Rancang Bangun Sistem Pemantauan Daya Listrik Rumah Berbasis NodeMCU ESP8266

HARJUNO NUR AKBAR[1*], FEBRIAN HADIATNA[2]

[1,2]Institut Teknologi Nasional Bandung
Email: junonurakbar@gmail.com

Received 21 08 2023 **|** *Revised* 28 08 2023 **|** *Accepted* 28 08 2023

ABSTRAK

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat saat ini. Kegunaan energi listrik semakin meningkat seiring dengan berjalannya waktu. Pemantauan kegunaan daya listrik termasuk hal yang diperlukan untuk menghindari penggunaan energi listrik yang berlebihan. Pemantauan energi listrik yang akurat secara tradisional seperti menggunakan multimeter merupakan hal yang sulit dikarenakan perubahan kondisi lingkungan yang cepat. Dengan hal demikian, maka dilakukan rancang bangun sistem pemantauan daya listrik rumah berbasis NodeMCU ESP8266. Penelitian ini bertujuan untuk memantau kegunaan daya listrik skala rumah sesuai dengan waktu pengambilan data. Sistem pemantauan yang dirancang terdiri dari NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler utama, Real-Time Clock (RTC) DS3231 sebagai pencatat waktu, PZEM-016 sebagai pengukur daya listrik, serta LCD 20x4 sebagai tampilan. Hasil pengujian sistem pemantuan yang dirancang menunjukkan akurasi tegangan ±0,2 V dengan presisi ±0,1 V, akurasi dan presisi arus ±0,003 A, serta akurasi daya ±1 W dengan presisi ±0,75 W.

***Kata kunci**: daya listrik, sistem pemantauan, NodeMCU ESP8266, PZEM-016*

ABSTRACT

Electrical energy is one of the basic needs of today's society. The use of electrical energy is increasing over time. Monitoring the use of electrical power is necessary to avoid excessive use of electrical energy. Accurate monitoring of electrical energy traditionally, such as using a multimeter, is difficult due to the rapid changes in environmental conditions. With this in mind, designing and implementation of home electrical power monitoring system based on NodeMCU ESP8266 was carried out. This study aimed to monitor the use of household-scale electric power according to the time of data collection. The designed monitoring system consisted of NodeMCU ESP8266 as the main microcontroller, DS3231 Real-Time Clock (RTC) as a timer, PZEM-016 as a power meter, and a 20x4 LCD as a display. The test results of the designed monitoring system showed a voltage accuracy of ±0.2 V with a precision of ±0.1 V, a current accuracy and precision of ±0.003 A, and a power accuracy of ±1 W with a precision of ±0.75 W.

***Keywords**: electric power, monitoring system, NodeMCU ESP8266, PZEM-016*

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan pokok masyarakat saat ini. Kegunaan energi listrik semakin meningkat seiring dengan berjalannya waktu. Pemantauan kegunaan daya listrik termasuk hal yang diperlukan untuk menghindari penggunaan energi listrik yang berlebihan (Wicaksono & Aimrullah, 2021). Pemantauan energi listrik yang akurat secara tradisional seperti menggunakan multimeter merupakan hal yang sulit dikarenakan perubahan kondisi lingkungan yang cepat (Sugiartha, Sugina, Putra, Indraswara, & Suryani, 2018).

Berbagai penelitian tentang perancangan sistem pemantauan daya listrik rumah telah dilakukan. Cotohnya penelitian yang dilakukan oleh Wicaksono dan Aimrullah (Wicaksono & Aimrullah, 2021). Penelitian ini merancang sistem *monitoring* konsumsi energi dan penghematan harga listrik rumah tangga menggunakan Arduino-Uno. Penelitian ini menggunakan modul wattmeter PZEM-004T untuk mengukur daya listrik rumah dengan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama. Hasil pengukuran yang didapat ditampilkan menggunakan aplikasi LabVIEW. Penelitian yang lainnya dilakukan oleh Gultom dan Suhelmi (Gultom & Suhelmi, 2022). Penelitian ini merancang sistem *monitoring* wattmeter berbasis Arduino. Data yang terukur berupa tegangan, arus, daya, dan frekuensi diproses oleh Arduino Uno berdasarkan waktu menggunakan melalui program plx-daq dengan aplikasi Microsoft Excel serta menggunakan LCD sebagai tampilan. Penelitian selanjutnya dilakukan oleh (Nasibu, Musa, & Haras, 2022). Penelitian ini merancang sistem *power meter* berbasis Arduino dengan menggunakan ZMCT103C sebagai sensor arus, ZMPT101B sebagai sensor tegangan, serta Arduino ATmega 328p sebagai mikrokontroler utama. Penelitian ini merancang sistem yang dapat mengukur tegangan, arus, daya aktif, daya semu, frekuensi dan faktor daya. Hasil pengukuran yang didapat pada penelitian ini ditampilkan menggunakan LCD 20x4. Terdapat penelitian lain juga yang berkaitan dengan sistem pemantuan daya listrik. Penelitian yang dilakukan oleh Maghfiroh (Maghfiroh, Affandy, Ardiyanto, & Nizam, 2020) merancang sistem *monitoring* yang menggunakan Arduino Uno sebagai mikrokontroler utama serta PZEM-004T sebagai modul wattmeter. Data yang terukur pada penelitian ini ditampilkan melalui OLED 1.3'.

Dari beberapa penelitian yang telah disebutkan, penulis merancang sistem pemantauan daya listrik rumah berbasis NodeMCU ESP8266. Data yang terukur berupa tegangan, arus, daya, dan jumlah konsumsi energi dalam bentuk kWh menggunakan modul wattmeter PZEM-016 akan diproses oleh NodeMCU ESP8266 berdasarkan waktu yang tercatat oleh *Real-Time Clock* (RTC) DS3231 serta ditampilkan melalui modul LCD 20x4 I^2C sehingga penggunaan beban perangkat elektronik dapat diperhatikan oleh pengguna. Hal tersebut dilakukan agar penggunaan beban perangkat elektronik dapat dibatasi oleh pengguna sehingga daya konsumsi menjadi tidak berlebihan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Deskripsi Umum Sistem

Pada penelitian ini, sistem pemantauan yang dirancang dapat dipakai untuk mengukur daya pada skala rumah. Sistem pemantauan yang dirancang juga dilengkapi dengan pencatat waktu agar pemakaian daya dapat terukur pada periode tertentu. Data yang terukur akan ditampilkan sehingga pengguna dapat melihat langsung daya listrik yang terpakai. Dari beberapa pernyataan tersebut, dapat digagaskan deskripsi umum sistem yaitu:

1. Sistem pemantauan daya listrik menggunakan modul wattmeter PZEM-016.
2. Pencatatan waktu dilakukan oleh modul RTC DS3231.
3. Penggunaan daya listrik menggunakan modul LCD 20x4 I^2C.

Metode penelitian yang dilakukan dibagi dalam dua tahap yaitu perancangan perangkat keras sistem berupa penentuan komponen serta perancangan sistem perangkat lunak berupa penyusunan program sistem.

2.1. Perancangan Perangkat Keras Sistem

Sistem pemantauan daya listrik rumah digunakan untuk mengukur beban penggunaan pada alat elektronik. Untuk mengukur daya penggunaan maka dipilih komponen PZEM-016. Modul ini mengirim data dengan protokol komunikasi modbus-RTU melalui modul MAX485 dengan empat pin yaitu Ro ke Rx, RE ke D3, DE ke D4, dan DO ke Tx. Spesifikasi modul PZEM-016 ditunjukkan pada Tabel 1.

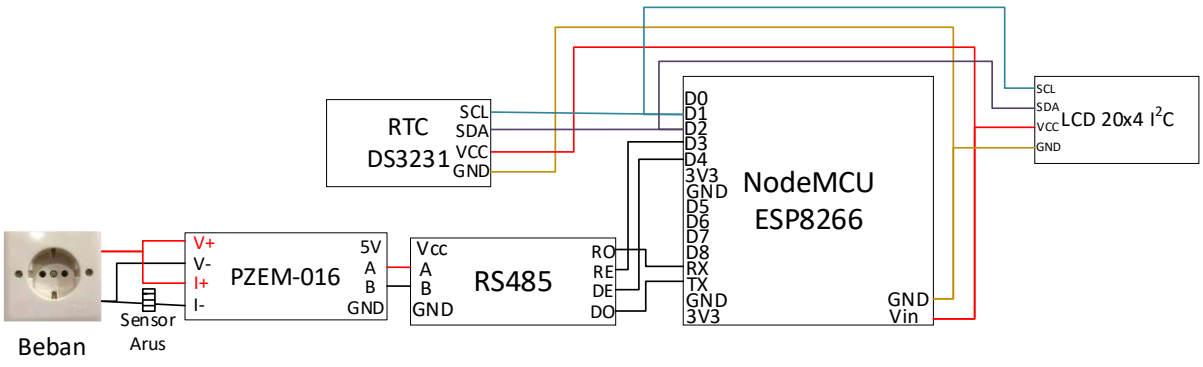
Tabel 1. Spesifikasi PZEM-016 (Peacefair, 2018)

Parameter	**Besaran**	**Satuan**
Tegangan	80 – 260	V_{AC}
Arus	0 – 100	A
Daya Aktif	0 – 23	kW
Power Factor	0.00 – 1.00	-
Frekuensi	45 – 65	Hz
Daya	0 – 9999	kWh

Modul PZEM-016 memiliki bentuk asli yang ditampilkan pada Gambar 1.

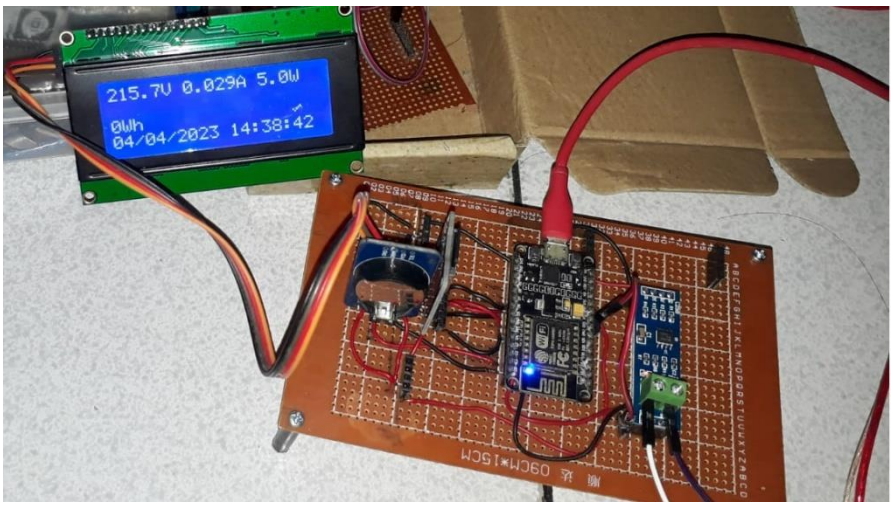
Gambar 1. Tampilan PZEM-016 (Peacefair, 2018)

Sistem pemantauan daya listrik rumah dapat digunakan untuk mengukur penggunaan daya listrik rumah berdasarkan waktu pengukuran. Data pengukuran sistem ditampilkan agar pengguna dapat melihat langsung penggunaan daya listrik rumah secara *real-time*. Dari pernyataan tersebut skematik rangkaian sistem pemantauan daya lsitrik rumah dapat direpresentasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Skematik Sistem Pemantauan Daya Listrik Rumah

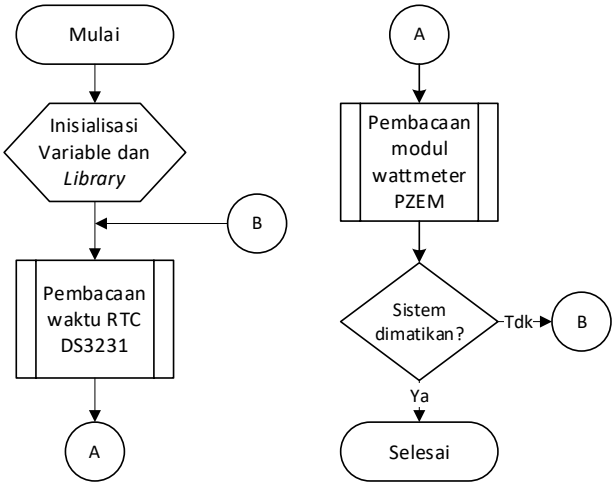
Sistem pemantauan daya listrik rumah menggunakan NodeMCU ESP8266 agar konsumsi daya sistem yang dirancang tidak mengambil daya yang besar saat bekerja. Sistem pemantauan bekerja dimulai dengan pencatatan waktu oleh RTC DS3231 melalui protokol I^2C. Pada waktu yang sama mikrokontroler NodeMCU ESP8266 melakukan *request* alamat *register* melalui modul MAX485 ke modul PZEM-016 untuk pengukuran penggunaan daya listrik beban. Data penggunaan daya listrik tersebut dikirim melalui protokol komunikasi RS485 kemudian ditampilkan melalui LCD 20x4 menggunakan protokol I^2C.
Skematik sistem pemantauan daya listrik rumah dapat direalisasikan dengan merangkai seluruh komponen pada PCB yang ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Realisasi Sistem Pemantauan Daya Listrik Rumah

2.2. Perancangan Sistem Perangkat Lunak

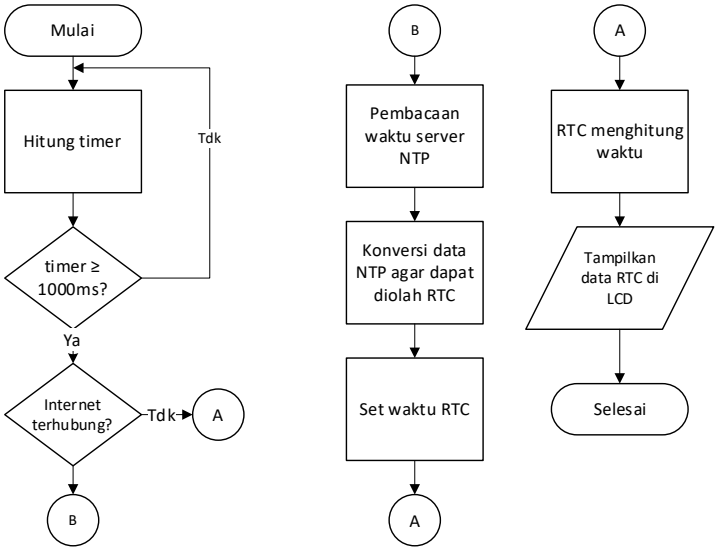
Perancangan sistem perangkat lunak dimulai dengan pembuatan program pada komponen yang digunakan melalui aplikasi Arduino IDE dalam bahasa C. Ketika program telah selesai dibuat, maka program diunggah pada mikrokontroler NodeMCU. Program yang dibuat direpresentasikan oleh diagram alir atau *flowchart* utama yang ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Flowchart* Utama Sistem Pemantauan Daya Listrik Rumah

Program dimulai dengan inisialisasi beberapa *library* dan variabel agar komponen yang dipakai dapat dipakai saat penelitian berlangsung. Hal ini dilakukan karena beberapa input yang dipakai berkomunikasi dengan berbagai macam protokol seperti RTC DS3231 yang terhubung dengan pin SCL dan SDA. RTC DS3231 berkomunikasi dengan mikrokontroler NodeMCU menggunakan protokol I2C dengan library "Wire.h". *Input* berikutnya merupakan modul wattmeter PZEM-016. Modul ini menggunakan protokol Modbus-RTU agar dapat berkomunikasi dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. *Library* yang digunakan pada modul ini merupakan "ModbusMaster.h". Untuk penampilan beban digunakan LCD 20x4 dengan protokol komunikasi yang sama dengan RTC DS3231 yaitu I^2C. Tampilan LCD 20x4 dilakukan melalui pin SCL dan SDA.

Setelah inisialisasi *library* dan variabel dilakukan program menjalankan beberapa subprogram seperti pada Gambar 4 yang terdiri dari pembacaan waktu RTC DS3231 serta pembacaan modul wattmeter PZEM-016. Pembuatan subprogram dilakukan agar program dapat lebih terstruktur dan terlihat lebih sederhana. Program dilanjutkan dengan memerintahkan RTC DS3231 untuk melakukan pencatatan waktu yang dibuat dalam subprogram pembacaan waktu RTC ditunjukkan pada Gambar 5.

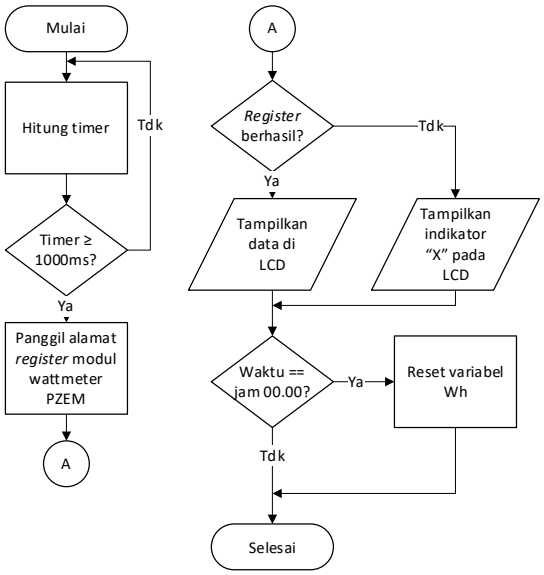


Gambar 5. Subprogram Pembacaan Waktu RTC DS3231

Subprogram dimulai dengan menghitung waktu timer sebagai pengganti *delay*. Hal ini dilakukan sehingga subprogram lain dapat dilakukan secara bersamaan dengan subprogram pembacaan waktu RTC. Apabila waktu telah mencapai satu detik maka program akan mengecek juga apakah sistem terhubung dengan internet atau tidak. Ketika terhubung internet maka program akan membaca waktu pada *server* NTP. NTP merupakan singkatan dari Network Time Protocol. NTP adalah sebuah protokol yang digunakan untuk sinkronisasi waktu dalam sebuah jaringan baik pada jaringan Local Area Network (LAN) maupun pada jaringan internet dan untuk sinkronisasi waktu (Ardiatama, 2021).

Selama terdapat jaringan internet, maka RTC akan sinkronisasi dengan *server* NTP. Apabila tidak terdapat jaringan, proses sinkronisasi waktu dengan NTP dilewatkan kemudian RTC akan menghitung waktu sendiri. Data yang terhitung oleh RTC akan ditampilkan dalam LCD 20x4.

Untuk pembacaan data yang dilakukan oleh modul modul PZEM-016, dibuat subprogram dengan mengukur daya listrik pada beban rumah. Data yang diterima oleh PZEM-016 akan diproses oleh MAX485 agar dapat diolah oleh NodeMCU. Proses pemasukan data modul PZEM-016 dibuat dalam subprogram yang ditunjukkan oleh Gambar 6.



Gambar 6. Subprogram Pembacaan Data Modul PZEM-016

Subprogram dimulai dengan menghitung waktu untuk mengatur *timing* kondisi bagaimana program bekerja. Ketika waktu yang terhitung telah mencapai 1 detik, NodeMCU mulai memanggil beberapa alamat *register* ke modul sensor PZEM-016 melalui modul MAX485 untuk memanggil beberapa perintah sehingga data yang diukur dapat diperoleh. Dalam penelitian ini digunakan modul wattmeter PZEM-016 untuk mengukur daya listrik pada rumah. Subprogram memanggil salah satu alamat dari modul PZEM-016. Ketika NodeMCU melakukan *request register* ke modul PZEM-016, maka NodeMCU memanggil beberapa alamat *register* yang ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Alamat *Register* Modul PZEM-016 (Peacefair, 2018)

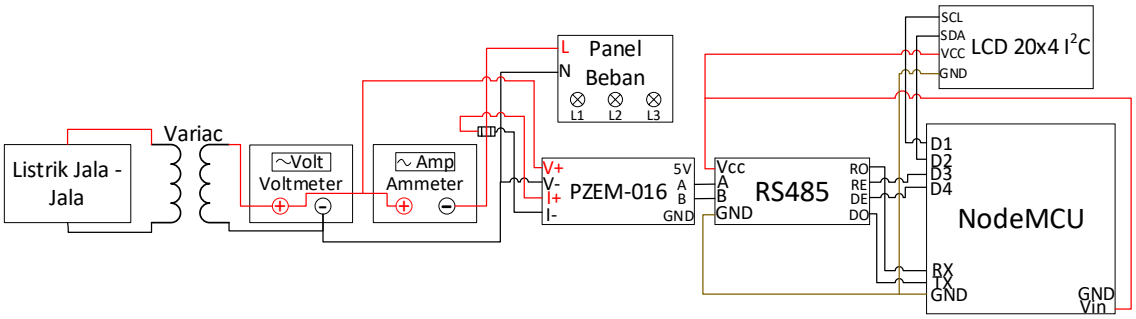
Register Address	Description	Resolution
0x0000	*Voltage value*	ILSB *correspond to* 0.1 V
0x0001	*Current value low 16 bits*	ILSB *correspond to* 0.001 A
0x0002	*Current value high 16 bits*	
0x0003	*Power value low 16 bits*	ILSB *correspond to* 0.1 W
0x0004	*Power value high 16 bits*	
0x0005	*Energy value low 16 bits*	ILSB *correspond to* 1 Wh
0x0006	*Energy value high 16 bits*	

Pengukuran ini dilakukan dengan memanggil beberapa alamat *register* sesuai dengan Tabel 2 dimulai dari 0x0000 sampai 0x0006. Untuk mendapatkan parameter tegangan maka alamat register 0x0000 dipanggil. Sementara untuk mendapatkan parameter arus terdapat dua alamat register yang harus dipanggil yaitu alamat 0x0001 dan 0x0002. Pengukuran daya dilakukan dengan pemanggilan dua alamat register yaitu 0x0003 dan 0x0004. Selanjutnya alamat register 0x0005 dan 0x0006 dipanggil untuk mendapatkan pengukuran energi.

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Kalibrasi Modul PZEM-016

Kalibrasi modul ini dilakukan dengan variac atau *auto transformer* satu fasa merek Matsumoto model TDGC$_2$J-5 kapasitas 5 kVA yang dihubungkan ke modul wattmeter PZEM-016 dan juga dihubungkan ke panel beban yang terdiri dari tiga buah lampu 100 W. Kalibrasi modul ini dilakukan dengan skematik yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Skematik Kalibrasi Modul PZEM-016

Hasil kalibrasi modul PZEM-016 dianalisis untuk mencari karakteristik modul dengan menghasilkan nilai akurasi dan presisi. Akurasi mengacu pada seberapa dekat nilai pengukuran terhadap nilai sebenarnya sementara presisi mengacu pada seberapa dekat nilai pengukuran pada pengukuran pertama, kedua, dan seterusnya **(Chapra & Canale, 2010)**. Data kalibrasi yang diukur berupa tegangan, arus, dan daya dari modul wattmeter PZEM-016 dengan multimeter SANWA CD7701 sebagai referensi. Untuk mencari nilai akurasi digunakan Persamaan (1).

$$Akurasi = |x_r - x_i| \quad (1)$$

Persamaan (1) memiliki dua variabel berupa x_r merupakan data referensi dan x_i merupakan data pengukuran. Jika terdapat *n* data, maka akurasi rata – rata dapat dicari dengan Persamaan (2).

$$\overline{Akurasi} = \frac{\sum|x_r - x_i|}{n} \quad (2)$$

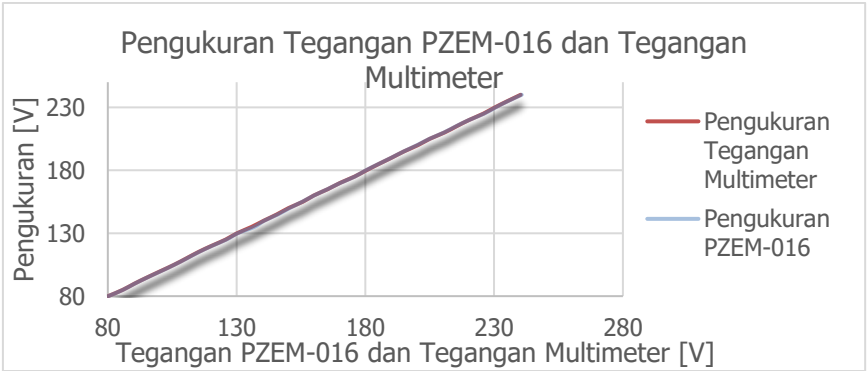
Sedangkan untuk mencari presisi digunakan Persamaan (3). Persamaan ini memiliki dua variabel yaitu $\bar{x}$ merupakan nilai rata – rata pengukuran dan x_i merupakan data pengukuran.

$$Presisi = |\bar{x} - x_i| \quad (3)$$

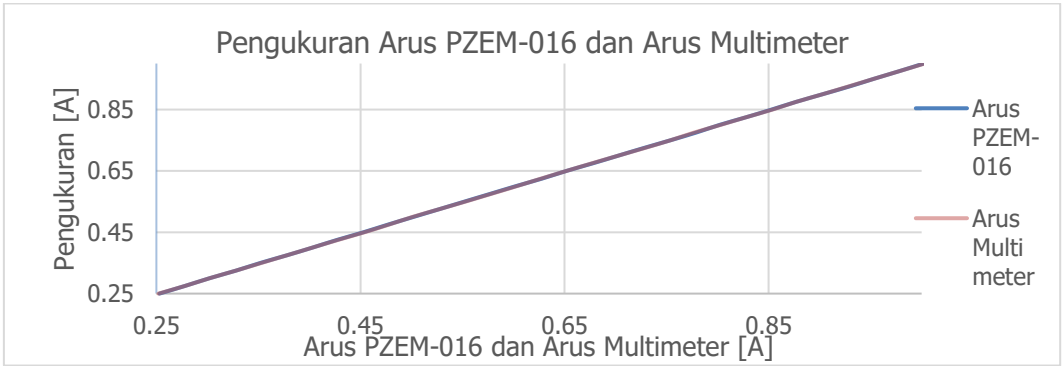
Jika terdapat *n* data, maka akurasi rata – rata dapat dicari dengan Persamaan (4).

$$\overline{Presisi} = \frac{\sum|\bar{x}-x_i|}{n} \quad (4)$$

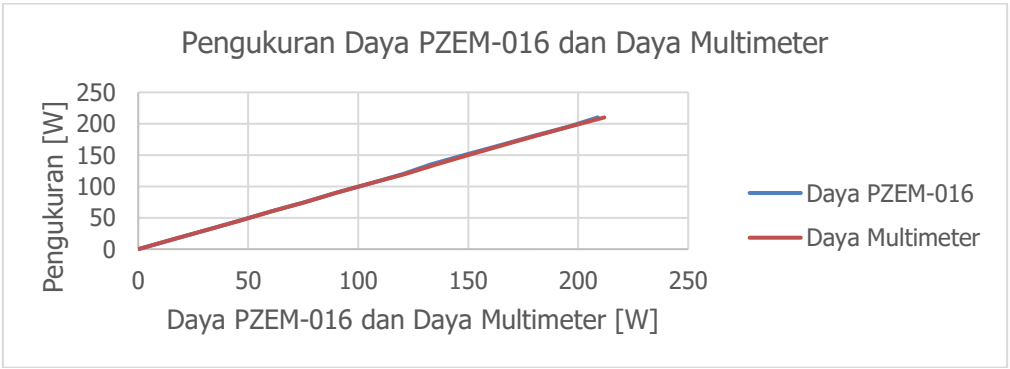
Kalibrasi modul ini dilakukan dalam tiga tahap yaitu kalibrasi tegangan, arus, dan daya. Kalibrasi tegangan, arus, dan daya menghasilkan data yang direpresentasikan ke dalam kurva seperti Gambar 12 (a), (b), dan (c).



(a)



(b)



(c)

Gambar 8. Grafik Pengukuran PZEM-016 dan Multimeter (a) Data Pengukuran Tegangan; (b) Data Pengukuran Arus; (c) Data Pengukuran Daya

Pada Gambar 8 menampilkan kedua kurva garis pengukuran multimeter dan pengukuran modul PZEM-016. Kedua garis dari ketiga Gambar 8 (a), (b), dan (c) tersebut tampak berimpit sehingga terlihat seperti menimpa satu sama lain. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran antara modul PZEM-016 dan multimeter menghasilkan nilai yang berdekatan. Data yang ditunjukkan pada Gambar 8 (a) menghasilkan rata – rata akurasi tegangan ±0,2 V dan rata – rata presisi sebesar ±0,1 V. Sementara pada Gambar 8 (b) menghasilkan rata – rata akurasi dan presisi arus sebesar ±0,003 A. Selanjutnya Gambar 8 (c) menghasilkan rata – rata akurasi daya sebesar ±1 W dan rata – rata presisi sebesar ±0,75 W.

3.2. Pengujian Pemantauan Daya Listrik Rumah

Pengujian dengan modul PZEM-016 dilakukan dengan mengukur daya beban listrik rumah yang terdiri dari *charger* laptop Lenovo Ideapad 100-14IBD, *charger* laptop Dell N4050, *charger* laptop Asus X454Y, *charger smartphone* Samsung Galaxy A04S, serta *adaptor* 5 V untuk pemantauan sistem yang dirancang. Pengujian pemantauan daya listrik rumah ditunjukkan pada Gambar 9.

Tabel 3. Data Pemantauan Daya Listrik Rumah

Tanggal	Waktu	Vac	Iac	Pac	Eac
[DD-MM-YY]	[hh:mm:ss]	[V]	[A]	[W]	[Wh]
07-08-23	16:04:44	217.6	0.12	14.4	0
07-08-23	16:05:45	219.3	0.11	13.1	1
07-08-23	16:06:47	218.6	0.1	10.9	1
07-08-23	16:07:49	217.2	0.1	11.5	1
07-08-23	16:08:49	216.5	0.14	17.6	1
07-08-23	16:09:49	216.8	0.14	17.2	2
07-08-23	16:10:49	215.8	0.13	14.9	2
07-08-23	16:11:51	214.6	0.12	14.3	2
07-08-23	16:12:52	216.3	0.15	18.9	2
07-08-23	16:13:54	217.1	0.11	13	3
07-08-23	16:14:55	217.8	0.11	12.1	3
07-08-23	16:15:57	221.4	0.13	15.2	3
07-08-23	16:16:59	220.7	0.11	11.9	3
07-08-23	16:18:01	221.3	0.11	12.1	4
07-08-23	16:19:03	221.3	0.17	21.5	4
07-08-23	16:20:04	219.2	0.16	20.8	4
07-08-23	16:21:06	220.3	0.12	13.3	4
07-08-23	16:22:08	220.1	0.17	21.3	5
07-08-23	16:23:10	219.9	0.14	17.4	5
07-08-23	16:24:12	219.7	0.12	13.5	5
07-08-23	16:25:14	222	0.1	12.2	5
07-08-23	16:26:16	228.1	0.13	15.4	6
07-08-23	16:27:17	223	0.11	12.7	6
07-08-23	16:28:19	220	0.1	11.4	6
07-08-23	16:29:21	222.4	0.11	12.4	6
07-08-23	16:30:23	221.8	0.12	13.6	7
07-08-23	16:31:25	223.1	0.1	10.8	7
07-08-23	16:32:27	221.6	0.1	11.4	7
07-08-23	16:33:29	223.3	0.09	10.6	7
07-08-23	16:34:30	223.9	0.1	11.9	7
07-08-23	16:35:32	222.2	0.1	11.2	8
07-08-23	16:36:34	222.7	0.09	10.6	8
07-08-23	16:37:36	220.1	0.1	11.7	8
07-08-23	16:38:38	220.6	0.1	10.9	8

Tanggal	Waktu	Vac	Iac	Pac	Eac
[DD-MM-YY]	[hh:mm:ss]	[V]	[A]	[W]	[Wh]
07-08-23	16:40:41	222	0.09	10.8	9
07-08-23	16:41:43	221.6	0.1	11.4	9
07-08-23	16:42:45	220.4	0.11	13.2	9
07-08-23	16:43:47	222.1	0.1	11	9
07-08-23	16:44:49	222.3	0.1	11	9
07-08-23	16:45:51	225.2	0.11	12.6	10
07-08-23	16:46:52	225.7	0.08	8.8	10
07-08-23	16:47:54	224.8	0.08	9.1	10
07-08-23	16:48:56	223.9	0.08	8.8	10
07-08-23	16:49:58	222.4	0.08	8.8	10
07-08-23	16:50:59	224.9	0.08	8.9	10
07-08-23	16:52:01	224.9	0.1	11.2	11
07-08-23	16:53:03	224.6	0.09	9.8	11
07-08-23	16:54:05	225.8	0.1	10.8	11
07-08-23	16:55:07	223.4	0.1	11.3	11
07-08-23	16:56:09	226.6	0.12	13.4	11
07-08-23	16:57:10	226.4	0.1	10.9	11
07-08-23	16:58:12	226.4	0.08	9.4	12
07-08-23	16:59:14	226.5	0.09	9.8	12
07-08-23	17:00:16	226.5	0.11	12.6	12
07-08-23	17:01:18	227.7	0.1	11.4	12
07-08-23	17:02:19	228.5	0.09	11.1	12
07-08-23	17:03:21	230.1	0.11	13.2	13
07-08-23	17:04:23	230.6	0.12	14.1	13
07-08-23	17:05:25	230.2	0.12	14.3	13
07-08-23	17:06:27	229.8	0.14	17.5	13
07-08-23	17:07:29	219.3	0.6	92.8	17
07-08-23	17:08:31	215.6	0.61	92.7	19
07-08-23	17:09:33	215.6	0.61	92.7	19
07-08-23	17:10:35	215.6	0.61	92.7	19
07-08-23	17:11:37	220.5	0.58	91	24
07-08-23	17:12:39	218.9	0.59	90.3	25
07-08-23	17:13:41	217.5	0.59	90.5	27
07-08-23	17:14:43	215.9	0.59	90.3	29
07-08-23	17:15:45	218.8	0.6	92	30
07-08-23	17:16:47	220.4	0.61	94.6	32
07-08-23	17:17:49	222.6	0.59	92.1	33
07-08-23	17:18:51	220.9	0.56	87.1	35
07-08-23	17:19:53	222.5	0.53	81.7	36
07-08-23	17:20:55	224.9	0.51	79.8	38
07-08-23	17:21:57	224.8	0.51	79.6	39
07-08-23	17:22:59	221.8	0.54	81.5	40
07-08-23	17:24:01	223.3	0.51	78.9	42
07-08-23	17:25:03	225.2	0.48	74	43
07-08-23	17:26:05	213.6	0.27	37.8	85
07-08-23	17:27:07	215.3	0.28	39.2	86
07-08-23	17:28:09	216.1	0.25	35.7	86
07-08-23	17:29:11	216.9	0.29	40.8	87
07-08-23	17:30:13	220.8	0.3	44.3	88
07-08-23	17:31:15	219.3	0.26	37.4	88
07-08-23	17:32:17	224.9	0.24	34.5	89
07-08-23	17:33:19	223.6	0.25	36.3	90

Tanggal	Waktu	Vac	Iac	Pac	Eac
[DD-MM-YY]	[hh:mm:ss]	[V]	[A]	[W]	[Wh]
07-08-23	17:34:21	220.6	0.26	38.2	90

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap sistem pemantauan daya listrik rumah, didapatkan hasil pengujian sebagai berikut:

1. Perancangan sistem pemantauan daya listrik rumah berbasis NodeMCU ESP8266 berhasil dilakukan sesuai dengan rencana.
2. Pengukuran kalibrasi modul wattmeter PZEM-016 menghasilkan nilai rata – rata akurasi tegangan, arus, dan daya masing – masing sebesar ±0,2 V; ±0,003 A; dan ±1 W dengan nilai rata – rata presisi sebesar ±0,1 V; ±0,003 A; dan ±0,75 W.
3. Data pengukuran daya listrik penggunaan rumah dengan beban berupa *charger* laptop Lenovo Ideapad 100-14IBD, *charger* laptop Dell N4050, *charger* laptop Asus X454Y, *charger smartphone* Samsung Galaxy A04S, serta *adaptor* 5 V dapat ditampilkan melalui LCD 20x4 dengan protokol I^2C.

DAFTAR RUJUKAN

Ardiatama, R. (2021). *Rancang Bangun Smart Aquarium Berbasis IOT.* Bandung: Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional.

Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2010). *Numerical Methods for Engineers.* New York: McGraw Hill.

Darlis, A. R. (2015). Impementation Visible Light COmmunication. *International Optical Conference* (pp. 200 - 209). Bandung: Institut Teknologi Nasional Bandung.

Gultom, T. T., & Suhelmi. (2022, Januari). Monitoring Watt Meter Berbasis Arduino. *Rekayasa Elektrikal Energi: Jurnal Teknik Elektro*, 109-115.

Maghfiroh, H., Affandy, J. T., Ardiyanto, F., & Nizam, M. (2020). Single Phase Inverter with Power Monitoring using Arduino. *International Conference on Science & Technology* (p. 1844). Surakarta, Indonesia: Journal of Physics: Conference Series. doi:10.1088/1742-6596/1844/1/012016

Nasibu, I. Z., Musa, W., & Haras, A. R. (2022). Rancang Bangun Power Meter Berbasis Arduino. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering (JJEEE)*, 114-118.

Peacefair. (2018). PZEM-014/016 AC communication module. China.

Poston, J. D., & Bouvier, L. F. (2010). *An Introduction to Demography.* Cambridge: Cambridge University Press.

Sugiartha, N., Sugina, I. M., Putra, I. D., Indraswara, M. A., & Suryani, L. I. (2018). Development of an Arduino-based Data Acquisition Device for Monitoring Solar PV System Parameters. *International Conference on Science and Technology. 1*, hal. 995-999. Bali: Atlantis Press. Diambil kembali dari http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/

Wicaksono, K., & Aimrullah. (2021). Implementasi Sistem Monitoring Konsumsi Energi dan Penghematan Harga Listrik Rumah Tangga Menggunakan Arduino-Uno dan LabVIEW. *Seminar Nasional Teknologi Energi dan Mineral. 1*, hal. 828-840. Surabaya: SNTEM.