30/2024 17:57:01	230.8	1.90	449.1	Rp40.3			
5	7/30/2024 18:00:01	229.5	2.00	653.5	Rp60.0			
6	7/30/2024 18:03:01	229.5	2.00	674.8	Rp78.7			
7	7/30/2024 18:06:01	230.9	2.00	461.7	Rp96.9			
8	7/30/2024 18:09:01	230.5	2.00	460.4	Rp116.6			
9	7/30/2024 18:12:01	230.5	2.00	460.4	Rp130.5			
10	7/30/2024 18:15:01	230.3	2.00	454.7	Rp144.4			
11	7/30/2024 18:18:01	230.8	2.00	450.1	Rp158.0			
12	7/30/2024 18:21:01	230.8	2.00	450.1	Rp171.6			
13	7/30/2024 18:24:01	230.9	2.00	460.4	Rp185.3			
14	7/30/2024 18:27:01	231	2.00	462.9	Rp199.3			
15	7/30/2024 18:30:01	229.9	3.00	679.4	Rp215.4			
16	7/30/2024 18:33:01	229.8	3.00	671.8	Rp234.6			
17	7/30/2024 18:36:01	230.7	4.34	1442.1	Rp265.1			
18	7/30/2024 18:42:01	230.4	2.00	460.2	Rp295.5			
19	7/30/2024 18:45:01	230.1	2.00	458.1	Rp326.0			
20	7/30/2024 18:48:01	230	2.00	461	Rp356.4			
21	7/30/2024 18:51:01	230.2	2.00	463.1	Rp386.9			

Gambar 6. Tampilan Monitoring pada Google Sheet

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan sistem *monitoring* yang ditampilkan pada *Google Spreadsheet* diatas, disimpulkan bahwa sistem pemantauan daya listrik berfungsi secara efektif dalam mengukur dan menampilkan data arus, tegangan, daya, dan tagihan. Pengukuran yang konsisten dengan perubahan dalam konsumsi daya. Integrasi dengan *Google Spreadsheet* berfungsi dengan baik untuk pemantauan remote, sementara LCD lokal menyediakan data yang mudah diakses secara langsung. Berikut ini perhitungan tagihan menggunakan rumus:

$$kWh = \frac{(daya \times waktu)}{1000} \times \text{tarif per kwh}$$

$$kWh = \frac{kWh}{60}$$

- Keterangan =
- kWh = kilowatt-hour
- kWm = kilowatt-menit
- Daya = Watt
- Waktu = Per 3 menit
- Tarif per kWh = Rp 605

Berdasarkan hasil pengujian keseluruhan yang ditampilkan pada gambar 7 dapat diketahui perhitungan tagihan dari salah satu hasil pengujian.

	A	B	C	D	E
1	tanggal	volt	amper	daya	tagihan
2	7/30/2024 17:51:01	230.1	2.00	638.1	Rp0.3
3	7/30/2024 17:54:01	229.9	2.00	647.7	Rp21.3
4	7/30/2024 17:57:01	230.8	1.90	449.1	Rp40.3
5	7/30/2024 18:00:01	229.5	2.00	653.5	Rp60.0
6	7/30/2024 18:03:01	229.5	2.00	674.8	Rp78.7
7	7/30/2024 18:06:01	230.9	2.00	461.7	Rp96.9
8	7/30/2024 18:09:01	230.5	2.00	460.4	Rp116.6
9	7/30/2024 18:12:01	230.5	2.00	460.4	Rp130.5
10	7/30/2024 18:15:01	230.3	2.00	454.7	Rp144.4
11	7/30/2024 18:18:01	230.8	2.00	450.1	Rp158.0
12	7/30/2024 18:21:01	230.8	2.00	450.1	Rp171.6
13	7/30/2024 18:24:01	230.9	2.00	460.4	Rp185.3
14	7/30/2024 18:27:01	231	2.00	462.9	Rp199.3
15	7/30/2024 18:30:01	229.9	3.00	679.4	Rp215.4
16	7/30/2024 18:33:01	229.8	3.00	671.8	Rp234.6
17	7/30/2024 18:36:01	230.7	4.34	1442.1	Rp265.1
18	7/30/2024 18:42:01	230.4	2.00	460.2	Rp295.5
19	7/30/2024 18:45:01	230.1	2.00	458.1	Rp326.0
20	7/30/2024 18:48:01	230	2.00	461	Rp356.4
21	7/30/2024 18:51:01	230.2	2.00	463.1	Rp386.9

Gambar 7. Hasil Monitoring pada Google Sheet

Berdasarkan hasil perhitungan tagihan dibawah ini, dapat disimpulkan bahwa tagihan yang ditampilkan pada *Google Spreadsheet* dengan hasil perhitungan memiliki selisih sebesar 5.78, yang bisa disebabkan oleh adanya tambahan waktu saat proses pengiriman data sensor ke *Google Spreadsheet*, hal ini menjadikan adanya selisih pada perhitungan tagihan daya listrik pada tabel 4 tagihan dengan hasil perhitungan.

Tabel 4 Hasil pada Google Spreadsheet

Tanggal	Tegangan	Arus	Daya	Tagihan
7/30/2024 8:06:01	230.9	2.00	461.7	Rp96.9
7/30/2024 8:09:01	230.5	2.00	460.4	Rp116.6

$$kWh = \frac{(460.4 \times 3)}{1000} \times 605 = 835.62$$

$$kWh = \frac{835.62}{60} = 13.92$$

Tagihan sekarang = tagihan sebelumnya + kWm
 Tagihan sekarang = 96,9 + 13.92 = 110.82

3.5 Pengujian Arus Lebih

Pengujian arus berlebih dilakukan untuk mengetahui adanya beban berlebih pada saat sistem *running* yang ditandai dengan alarm buzzer yang berbunyi pada saat kondisi beban lebih dari 4A. Pada gambar 8 dibawah terdapat nilai arus sebesar 4.34A yang divalidasi oleh alat ukur tang ampere pada gambar 9 dengan hasil pengukuran sebesar 4.43A. Saat terjadi kondisi arus berlebih seperti pada gambar 8 dan gambar 9 di bawah, secara otomatis alarm buzzer akan menyala dan relay akan memutus listrik ke beban.



Gambar 8 Tampilan Arus Berlebih pada Alat



Gambar 9 Pengukuran saat Arus berlebih

Pada gambar 8 dan gambar 9 didapatkan hasil dari pengujian arus berlebih pada sistem *monitoring* kWh meter dapat dibuktikan jika beban melebihi kapasitas yang sudah ditentukan yaitu 4 ampere maka alarm buzzer akan otomatis menyala dan relay akan otomatis memutus arus. Apabila tombol *reset* ditekan pada alat kWh meter maka yang terjadi alarm buzzer akan otomatis mati dan relay akan otomatis menghubungkan kembali ke beban, sistem sistem akan melakukan pembacaan kembali pada kWh meter yang dimonitoring.

4. Kesimpulan

Sistem pembacaan kWh meter dapat membaca daya listrik pada kWh meter menggunakan sensor PZEM-004T dengan nilai akurasi tegangan (volt) 99.805%, arus (ampere) 89.71%, dan daya (watt) 99.98% pada setiap pengujian. Hasil data sistem *monitoring* sensor dan perhitungan biaya dapat ditampilkan pada *Google Spreadsheet* yang berfungsi secara efektif dalam mengukur dan menampilkan data arus, tegangan daya dan tagihan.

Ucapan Terimakasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dengan proses penelitian atas dukungan finansial dan moral mereka, yang memungkinkan penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

Daftar Pustaka

- [1] R. N. Kurniawan, R. Munadi, and I. H. Santoso, "Sistem Monitoring KWh Meter Dengan Media Komunikasi Instan Messaging Whatsapp Berbasis Internet of Things -KWh Meter Monitoring System Using Messaging Whatsapp Communication Media Based on Internet of Things," *e-Proceeding Eng.*, vol. Vol.8, No., no. 5, pp. 5505–5511, 2021.
- [2] M. S. Ummah, "Analisa Perbandingan Pengukuran Energi Pada Kwh Meter Pascabayar Dan Kwh Meter Prabayar," *Sustain.*, Vol. 11, No. 1, Pp. 1–14, 2019.
- [3] R. H. Wirasasmita, D. Prihatmoko, and M. Supriyadi, "Sistem Monitoring Pemakaian Daya Listrik Pada KWh Meter Menggunakan Sms Gateway," *Jurnal DISPROTEK*. Accessed: Nov. 01, 2024.
- [4] J. Fifadhilillah, "Prototype KWH Meter Dengan Transmisi Nirkabel Berbasis Arduino Uno (Jihad Fifadhilillah) 1," no. 12507134017, pp. 1–11.
- [5] Sinaga Joslen, "Perancangan Instalasi Listrik Pada Rumah Toko Tiga Lantai Dengan Daya 12 Kw," *J. Tek. Elektro*, vol. VIII, no. 2, pp. 102–112, 2019.
- [6] T. Bini, Marwan, A. W. Indrawan, and Dasmawati, "Rancang Bangun Sistem Monitoring KWh Meter Berbasis Android," *Pros. Semin. Has. Penelit.*, vol. 2018, pp. 144–148, 2018.
- [7] H. N. Isnianto, M. Arrofiq, R. Rahmawati, and B. M. Tyoso, "Sistem Telemonitoring KWH Meter Menggunakan Modul Wi-Fi ESP8266 Berbasis Arduino Uno," *J. Rekayasa Elektr.*, vol. 15, no. 1, 2019, doi: 10.17529/jre.v15i1.12968.
- [8] M. Ruinaldi Pratama, A. Bachri, and U. Ilmi, "Rancang Bangun Alat Pembaca KWh Meter Berbasis Arduino Uno Dan Kirim Data Via Internet Of Things," *Semin. Nas. Fortei Reg.*, pp. 1–7, 2020.
- [9] M. P. Panuntun, "Pengujian Ketelitian KWh Meter Analog dan KWh Meter Digital Menggunakan Beban Induktif," *J. Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Surakarta*, 2018.
- [10] S. N. Zahroh, "Rancang bangun alat monitoring pembebanan daya dan biaya listrik pln beserta waktu pemakaiannya menggunakan aplikasi smartpone," *Skripsi*, pp. i–17, 2021.
- [11] - Andriana, - Zuklarnain, and H. Baehaqi, "Sistem kWh Meter Digital Menggunakan Modul PZEM-004T," *J. TIARSIE*, vol. 16, no. 1, p. 29, 2019, doi: 10.32816/tiarsie.v16i1.43.
- [12] A. M. Saad, M. A. Masa, T. S. D. Abdurrahman, and A. Syarifuddin, "Design of IoT-Based Analog kWh Meter Monitoring," *PROtek J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 10, no. 1, p. 52, 2023, doi: 10.33387/protek.v10i1.5571.
- [13] M. I. Suga and H. Nurwarsito, "Sistem Monitoring KWH Meter berbasis Modul Komunikasi LoRa," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 5, no. 4, pp. 1257–1266, 2021.
- [14] M. N. Arifin and R. H. Rahwanto Fora, "Sistem Monitoring KWh Meter Berbasis Pc Dilengkapi Dengan Program Penghitung Biaya Listrik," *WAKTU J. Tek. UNIPA*, vol. 12, no. 2, pp. 39–42, 2014, doi: 10.36456/waktu.v12i2.909.
- [15] M. Z. Utama, Nurvia. Sutedjo. Efendi, "Sistem Monitoring KWh Meter 3 Phase Dan Kalkulasi Biaya Pemakaian," *Elektro, PENS-ITS Surabaya*, vol. 1, pp. 2–6, 2009.