

RANCANG BANGUN SISTEM *INTERNET OF THINGS* (IOT) UNTUK MONITORING DAN MAINTENANCE PENGGUNAAN ENERGI RUMAH TANGGA

Muhammad Thegar Mustanur Jati; Heru Supriyono
Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Energi listrik adalah suatu energi yang dihasilkan dari aliran elektron yang bergerak melalui suatu medan listrik. Pada dasarnya, energi ini merupakan hasil dari konversi energi potensial listrik menjadi energi kinetik pada perangkat elektronik. Energi listrik berasal dari sumber daya non-terbarukan dan terbarukan seperti batu bara, minyak bumi, gas alam, matahari, dan angin. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring dan maintenance penggunaan energi rumah tangga. Tujuan utama dari sistem ini adalah memantau setiap penggunaan arus, tegangan, daya, frekuensi, faktor daya, kWh meter, serta kondisi kelistrikan dalam rumah tangga untuk memberikan pelayanan yang maksimal pada konsumen. Hasil dari pemantauan ini juga dapat digunakan sebagai laporan insinyur mengenai konsumsi yang telah digunakan oleh rumah tangga. Sistem ini dilengkapi dengan sensor PZEM-004T yang digunakan untuk mendapatkan data penggunaan pada rumah tangga. Data yang didapatkan dari hasil deteksi sensor akan dikirimkan ke basis data dan kemudian akan ditampilkan pada situs web, yang memungkinkan insinyur untuk mengawasi sistem dari jarak jauh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem IoT untuk monitoring dan maintenance penggunaan energi pada rumah tangga mampu meningkatkan pelayanan kepada konsumen. Selain itu, data yang telah dipantau dapat dijadikan sebagai laporan karena data tersebut tersimpan pada basis data. Pemantauan secara waktu nyata memberikan informasi penting tentang kinerja sistem yang dapat digunakan untuk melakukan penyesuaian dan perbaikan secara proaktif.

Kata kunci : Energi, Engineer, IoT, Rumah tangga.

Abstract

Electrical energy is an energy that results from the flow of electrons moving through an electric field. Basically, this energy is the result of the conversion of electrical potential energy into kinetic energy in electronic devices. Electrical energy comes from non-renewable and renewable resources such as coal, petroleum, natural gas, sun, and wind. This research aims to develop a monitoring and maintenance system for household energy usage. The main purpose of this system is to monitor every use of current, voltage, power, frequency, power factor, kWh meter, and electrical conditions in households to provide maximum service to consumers. The results of this monitoring can also be used as an engineer's report on the consumption that has been used by the household. This system is equipped with a PZEM-004T sensor that is used to obtain usage data on households. The data obtained from the sensor detection results will be sent to the database and then will be displayed on the website, which allows the engineer to supervise the system remotely. The results show that the IoT system for monitoring and maintenance of energy usage in households is able to improve services to consumers. In addition, data that has been monitored can be used as reports because the data is stored in the database. Real-time monitoring provides important information about system performance that can be used to make proactive adjustments and improvements.

Keywords : Energy, Engineer, IoT, Household

1. PENDAHULUAN

Pada perkembangan zaman ini teknologi memungkinkan kita untuk melakukan banyak hal salah satunya yaitu komunikasi nirkabel. Komunikasi nirkabel ini banyak diimplementasikan pada alat zaman sekarang. Salah satu komunikasi nirkabel yang sering di implementasikan di dunia industri adalah Internet of Things (IoT). IoT adalah sebuah teknologi canggih yang memiliki konsep yang bertujuan untuk memperluas dan memperkembang manfaat dari konektivitas internet yang tersambung terus menerus. (Selay et al., 2022). IoT dapat digunakan dalam bangunan untuk mengontrol perangkat elektronik, seperti lampu ruangan, yang bisa dikendalikan dari jarak jauh melalui jaringan komputer(Efendi, 2018).

Energi listrik merupakan suatu komoditas yang penting untuk melakukan segala hal di era yang serba modern ini (Wiryawan et al., 2017). Ketersediaan energi listrik yang memadai dan tepat sasaran akan memacu perkembangan pembangunan daerah seperti sektor industri, bisnis, pelayanan publik dan bahkan kualitas hidup masyarakat dengan semakin banyaknya warga yang menikmati energi listrik.(Rajagukguk et al., 2015). Salah satu konsumen pengguna energi listrik adalah rumah tangga. Di sektor energi, indikator konsumsi listrik per kapita sejak tahun 2016 hingga 2019 mengalami tren kenaikan konsumsi listrik per kapita dari sebesar 2.997 kWh hingga menjadi 3.256 kWh (Faza & Navastara, 2022) Kebutuhan energi listrik suatu daerah semakin lama terus meningkat beriringan terhadap laju pertumbuhan ekonomi dan jumlah penduduk sebagai konsumen energi listrik (Sahrul et al., 2023). Dalam penggunaan energi listrik ini tidak jarang terdapat beberapa masalah yang terjadi hanya pada satu rumah seperti Under Voltage, Over Voltage atau bahkan listrik yang mati pada rumah tersebut. Untuk menangani hal ini pelaku rumah tangga perlu menghubungi pihak PLN dahulu baru dapat ditangani hal ini dikarenakan belum adanya fitur untuk mendeteksi masalah kualitas listrik di rumah tangga sehingga pelaku masyarakat perlu menghubungi dan menunggu hingga petugas PLN datang agar masalahnya dapat diselesaikan.

Pada penelitian sebelumnya yang berjudul alat pendeteksi kWh berbasis Arduino R3 dan esp8266. Dalam penelitian pada judul ini menggunakan sensor PZEM-004T yang digunakan untuk mendeteksi arus, tegangan, daya, frekuensi, energi, status dan faktor daya. Kesimpulan dari alat ini yaitu digunakan sebagai pendeteksi KWH yang digunakan pelaku rumah tangga yang ketika sudah melampaui batas maka akan memberikan peringatan(Mufida et al., 2021)

Terdapat penelitian yang lain juga yang berjudul Pengujian Alat Pemantauan Daya Listrik Menggunakan Web. Dimana hasil dari penelitian ini merupakan prototipe yang digunakan untuk mendeteksi kWh dan mengontrol on/off melalui web ketika lupa mematikan peralatan elektronik. Dalam alat ini menggunakan menggunakan sensor PZEM- 004T yang digunakan untuk mendeteksi arus, tegangan, daya, frekuensi, energi, status dan faktor daya dan modul relay digunakan untuk mode switching(Putri et al., n.d.).

Penelitian lain yang berjudul Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Realtime Berbasis Mikrokontroler. Pada alat ini menggunakan sensor ACS712 dan memiliki cara kerja yang mana selain memonitoring konsumsi energi listrik juga ketika konsumsi energi listrik mendekati batas penggunaan maka akan menghidupkan buzzer sebagai peringatan dan ketika mencapai batas maka energi listrik akan diputus oleh relay(Temy Nusa, Sherwin R.U.A. Sompie, ST., MT. , Dr.Eng Meita Rumbayan, ST., MT. Mahasiswa, Pembimbing 1 & Nusatemy@gmail.com(1), 2015).

Penelitian lain yang berjudul Alat Monitoring Kelistrikan Rumah Tangga Berbasis Blynk. Dalam penelitian ini menghasilkan sebuah prototipe yang juga digunakan untuk memonitoring kelistrikan rumah mulai dari daya, arus, tegangan, energi dan konversi ke harga rupiah. Pada penelitian ini menggunakan sensor PZEM-004T yang digunakan untuk mendeteksi kelistrikan di rumah. (Syofian, 2020). Penelitian lain yang berjudul Rancang Bangun Sistem Proteksi dan Monitoring Energi Listrik Berbasis Mikrokontroler menggunakan Visual Studio Uji Coba Diakses Di PT. Pancawana Indonesia. Dalam penelitian ini menghasilkan sebuah prototipe yang digunakan untuk memonitoring kelistrikan terutama pada arus, tegangan dan cos phi. Pada penelitian ini menggunakan 3 jenis sensor yaitu sensor arus, sensor tegangan dan sensor cos phi. (Mohammad Dwi Cahyo, Achmad Ubaidillah, 2018).

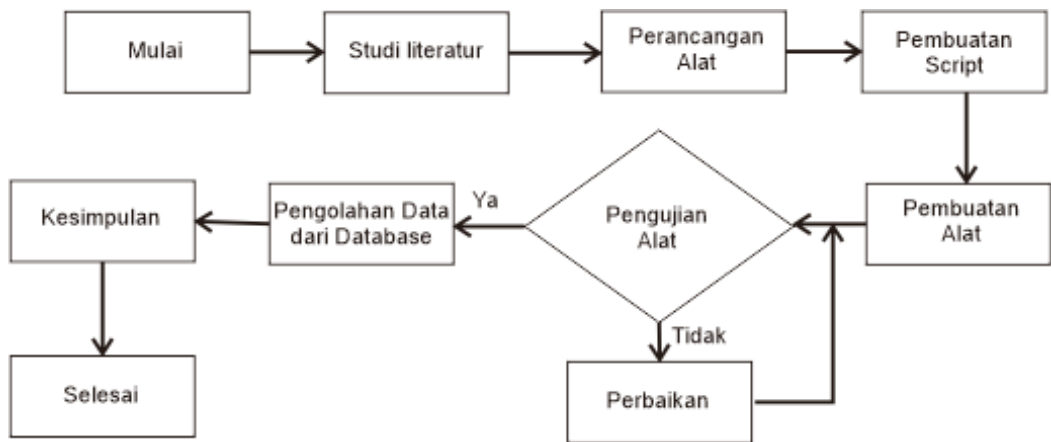
Berdasarkan penelitian sebelumnya, penulis akan mengembangkan alat yang menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler. Alat ini akan menggunakan sensor PZEM- 004T untuk mendeteksi arus, tegangan, daya, frekuensi, energi, status, dan faktor daya. Data deteksi sensor akan ditampilkan pada LCD I2C 20x4. Selain itu, data ini juga akan ditampilkan di website dan dapat di-export ke Microsoft Excel karena data yang telah ditampilkan sudah tersimpan di database. Ketika listrik mati/Under Voltage/Over Voltage, alat ini akan mengirim pesan ke Telegram, dan jika listrik normal kembali, alat akan mengirimkan pemberitahuan lagi. Tujuannya adalah memberikan notifikasi kepada pihak PLN ketika terdapat rumah yang mengalami kematian listrik/gangguan. Alat ini juga mampu membedakan penyebab pemadaman listrik yang disebabkan oleh kelebihan beban (overload) atau interference.

2. METODE

2.1 Tahapan Penelitian

Pada tahapan pertama yang dilakukan oleh penulis yakni studi literatur, tahapan studi literatur dimaksudkan melakukan pencarian data, alat dan bahan mengenai sistem IoT(Internet of Things) untuk monitoring dan maintenance penggunaan energi rumah tangga secara real time, meliputi ESP32, Sensor PZEM- 004T, LCD I2C, Website, komunikasi esp32 dengan database dan komunikasi website dengan database.

Kemudian tahapan kedua yaitu perancangan sistem, pada tahapan ini hal yang dilakukan penulis yakni melakukan pendataan alat dan bahan yang akan digunakan untuk penelitian. Pada tahapan ini dilakukan proses perancangan dan analisis sensor agar sesuai dengan kebutuhan alat yang akan digunakan dalam penelitian. Tahapan ketiga yakni pengujian dan pengambilan data. Pada tahap pengujian alat dan pengambilan data dilakukan di lokasi yang sudah ditentukan yakni di Universitas Muhammadiyah Surakarta dan sekitarnya yang berada di kabupaten sukoharjo provinsi Jawa Tengah. Pada saat pengambilan data, jika terdapat error maka alat akan dilakukan perbaikan hingga saat pengujian tidak terjadi kendala error. Setelah pengujian alatkemudian akan dilakukan pengambilan data yang sudah ter-record pada database mysql yang mana hasilnya pada sensor adalah arus, tegangan, daya, frekuensi, daya, factor daya dan kWh meter.



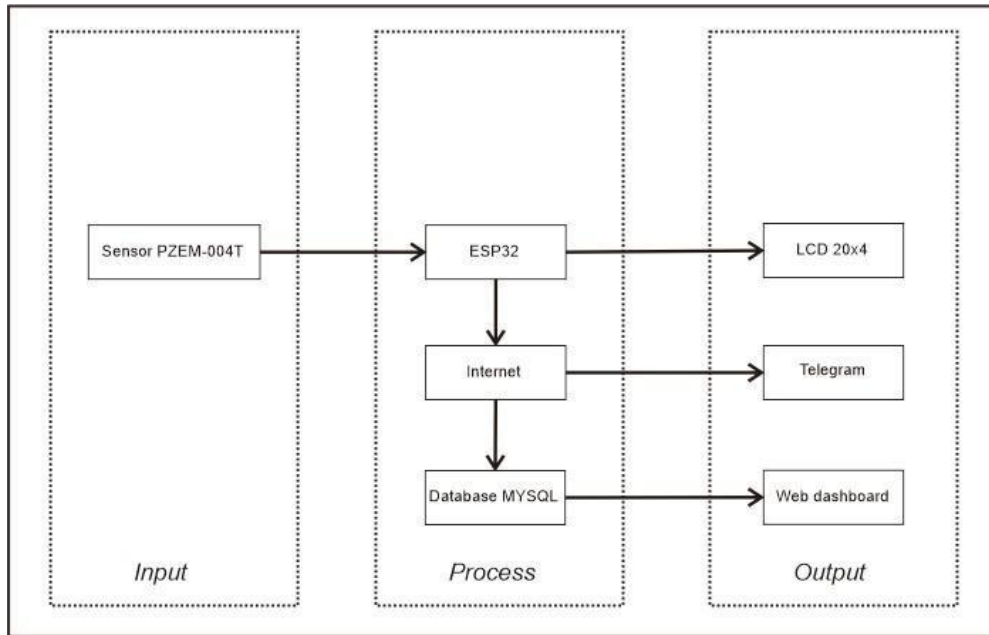
Gambar 1. Flowchart Tahapan Penelitian

2.2 Alat dan Bahan

Tabel 1. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan	Jumlah
ESP32	2
Sensor PZEM-004T	2
LCD I2C	2
Baterai Litium	8
<i>Casing</i> Baterai	2
Box Panel	2
Kabel <i>Jumper</i>	1 set
Adaptor DC	2
<i>Switch</i>	4

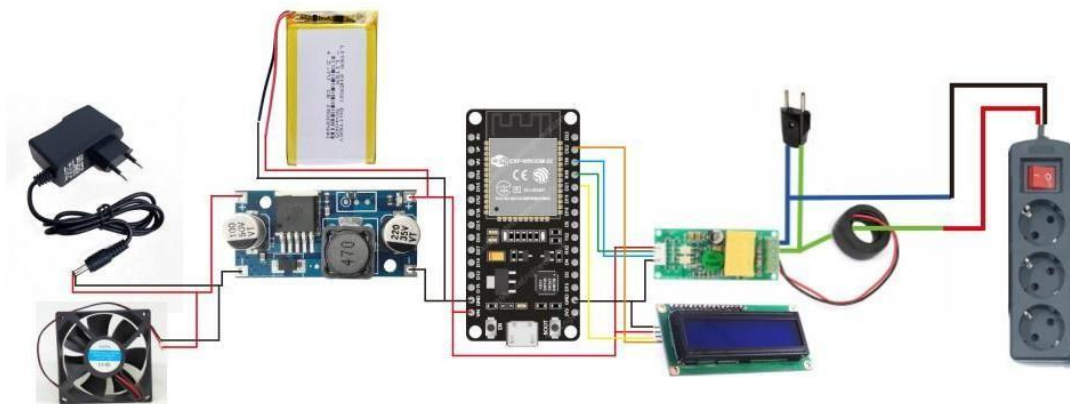
2.3 Blok Diagram Sistem



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Gambar 2 diatas merupakan sistem kerja dari alat yang akan dibuat. Dalam sistemnya kelistrikan rumah yang dideteksi dengan menggunakan sensor PZEM- 004T yang kemudian datanya dikirimkan ke ESP32 yang kemudian akan ditampilkan secara langsung dengan LCD 20x4 lalu juga dikirimkan dengan internet yang akan ditampilkan pada telegram dan juga database. Di database kemudian datanya akan diambil dan akan ditampilkan pada web dashboard.

2.4 Perancangan Hardware



Gambar 3. Perancangan Hardware

Gambar 3 pada perancangan hardware ini melakukan pembacaan tegangan, arus, faktor daya, daya, energi, dan frekuensi yang dapat dimonitor secara langsung melalui LCD I2C 32x4 serta website yang akan mengambil data melalui database secara otomatis serta terdapat kipas yang digunakan untuk menjaga suhu pada rangkaian. Cara kerja dari alat ini adalah dengan mendeteksi tegangan, di mana ketika kondisi tegangan berubah seperti undervoltage, Over Voltage, normal, maupun mati, maka

akan memberikan notifikasi melalui Telegram serta langsung mengirimkan data ke database yang kemudian ditampilkan pada website. Alat ini juga dapat membedakan mati yang dikarenakan kelebihan beban atau gangguan dengan menggunakan parameter arus. Jika arus melebihi batas yang ditentukan, maka alat akan mendeteksi bahwa terjadi kelebihan beban ketika mati. Pada web akan dituliskan "overload" bila terjadi kelebihan beban dan "interference" bila terjadi gangguan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sistem Elektrikal

Pada sistem elektrikal ini, dibuat sesuai dengan rancangan hardware pada gambar di atas. Dalam rancangan hardware, penulis menggunakan PCB cetak untuk meminimalisir penggunaan kabel jumper dan membuat tampilan alat lebih rapi. Dalam perancangannya, ESP32 memiliki dua sumber daya, yaitu adaptor dan baterai. Baterai digunakan sebagai sumber cadangan ketika listrik mati. Dalam wiring-nya, pin 16 dan pin 17 ESP32 terhubung ke RX dan TX PZEM-004T yang digunakan untuk komunikasi sensor ke mikrokontroler. VCC dan GND PZEM-004T juga terhubung dengan VIN dan GND ESP32 sebagai sumber daya sensor PZEM-004T. LCD I2C juga terhubung pada pin SDA dan SCL yang dihubungkan ke ESP32 melalui pin 21 dan 22 untuk komunikasi antara ESP32 dengan LCD. VCC dan GND LCD I2C terhubung dengan VIN dan GND ESP32 sebagai sumber daya LCD I2C. Pada alat juga terdapat kipas 12V yang digunakan untuk airflow agar rangkaian tidak overheat, yang disambungkan pada VCC dan GND adaptor. Pada sumber adaptor, pin input (+) dan (-) terhubung ke stepdown untuk menurunkan tegangan, kemudian pin output (+) dan (-) stepdown dihubungkan pada pin VIN dan GND. Sedangkan pada baterai yang digunakan sebagai sumber daya, terdapat tambahan dua dioda dan satu resistor 1k yang dihubungkan pada V+ stepdown dan VIN ESP32, yang digunakan sebagai penyearah ketika ada listrik AC, maka rangkaian akan menggunakan listrik AC ketimbang baterai.



Gambar 4. Hasil Perancangan Sistem Elektrikal



Gambar 5. Pengujian Alat selama 12 Jam

3.2 Sistem Program IoT (Internet of Things)

Dalam sistem IoT, penulis menggunakan Telegram dan website sebagai monitoring jarak jauh pada alat. Pada programnya, penulis memberikan perintah pada sensor PZEM-004T untuk melakukan pembacaan tegangan, arus, faktor daya, daya, energi, dan frekuensi, serta perintah pada LCD I2C untuk menampilkan hasil pembacaan sensor serta jam dan menit waktu saat ini secara realtime. Pada program juga terdapat inisialisasi untuk menghubungkan Telegram dengan cara mencocokkan token serta ID pada Telegram dengan ESP32, yang di mana Telegram ini akan memberi notifikasi pada teknisi mengenai kondisi rumah. Lalu pada program terdapat pengiriman data ke database yang telah diatur setiap 5 menit sekali akan mengirim data ke database MySQL. Dalam pengirimannya, program memerlukan URL untuk script PHP yang digunakan untuk mengirim data dari ESP32 ke database, yang kemudian ditampilkan di website dengan menggunakan syntax code PHP, HTML, dan JavaScript. Pada website akan memberikan tampilan pembacaan sensor secara mendetail baik dengan detail keterangan tanggal maupun kondisi dari rumah yang telah dimonitoring.

```

1 #include <WiFi.h>
2 #include <EEPROM.h>
3 #include "CTBot.h"
4 #include <WiFiClient.h>
5 #include <BlynkSimpleEsp32.h>
6 #include <PZEM004Tv30.h>
7 #include <HTTPClient.h>
8 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
9 #include <time.h>
10 CTBot myBot;
11 #include "var.h"
12 PZEM004Tv30 pzem(PZEM_SERIAL, PZEM_RX_PIN, PZEM_TX_PIN);
13 LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4);
14 float eepromlast_valid_tegangan, eepromlast_valid_arus;
15 // Variabel untuk menyimpan data terakhir yang valid
16 float last_valid_tegangan = 0;
17 float last_valid_arus = 0;
18 void setup() {
19   Serial.begin(115200);
20   EEPROM.begin(512);
21   lcd.init();
22   lcd.backlight();
23   myBot.wifiConnect(ssid1, pass1);
24   lcd.clear();
25   lcd.setCursor(0, 0);
26   lcd.print("Connecting to WiFi");
27   WiFi.begin("mj123", "12345678");
28   // Menunggu hingga terhubung
29   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
30     delay(500);
31     Serial.print(".");

```

Gambar 6. Program Monitoring IoT



Gambar 7. Tampilan Website

				id	datetime	status	arus	tegangan	power	energy	frekuensi	pf
☐	Edit	Copy	Delete	467	2024-06-29 13:43:38	Interference	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0	0.00
☐	Edit	Copy	Delete	466	2024-06-29 13:43:33	Interference	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0	0.00
☐	Edit	Copy	Delete	465	2024-06-29 13:43:24	Interference	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0	0.00
☐	Edit	Copy	Delete	464	2024-06-29 13:41:52	Overload	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0	0.00
☐	Edit	Copy	Delete	463	2024-06-29 13:36:51	Overload	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0	0.00
☐	Edit	Copy	Delete	462	2024-06-29 13:31:51	Overload	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0	0.00
☐	Edit	Copy	Delete	461	2024-06-29 13:26:51	Overload	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0	0.00
☐	Edit	Copy	Delete	460	2024-06-29 13:21:49	Overload	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0	0.00
☐	Edit	Copy	Delete	459	2024-06-29 13:16:48	Overload	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0	0.00
☐	Edit	Copy	Delete	458	2024-06-29 13:11:47	Overload	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0	0.00
☐	Edit	Copy	Delete	457	2024-06-29 13:07:19	Overload	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0	0.00
☐	Edit	Copy	Delete	456	2024-06-29 13:07:16	Overload	0.00	0.00	0.00	0.000	0.0	0.00
☐	Edit	Copy	Delete	455	2024-06-29 13:07:10	Normal	4.87	199.50	962.00	0.003	50.0	0.99
☐	Edit	Copy	Delete	454	2024-06-29 13:07:08	Normal	4.93	198.90	973.60	0.003	50.0	0.99
☐	Edit	Copy	Delete	453	2024-06-29 13:07:03	Under Voltage	5.17	196.90	1012.60	0.002	50.0	1.00

Gambar 8. Tampilan Rekam Data Pada Database



Gambar 9. Tampilan Notifikasi Pesan Telegram

3.3 Pengolahan Data

Pada pengujian ini, terdiri dari dua alat yang digunakan untuk memonitor tegangan, arus, faktor daya, daya, energi, dan frekuensi yang nantinya akan direkam pada tabel database yang berbeda, sehingga masing-masing alat dapat memiliki nilai output yang berbeda-beda. Hal ini berfungsi sebagai pembandingan antara alat 1 dengan alat 2, yang nantinya hasil dari perbandingannya dapat dianalisis oleh penulis.

3.4 Hasil Pengujian Alat

3.4.1. Pengujian Alat Dengan Power Meter

Tabel 2 merupakan perbandingan antara alat 1 dengan alat 2 terhadap power meter dan didapatkan rata-rata power meter dengan tegangan 190,37 Volt dan arus 0,27 ampere, sedangkan pada alat 1 dan 2 didapatkan rata-rata tegangan 190,30 Volt dan arus 0,28 ampere, Sehingga dapat disimpulkan nilai error tegangan memiliki rata-rata 0,03% sedangkan nilai error arus didapatkan rata-rata 1,41%. Pada alat ini memiliki akurasi tinggi, yaitu 99,97% untuk mendeteksi tegangan dan 98,59% untuk mendeteksi arus

Tabel 2. Pengujian Alat 1 dan Alat 2 Terhadap Power Meter

No	Waktu	Tegangan				Arus			
		<i>Power</i>	<i>Pzem</i>	<i>Pzem</i>	<i>error</i>	<i>Power</i>	<i>Pzem</i>	<i>Pzem</i>	<i>error(%)</i>
		Meter	1	2		Meter	1	2	
1	5 menit	189,2	189,2	189,2	0,00	0,28	0,28	0,28	0,00
2	10 menit	189,5	189,5	189,5	0,00	0,26	0,26	0,26	0,00
3	15 menit	190	190	190	0,00	0,27	0,27	0,27	0,00
4	20 menit	190,4	190,2	190,2	0,11	0,26	0,26	0,26	0,00
5	25 menit	190	189,9	189,9	0,05	0,32	0,33	0,33	3,13
6	30 menit	190,2	190,1	190,1	0,05	0,3	0,31	0,31	3,33
7	35 menit	190,7	190,7	190,7	0,00	0,25	0,25	0,25	0,00
8	40 menit	191,2	190,9	190,9	0,16	0,32	0,33	0,33	3,13
9	45 menit	190,4	190,4	190,4	0,00	0,26	0,27	0,27	3,85
10	50 menit	190,9	190,8	190,8	0,05	0,27	0,27	0,27	0,00
11	55 menit	190,8	190,8	190,8	0,00	0,26	0,26	0,26	0,00
12	60 menit	191,2	191,2	191,2	0,00	0,29	0,28	0,28	3,45

3.4.2. Pengujian Alat 1 Ketika Kondisi Under Voltage

Pada pengujian ini adalah pengujian yang difokuskan pada pengujian tegangan, yang mana pengujian dilakukan ketika alat 1 berada dalam kondisi Under Voltage. Under Voltage ini memiliki parameter ketika tegangan di bawah 198 Volt, maka akan dituliskan "Under Voltage" pada kolom status.

Didapatkan rata-rata tegangan alat 1 sebesar 191,06V. Pada pengujian ini memiliki nilai tertinggi sebesar 191,4V dan memiliki nilai terendah sebesar 189,1V. Pengujian ini dilakukan selama 30 menit, dimulai pada jam 16.37 hingga 17.11.

Tabel 3. Pengujian Alat 1 Ketika Kondisi Under Voltage

datetime	status	arus	tegangan	power	energy	frekuensi	pf
26/06/2024	<i>Under</i>						
16:37	<i>Voltage</i>	0	190,1	0	0	49,9	0
26/06/2024	<i>Under</i>						
16:37	<i>Voltage</i>	0	190,1	0	0	49,9	0
26/06/2024	<i>Under</i>						
16:41	<i>Voltage</i>	0	189,1	0	0	50	0
26/06/2024	<i>Under</i>						
16:46	<i>Voltage</i>	0	189,5	0	0	50	0
26/06/2024	<i>Under</i>						
16:51	<i>Voltage</i>	0	190,7	0	0	50	0
26/06/2024	<i>Under</i>						
16:56	<i>Voltage</i>	0	190,8	0	0	50	0
26/06/2024	<i>Under</i>						
17:01	<i>Voltage</i>	0,37	191,2	39,1	0	50	0,56
26/06/2024	<i>Under</i>						
17:06	<i>Voltage</i>	0,36	191,4	37,8	0,002	50	0,54
26/06/2024	<i>Under</i>						
17:11	<i>Voltage</i>	0,37	190,3	38,5	0,005	50	0,54

3.4.3. Pengujian Alat 2 Ketika Kondisi Under Voltage

Pada pengujian ini adalah pengujian yang difokuskan pada pengujian tegangan, yang mana pengujian ketika alat 2 berada dalam kondisi Under Voltage. Under Voltage ini memiliki parameter ketika tegangan di bawah 198 Volt, maka akan dituliskan "Under Voltage" pada kolom status. Didapatkan rata-rata tegangan alat 2 sebesar 191,5V. Pada pengujian ini memiliki nilai tertinggi sebesar 195V dan memiliki nilai terendah sebesar 189,1V. Pengujian ini berlangsung selama 30 menit, dimulai pada jam 16.37 hingga 17.11.

Tabel 6. Pengujian Alat 2 Ketika Kondisi Under Voltage

datetime	status	arus	tegangan	power	energy	frekuensi	pf
26/06/2024	<i>Under</i>						
16:37	<i>Voltage</i>	0,02	195	0,9	0	50	0,19

26/06/2024	Under						
16:37	Voltage	0,02	190,2	0,8	0	50	0,18
26/06/2024	Under						
16:41	Voltage	0,02	189,1	0,8	0	50	0,2
26/06/2024	Under						
16:51	Voltage	0,23	190,6	22,9	0,004	50	0,52
26/06/2024	Under						
16:56	Voltage	0,22	190,3	21,3	0,006	50	0,52
26/06/2024	Under						
17:01	Voltage	0,2	191,2	19	0,008	50	0,5
26/06/2024	Under						
17:06	Voltage	0,19	191,6	18,2	0,01	50	0,5
26/06/2024	Under						
17:11	Voltage	0,18	190,4	16,3	0,011	50	0,49

3.4.4 Pengujian Alat 1 Ketika Kondisi Over Voltage

Pada pengujian ini adalah pengujian yang difokuskan pada pengujian tegangan, yang mana pengujian dilakukan ketika alat 1 berada dalam kondisi Over Voltage. Over Voltage ini memiliki parameter ketika tegangan di atas 233 Volt, maka akan dituliskan "Over Voltage" pada kolom status. Didapatkan rata-rata tegangan alat 1 sebesar 234,4V. Pada pengujian ini, nilai tertinggi sebesar 236,8V dan nilai terendah sebesar 234V. Pengujian ini berlangsung selama 30 menit, dimulai pada jam 17.12 hingga 17.46.

Tabel 7, Pengujian Alat 1 Ketika Kondisi Over Voltage

datetime	status	arus	tegangan	power	energy	frekuensi	pf
26/06/2024	Over						
17:12	Voltage	0,28	234	32,5	0,006	49,9	0,49
26/06/2024	Over						
17:12	Voltage	0,28	234	32,5	0,006	49,9	0,49
26/06/2024	Over						
17:16	Voltage	0,37	235,9	42,9	0,008	50	0,49
26/06/2024	Over						
17:21	Voltage	0,28	233,7	30,7	0,01	49,9	0,47
26/06/2024	Over						
17:26	Voltage	0,27	234,7	29,8	0,013	49,9	0,47
26/06/2024	Over						
17:31	Voltage	0,34	235,1	41,3	0,016	50	0,52

26/06/2024	Over							
17:36	Voltage	0,28	236,4	30,4	0,018	50	0,47	
26/06/2024	Over							
17:41	Voltage	0,31	234,8	34,8	0,021	50	0,48	
26/06/2024	Over							
17:46	Voltage	0,4	236,8	43,8	0,024	50	0,47	

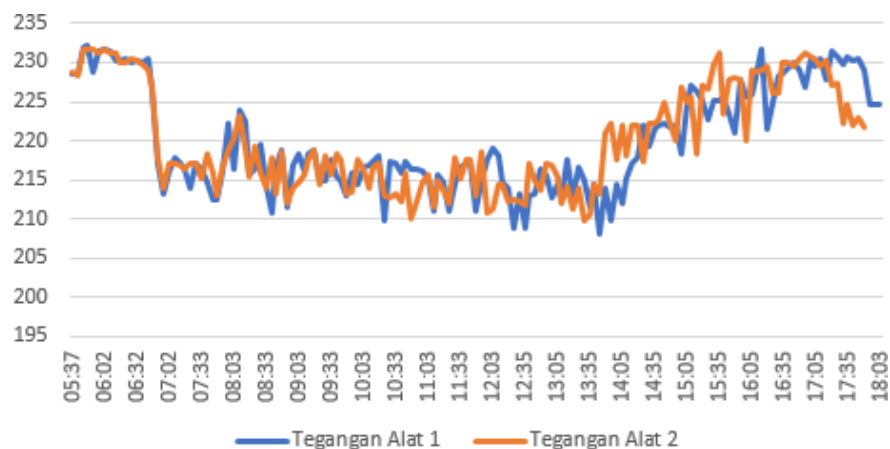
3.4.5 Pengujian Alat 2 Ketika Kondisi Over Voltage

Pada pengujian ini adalah pengujian yang difokuskan pada pengujian tegangan, yang mana pengujian dilakukan ketika alat 2 berada dalam kondisi Over Voltage. Over Voltage ini memiliki parameter ketika tegangan di atas 233 Volt, maka akan dituliskan "Over Voltage" pada kolom status. Didapatkan rata-rata tegangan alat 2 sebesar 234V. Pada pengujian ini, nilai tertinggi sebesar 236,5V dan nilai terendah sebesar 233,9V. Pengujian ini berlangsung selama 30 menit, dimulai pada jam 17.12 hingga 17.46.

Tabel 8, Pengujian Alat 2 Ketika Kondisi Over Voltage								
datetime	status	arus	tegangan	power	energy	frekuensi	pf	
26/06/2024								
17:12	Over Voltage	0,16	233,9	17,2	0,012	49,9	0,46	
26/06/2024								
17:12	Over Voltage	0,18	234	20,1	0,012	49,9	0,49	
26/06/2024								
17:16	Over Voltage	0,16	235,8	17,6	0,013	49,9	0,46	
26/06/2024								
17:21	Over Voltage	0,14	233,6	14,5	0,014	49,9	0,45	
26/06/2024								
17:26	Over Voltage	0,19	235	21,1	0,016	49,9	0,48	
26/06/2024								
17:31	Over Voltage	0,3	234,9	37	0,017	50	0,53	
26/06/2024								
17:36	Over Voltage	0,11	236,1	12	0,018	50	0,45	
26/06/2024								
17:44	Over Voltage	0,1	236,5	10,3	0,001	50	0,44	

3.5 Analisis Hasil Pengujian Alat 1 dan Alat 2

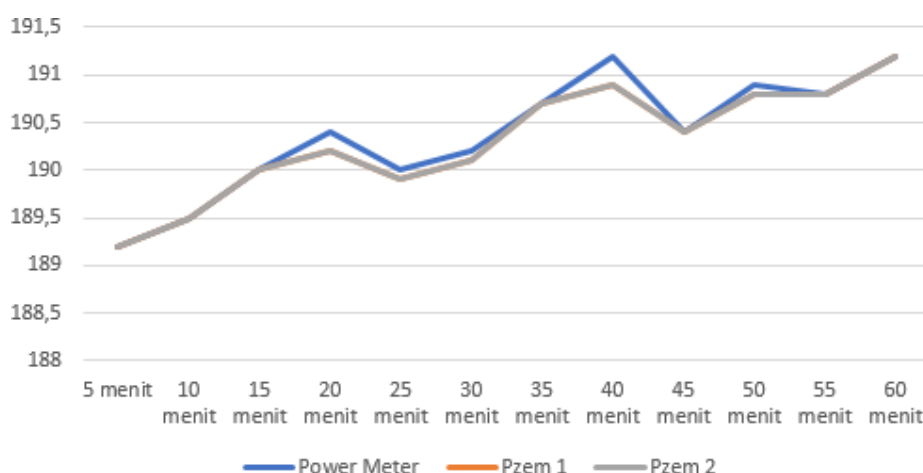
3.5.1 Analisis Pengujian Alat 1 dan Alat 2 Selama 12 jam



Gambar 10, Grafik Perbandingan Tegangan Alat 1 dan Alat 2 Selama 12

Gambar 10 menunjukkan perbandingan tegangan alat 1 dan alat 2 selama 12 jam yang dimulai pada jam 05:37 hingga 18:03, Tujuan dari pengujian 2 alat ini adalah sebagai pembanding, Meskipun pada status dituliskan "normal", besar tegangan masing-masing alat terkadang tidak sama, serta besar tegangan tiap waktu pun dapat berbeda, Hal ini dapat dilihat ketika jam 05:37 hingga 06:32 mendapatkan nilai tegangan 230 volt, sedangkan ketika siang tegangannya menurun, Hal ini disebabkan karena pada pagi hari banyak peralatan listrik yang tidak digunakan, Perbedaan besaran tegangan yang dideteksi alat 1 dan 2 ini merupakan fluktuasi yang wajar dan masih dalam toleransi, Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti fluktuasi beban listrik, distribusi beban dalam jaringan, hingga regulasi dan penyesuaian oleh jaringan operator,

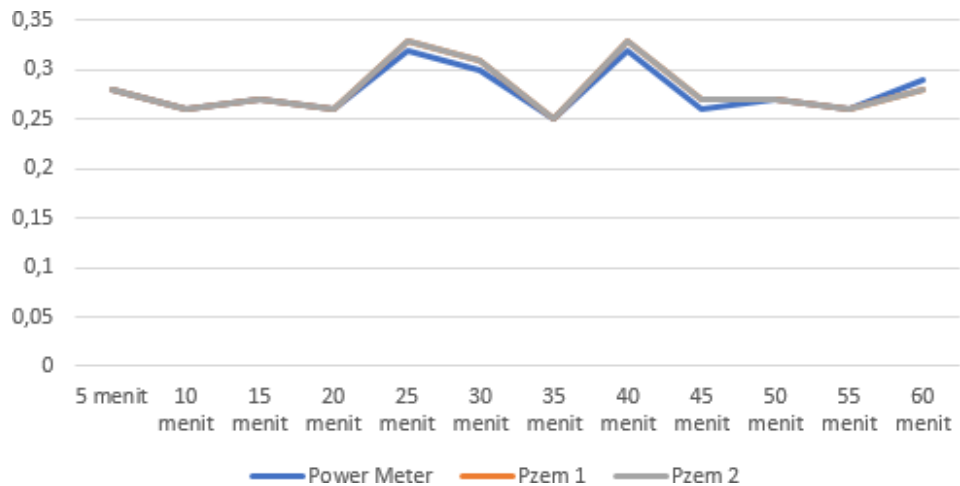
3.5.2 Analisis Pengujian Alat 1 dan Alat 2 Terhadap Power Meter



Gambar 11, Grafik Perbandingan Tegangan Alat 1 dan Alat 2 Terhadap Power Meter

Pada Gambar 11 ini merupakan grafik perbandingan tegangan alat 1 dan 2 terhadap power meter, yang pengujiannya bertujuan untuk memperoleh nilai error dari sensor dengan alat pengukur power meter, Pada pengujian ini menggunakan timeframe tiap 5 menit karena menyesuaikan dengan pengiriman data

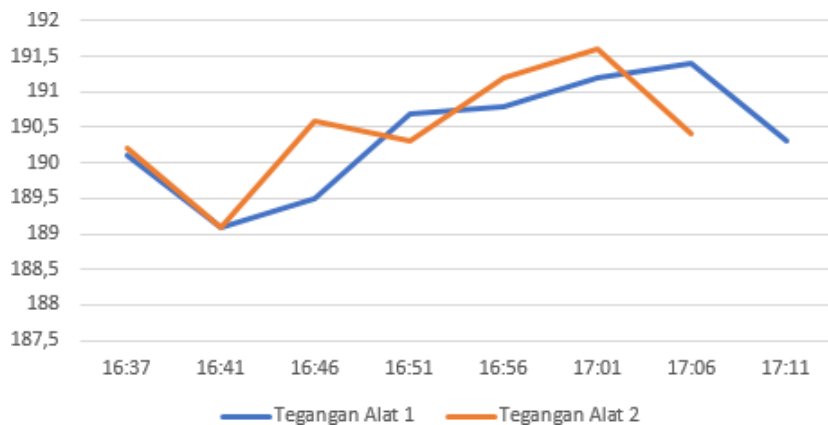
dari ESP32 ke database, Pada pengujian ini didapatkan bahwa pada sensor memang masih ada nilai error dengan rata-rata 0,03%, Hal ini menunjukkan bahwa sensor memiliki ketepatan yang baik terhadap pembacaan tegangan



Gambar 12, Grafik Perbandingan Arus Alat 1 dan Alat 2 Terhadap Power Meter

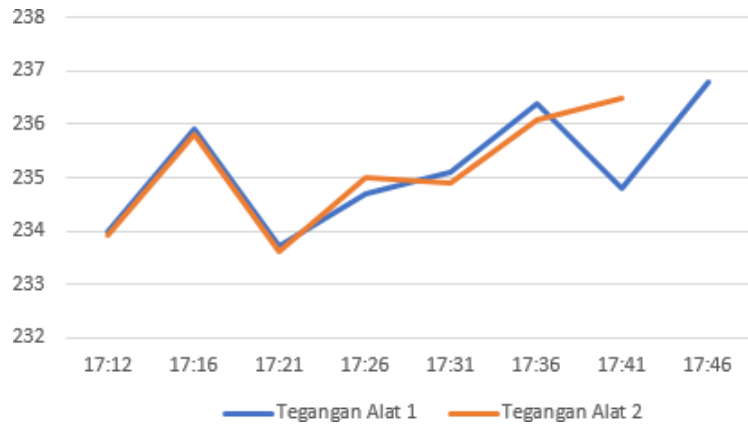
Pada Gambar 12 menunjukkan grafik perbandingan arus alat 1 dan alat 2 terhadap power meter, Dalam pengujiannya menggunakan beban adaptor laptop dan bertujuan untuk memperoleh nilai error dari sensor dengan alat pengukur power meter, Timeframe yang digunakan pada pengujian ini adalah kelipatan 5 menit karena disesuaikan dengan pengiriman data dari ESP32 ke database, Pada hasil pengujian didapatkan rata-rata nilai error 1,41% dan ini menunjukkan bahwa sensor memiliki ketepatan yang baik terhadap pembacaan arus,

3.5.3 Analisis Pengujian Alat 1 dan Alat 2 Ketika Under Voltage dan Over Voltage



Gambar 13, Grafik Perbandingan Tegangan Alat `1 dan Alat 2 ketika Under Voltage

Pada gambar 13 menunjukkan grafik perbandingan tegangan pada alat 1 dan 2 ketika Under Voltage, Pengujian dimulai pada pukul 16:37-17:11 dengan rentang 5 menit untuk meyesuaikan pengiriman dari esp32 ke database, Pengujian ini bertujuan untuk menguji ketika listrik berada dalam kondisi Under Voltage apakah akan memberikan notif yang benar pada teknisi serta melakukan monitoring hingga teknisi menangani masalah tersebut, Pengujian ini menggunakan Adjustable Voltage Regulator (AVR) sehingga dapat mengatur besaran tegangan,



Gambar 14, Grafik Perbandingan Tegangan Alat `1 dan Alat 2 ketika Over Voltage

Pada gambar 14 menunjukkan grafik perbandingan tegangan pada alat 1 dan 2 ketika Over Voltage, Pengujiannya dimulai pada pukul 17:12-17:46 dengan rentang 5 menit, Pengujian ini bertujuan untuk menguji ketika listrik berada dalam kondisi Over Voltage dan dapat terus menerus melakukan monitoring hingga adanya penanganan dari teknisi PLN, Pengujian ini menggunakan Adjustable Voltage Regulator (AVR) sehingga dapat mengatur besaran tegangan,

4. PENUTUP

4.1 KESIMPULAN

Dari hasil pengujian Sistem IoT untuk Monitoring dan Pemeliharaan Penggunaan Energi Rumah Tangga, penelitian ini berhasil menunjukkan bahwa alat dapat melakukan monitoring secara real-time, Hasil monitoring direkam melalui database dan ditampilkan melalui website, Ketika terjadi masalah, sistem akan mengirimkan notifikasi melalui Telegram, memungkinkan teknisi untuk memantau dari jauh, Data dapat dikumpulkan secara nirkabel dan diakses secara fleksibel melalui jaringan internet, Analisis data menunjukkan bahwa sensor yang digunakan memiliki akurasi tinggi, yaitu 99,97% untuk mendeteksi tegangan dan 98,59% untuk mendeteksi arus, Alat ini juga dilengkapi dengan filterisasi yang memungkinkan alat membedakan gangguan yang disebabkan oleh kelebihan beban (overload) atau gangguan lainnya (interference), sehingga teknisi dapat mengetahui keadaan rumah ketika listrik mati,

4.2 SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran pengembangan pada sistem yang penulis buat agar menjadi lebih baik yaitu sebagai berikut:

1. Pada sistem maintenance masih diperlukan adanya bantuan customer service untuk melakukan interaksi kepada customer mengenai penjadwalan kedatangan teknisi sehingga perlu adanya bot otomatis yang digunakan mengatur sistem penjadwalan ke customer,
2. Pada sistem elektronik memerlukan 2 sumber untuk membuat alat dapat bekerja sehingga diperlukan adanya penyederhanaan menjadi 1 sumber,

3. Pada sistem maintenance masih belum ada keterangan mengenai teknisi yang akan mengerjakan ketika terdapat masalah serta tidak ada konfirmasi ketika masalah sudah clear sehingga perlu adanya pengembangan pembuatan web yang lebih advance,

PERSANTUNAN

Alhamdulillah, dengan mengucapkan rasa syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta memberikan kemudahan dalam melaksanakan Tugas Akhir dengan baik, Semoga ilmu yang didapat bermanfaat bagi penulis serta para pembaca, Penulis mengucapkan terimakasih kepadasemua pihak yang telah memberikan doa, saran, dukungan, serta motivasi yang membangun penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir kepada :

1. Allah SWT yang memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir,
2. Orang tua dan keluarga yang selalu mendoakan, memberikan semangat, serta memberikan materi kepada penulis,
3. Bapak Heru Supriyono S,T., M,Sc.,Ph,D selaku dosen pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dari awal hingga akhir, serta memberikan saran dan masukan kepada penulis,
4. Komunitas Robot Research yang telah menjadi tempat pengujian serta mengembangkan ilmu selama menempuh jenjang Pendidikan,
5. Terimakasih kepada Untung, Aldi, Faruq dan Rafi yang telah membantu penulis selama pengerjaan tugas akhir,
6. Teman-teman yang telah memberikan dukungan, serta membantu dalam pengambilan alat dan membantu dalam proses Tugas Akhir,

DAFTAR PUSTAKA

- Efendi, Y. (2018). Internet Of Things (Iot) Sistem Pengendalian Lampu Menggunakan Raspberry Pi Berbasis Mobile. *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer*, 4(2), 21–27. <https://doi.org/10.35329/jiik.v4i2.41>
- Mohammad Dwi Cahyo, Achmad Ubaidillah, A. F. I. (2018). Rancang Bangun Sistem Proteksi dan Monitoring Energi Listrik Berbasis Mikrokontroler Menggunakan Visual Studio Uji Coba Diakses di PT. PANCAWANA INDONESIA. *Cyclotron*, 1(2), 1–6.
- Mufida, E., Adriansyah, M. I., Ihsan, N. M., & Anwar, R. S. (2021). Perancangan Alat Pendeteksi KWH Meter Berbasis Arduino Uno R3 dan ESP8266. *INSANtek*, 2(1), 28–34. <https://doi.org/10.31294/instk.v2i1.442>
- Putri, K. T., Margana, D. B., Hong, T. S., Hilir, J. G., Bandung, D. C., Bandung, P. N., & Hilir, J. G. (n.d.). 1391-Article Text-2734-1-10-20190830. 208–219.
- Rajagukguk, A. S. F., Pakiding, M., & Rumbayan, M. (2015). Kajian Perencanaan Kebutuhan dan Pemenuhan Energi Listrik di Kota Manado. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 4(3), 1–11. <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/view/7972>
- Sahrul, S., Purwoharjono, P., & Gianto, R. (2023). Peramalan Kebutuhan Energi Listrik Menggunakan Metode Gabungan. *Jurnal Sistem Dan Teknologi Informasi (JustIN)*, 11(3), 412. <https://doi.org/10.26418/justin.v11i3.63821>
- Selay, A., Andgha, G. D., Alfarizi, M. A., Bintang, M. I., Falah, M. N., Khaira, M., & Encep, M. (2022). Karimah Tauhid, Volume 1 Nomor 6 (2022), e-ISSN 2963-590X. Karimah Tauhid, 1(2963-590X), 861–862.

- Syofian, A. (2020). Alat Monitoring Kelistrikan Rumah Tangga Berbasis Blynk. JTE-ITP: Jurnal Teknik Elektro Institut Teknologi Padang, 9(2), 2–5. <https://ejournal.itp.ac.id/index.php/telektro/index>
- Temy Nusa , Sherwin R.U.A. Sompie, ST., MT. , Dr.Eng Meita Rumbayan, ST., MT. Mahasiswa, Pembimbing 1, P. 2, & Nusatemy@gmail.com(1). (2015). Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler. E- Journal Teknik Elektro Dan Komputer, 4(5), 19–26.
- Wirawan, I. M. A., Ta, I. K., & Sambara, K. M. (2017). Analisis Penggunaan Energi Listrik Pada Proses Produksi Di Pt Bali Mei Sho. Logic : Jurnal Rancang Bangun Dan Teknologi, 16(3), 210–215. https://www.academia.edu/35648751/ANALISIS_PENGGUNAAN_ENERGI_LISTRIK_PADA_PROSES_PRODUKSI_DI_PT_BALI_MEI_SHO_I_Made_Aryasa_Wirawan_I_Ketut-Ta_Kadek_Mexy_Sambara