SISTEM MONITORING KONSUMSI BEBAN LISTRIK RUMAH TANGGA REALTIME BERBASIS WEBSITE

Muhammad Hendrawan
Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Palembang
Email: muhammadhendrawan2016@gmail.com

Bengawan Alfaresi
Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Palembang
Email: begawan_alfarezi@umpalembang.ac.id

Feby Ardianto*
Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Palembang
Email: feby_ardianto@um-palembang.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem otomatisasi rumah berbasis Internet of Things (IoT) guna memantau konsumsi daya listrik rumah tangga secara real-time melalui web server, dengan tujuan meningkatkan efisiensi penggunaan energi. Metode penelitian mencakup empat tahapan: (1) pemilihan perangkat keras seperti mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM-004t, serta perangkat lunak Blynk untuk antarmuka pengguna; (2) perancangan sistem yang terhubung melalui WiFi; (3) pemrograman menggunakan bahasa C di Arduino IDE; dan (4) pengujian selama tiga hari. Hasil pengujian menunjukkan total biaya konsumsi listrik sebesar 26.293 Rupiah setelah tiga hari pemakaian, dengan daya terpasang 1300 VA. Sistem ini memungkinkan pemantauan konsumsi energi secara real-time dan memberikan kemudahan bagi pengguna untuk mengontrol perangkat rumah tangga dari jarak jauh melalui aplikasi mobile. Penelitian ini menunjukkan potensi signifikan dalam mendukung penghematan energi listrik rumah tangga. Untuk pengembangan selanjutnya, direkomendasikan integrasi dengan lebih banyak perangkat dan peningkatan keamanan sistem agar dapat diterapkan secara luas di masyarakat, membantu mengontrol dan mengelola konsumsi listrik secara efisien dan lebih ramah lingkungan.

Kata kunci: Sistem *monitoring, Smart home system, Web server*

ABSTRACT

This study aims to design a home automation system based on the Internet of Things (IoT) to monitor household electricity consumption in real-time via a web server, with the goal of improving energy efficiency. The research methodology consists of four stages: (1) selecting hardware such as the ESP32 microcontroller and PZEM-004t sensor, and software like Blynk for the user interface; (2) designing the system connected via WiFi; (3) programming using the C language in Arduino IDE; and (4) testing the system over a three-day period. The test results showed a total electricity consumption cost of 26,293 Rupiah after three days, with an installed power capacity of 1300 VA. This system enables real-time monitoring of energy consumption and provides convenience for users to remotely control household appliances through a mobile application. This study demonstrates significant potential in supporting household energy savings. For future development, it is recommended to integrate more household devices and enhance system security for broader application in society, helping to effectively manage and control electricity consumption in a more energy-efficient and environmentally friendly manner.

Keywords*: monitoring system, Smart home system, web server*

1. PENDAHULUAN

Masyarakat pengguna listrik di Indonesia memiliki berbagai cara untuk memeriksa jumlah kWh yang digunakan. Mereka dapat membaca jumlah kWh pada meteran analog, memasukkan kode tertentu pada meteran digital, atau menggunakan aplikasi PLN Mobile untuk melihat penggunaan kWh di rumah. Namun, meteran kWh analog tidak dapat menampilkan penggunaan daya secara langsung atau real-time [1].

Saat ini, PLN masih menggunakan berbagai metode untuk memantau konsumsi listrik di setiap rumah. Salah satunya adalah dengan mengirimkan petugas untuk mencatat penggunaan listrik pada meteran kWh di rumah-rumah. Namun, cara ini masih memiliki beberapa kendala dan kurang efektif. Salah satu contoh kendala yang sering terjadi adalah kesulitan petugas dalam mengakses meteran kWh di rumah, yang dapat mengakibatkan kesalahan dalam pencatatan penggunaan listrik. Hal ini bisa menyebabkan pembayaran listrik oleh pelanggan tidak sesuai dengan jumlah daya yang digunakan [2].

Sistem otomatisasi rumah pintar semakin banyak digunakan karena memberikan kenyamanan dan kemudahan kepada pemilik rumah dalam memantau dan mengendalikan peralatan di rumah secara jarak jauh dan otomatis. Penggunaan sistem otomatisasi rumah diharapkan dapat membantu dalam menghemat energi listrik, karena menerapkan sistem rumah pintar. Sistem otomatisasi rumah atau dikenal dengan smart home system semakin banyak digunakan, karena memberikan kenyamanan dan kemudahan kepada pemilik rumah dalam melakukan monitoring dan kendali terhadap peralatan di rumah secara jarak jauh dan otomatis. Pengaplikasian otomatisasi rumah diharapkan akan membantu proses penghematan energy listrik, karena dengan menerapkan smart home system [3].

Perancangan sistem pemantauan penggunaan daya listrik rumah menjadi salah satu solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut. Penelitian-penelitian terdahulu yang telah meneliti tentang sistem monitoring penggunaan energi listrik pada rumah tangga antara lain yaitu Eka Budhy [4] memberikan informasi sebanyak mungkin kepada pengguna tentang potensi gangguan, proyek ini mengembangkan alat pemantauan beban listrik yang menggunakan sensor arus, sensor tegangan, Mikrokontroler ATMega328P, Relay, dan Modul GSM sebagai SMS Gateway. Ketika sistem dihidupkan, sensor arus dan tegangan memberi makan data ke mikrokontroler, yang memprosesnya dan mengirim SMS ke sim900 ketika ada arus kelebihan beban. Rizal Akbar [5] menghasilkan alat monitoring dengan menggunakan arduino uno sebagai mikrokontroler beserta sensor tegangan dan arus. Struktur alat pemantau beban bekerja dengan baik dan mampu menjalankan instruksi yang diprogram. Sensor tegangan AC baik untuk membaca tegangan AC PLN. Kesalahan pembacaan sensor AC sebesar 0,33% masih dalam level baik. Modul ACS712 secara efektif membaca arus beban yang diterapkan pada maksimum 5A dan memiliki sensitivitas 0,185 mV/A. Pada pengujian yang dilakukan, deviasi nilai terukur atau error arus pada data sensor ini masih sebesar 3%. Jika dicek konsumsi listrik dan memperkirakan harga peralatan listrik, penggunaan setrika 284 watt paling banyak mengkonsumsi limbah dan perkiraan biayanya adalah Rp 34,85. Dea et al. [6] menghasilkan alat monitoring beban listrik yang mana beban yang digunakan ialah beban induktif berupa lampu LED 15 watt dan beban resistif berupa setrika sebesar 350 watt. Mikrokontroler yang dipakai ialah NodeMCU ESP8266 dan aplikasi blynk untuk komunikasi smartphone dan hardware. Mario et al. [7] menghasilkan alat untuk memantau dan menjaga penggunaan energi listrik rumah tangga telah dikembangkan sebagai hasil dari penelitian ini. Dengan mematikan arus ketika melebihi atau sama dengan arus yang ditetapkan 6 Amps dengan kesalahan pembacaan rata-rata, sistem dapat memastikan bahwa penggunaan energi listrik dilindungi. Kapasitas pengenal perangkat adalah 1,62%. Sistem ini juga mampu memberikan informasi operator melalui SMS atau pesan singkat, memungkinkan untuk pemantauan penggunaan energi listrik. Maria et al. [8] menghasilkan alat Prototipe dengan sistem pemantauan penggunaan energi listrik dengan aplikasi Blynk dapat berfungsi untuk monitoring energi, sehingga dapat mengetahui besaran listrik, energi, tegangan, dan arus yang tersedia pada setiap perangkat elektronik.

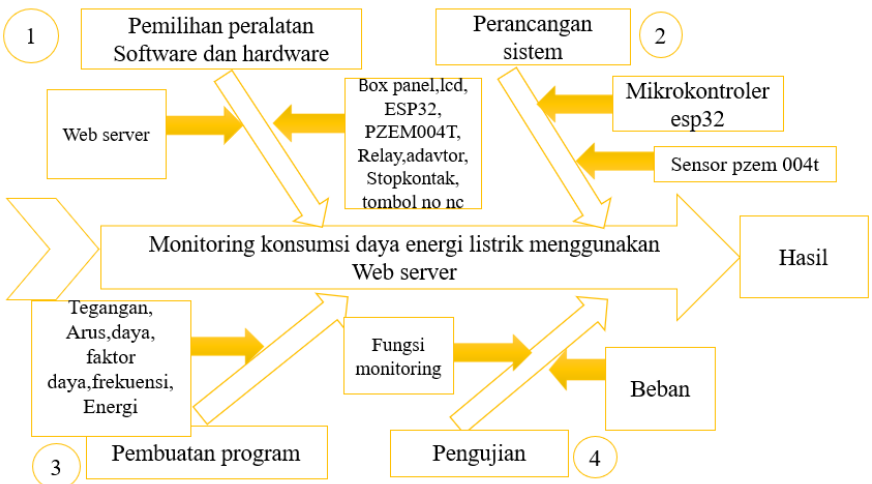
Beberapa penelitian yang membahas terkait solusi yaitu Kuni et al. [9] membahas tentang Sistem monitoring konsumsi daya listrik menggunakan Bluetooth serial namun pada sistem ini memiliki kelemahan berupa jarak monitoring, karena koneksi utamanya adalah Bluetooth, membuat sistem ini mempunyai keterbatasan dalam jarak, oleh karena itu dibutuhkan sistem yang bisa terkoneksi dari jarak jauh. Widyamitka et al. [10] membahas tentang kelebihan pada ESP32 yaitu selain dilengkapi dengan modul Wifi juga dilengkapi dengan pin input ADC yang lebih banyak, dengan menggunakan mikrokontroler ESP32 membuat sistem terkoneksi dengan Wifi. Penelitian ini mengimplementasikan sistem monitoring berbasis web server

rumah tangga secara realtime. Metode penelitian yang dilakukan menggunakan empat tahapan: 1) pemilihan perangkat lunak dan perangkat keras, 2) perancangan sistem, 3) pembuatan program, dan 4) pengujian. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memonitoring daya listrik dari jarak jauh sehingga konsumsi daya listrik dapat terkirim ke website penggunaan sensor PZEM-004t yang dipasang [11][12].

Penelitian ini berkontribusi signifikan dalam otomatisasi rumah dan penghematan energi dengan memanfaatkan teknologi IoT, seperti mikrokontroler ESP8266 dan ESP32, untuk pemantauan daya listrik secara real-time dari jarak jauh. Inovasi ini memungkinkan pemantauan yang lebih akurat melalui sensor PZEM-004t, sekaligus mengintegrasikan fitur perlindungan arus berlebih yang mematikan arus secara otomatis jika melebihi batas. Dibandingkan solusi sebelumnya, sistem ini lebih fleksibel, efisien, dan mudah diakses melalui aplikasi mobile seperti Blynk. Hal ini meningkatkan akurasi pencatatan penggunaan listrik dan memudahkan pengguna dalam mengendalikan konsumsi energi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah yang dilakukan pada penelitian ini secara ringkas dapat dilihat pada Gambar 1.

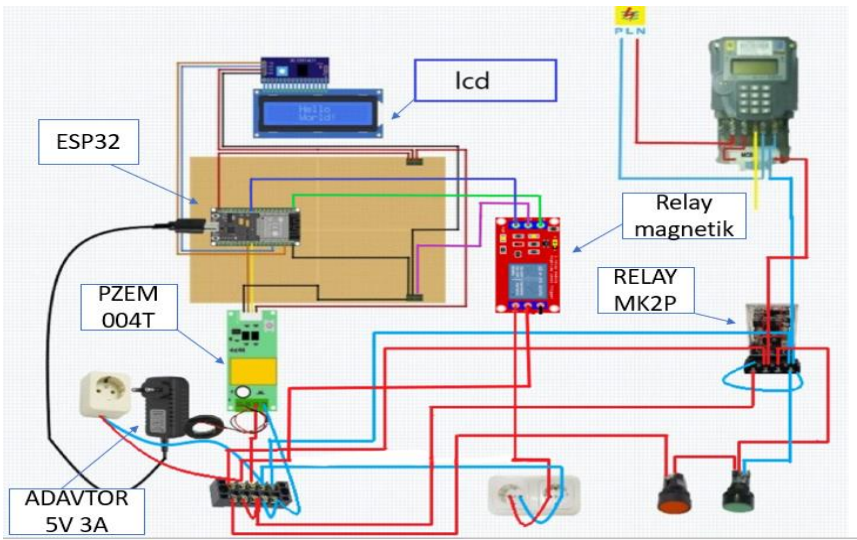


Gambar 1. Diagram Fishbone Metode Penelitian

2.1 Pemilihan Peralatan *Hardware* dan *software*

2.1.1 Perancangan Elektronika

Semua bagian akan dihubungkan satu sama lain sehingga ketika semua komponen terhubung, Pzem-004t dan ESP32 menjadi pusat pengendalian alat ini. Kedua komponen memberikan instruksi kepada komponen yang terhubung. Setelah setiap komponen beroperasi dengan baik sesuai dengan fungsinya, maka alat ini dianggap selesai atau bisa di gunakan. Wiring digram pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Wiring Diagram Komponen Elektronika

2.1.2 Komponen *Hardware* dan *Software*

Komponen *hardware* dan *software* pada rangkaian monitoring dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komponen Hardware dan Software

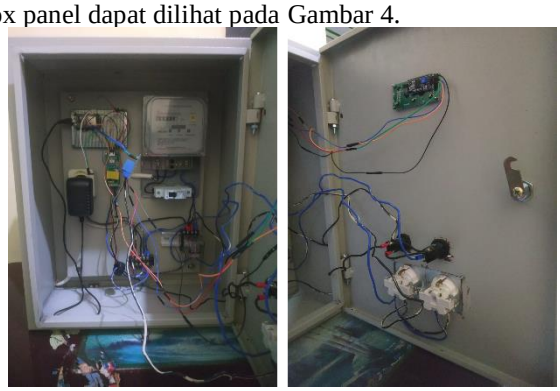
Komponen	Alat	Keterangan
Hardware	Box panel 40x50	Untuk melindungi komponen yang ada didalam box
	Sensor Pzem 004T	Sebagai sensor pengukur arus dan tegangan
	KWH Meter 1phasa	Sebagai pengukur besar pemakaian listrik
	MCB 1 phasa (20A)	Sebagai sistem proteksi dalam instalasi listrik
	LCD 16×2 blue 1602 SPI I2C	Sebagai (display) penampil nilai
	Adaptor 5V 3A Mikro USB	Sebagai power supply ESP32
	Stop kontak 1 & 2 lubang	Sebagai tempat sumber listrik beban dan power supply
	PCB matriks	Sebagai tempat Modul ESP32 dan Modul Sensor
	Header female 40 pin	Sebagai kaki komponen pada PCB matriks
	Kabel NYMHY ukuran 2 x 2,5mm	Kabel penghubung KWh meter
	Tombol No Nc	Sebagai menghidupan dan mematika
	Relay mk2p	Saklar elektronik yang dapat membuka atau menutup rangkaian
	Terminal blok	Menjadi penyambung ketika ingin melakukan penambahan komponen dalam suatu rangkaian
	Relay Magnetik	Untuk menghubungkan atau memutuskan aliran listrik
Software	Web server	perangkat untuk memproses permintaan data, atau informasi yang pengguna masukkan lewat web
	Arduino IDE	Bahasa pemograman arduino

2.2 Perancangan Sistem *Hardware*

Tujuan dari perancangan perangkat keras ini adalah untuk mengatur penempatan komponen secara akurat dan melindungi perangkat dari komponen yang terpasang, serta merencanakan proses perakitan komponen agar menghasilkan alat yang berfungsi sebagaimana seharusnya. Layout tampak depan dari *hardware* dapat dilihat pada Gambar 3.

Gambar 3. Perancangan Alat Tampak dari Depan

Perancangan ini menggunakan panel box dengan tinggi 50cm dan panjang 40cm serta lebar 20 cm.Pada bagian depan terdapat LCD yang memiliki peran untuk menampilkan visual terkait data yang diambil, stop kontak sebagai tempat aliran beban daya listrik yang digunakan. Serta tombol Start (Nc) dan Stop (No) untuk mengendalikan hidup dan matinya perangkat tanpa harus mematikan dari Mcb. Layout Alat pada keseluruhan termasuk bagian dalam dan bagian dibelakang pintu yang ada pada box panel dapat dilihat pada Gambar 4.



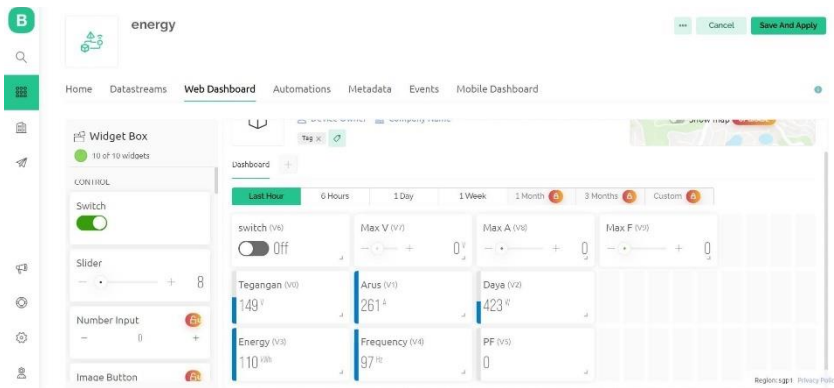
Gambar 4. Tampilan Keseluruhan pada Bagian Dalam Box Panel

Gambar 4 terdapat komponen Kwh meter pasca bayar, mcb, relay, terminal blok, adavtor, terminal listrik serta papan komponen yang berisi mikrokontroler dan modul sensor Pzem 004t yang dipakai. Layout pemasangan alat dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Layout Pemasangan Alat

2.3 Perancangan sistem *Software*

Perancangan perangkat lunak juga diperlukan pada rancangan alat yang di buat karena salah satu komponen penting pada berjalannya alat, pada rancangan perangkat lunak pada rancangan ini menggunakan *software web* dari Bylnk, perangkat lunak yang menjadi perantara interface anatra pengguna dan perangkat keras itu sendiri. Tampilan hasil perancangan *software* dapat dilihat pada Gambar 6.

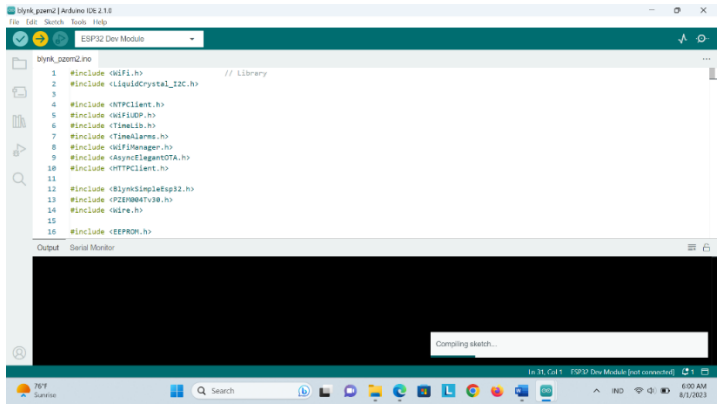


Gambar 6. Hasil Perancangan Interface Pada Website

2.4 Pengujian

Pengujian alat dilakukan untuk dapat mengetahui hasil perancangan dan pembuatan alat. Selain itu tujuan dari pengujian alat dimaksudkan untuk menguji semua komponen pada perangkat keras dan perangkat lunak yang dibuat apakah sudah sesuai dengan yang diharapkan.
Langkah-langkah pengujian ialah sebagai berikut:

1. Menyiapkan perangkat yang telah dibuat, komponen yang diperlukan, dan tempat pemasangan perangkat serta memeriksa bahwa kondisi keselamatan pada perangkat dalam keadaan terputus.
2. Sebelum alat dipasang, terlebih dahulu meng-*upload* program yang telah bikin terlebih dahulu pada Arduino IDE.

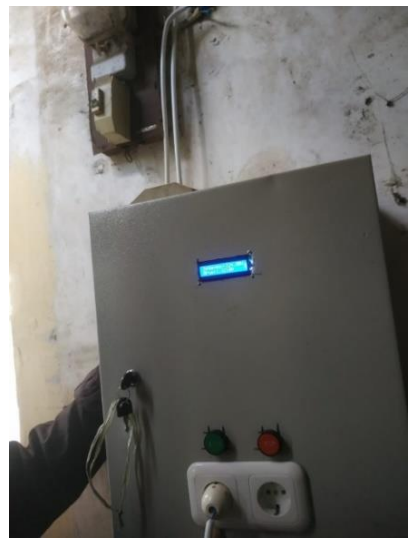


Gambar 7. Mengunggah Program pada Mikrokontroler

3. Setelah program berhasil diupload melalui software arduino. Pasangkan alat didekat PHB (Panel Hubung Bagi) dan memasang penghantar dari PHB ke alat.

Gambar 8. Pemasangan Alat dan PHB

4. Sambungkan kembali sistem pengaman pada perangkat agar perangkat dapat terhubung dengan pasokan tegangan.
5. Memastikan data yang terkirim pada website Blynk dan data pada tampilan LCD sama, serta memastikan alat bekerja sesuai dengan program codingan.



Gambar 9. Tampilan LCD saat memonitroring

Perhitungan biaya penggunaan berdasarkan energi yang dikonsumsi sesuai dengan TDL dapat dihitung menggunakan Persamaan (1)

$$Biaya = W \times TDL \quad (1)$$

dengan, biaya adalah biaya pemakaian energi listrik (Rp), W adalah jumlah konsumsi energi listrik (kWh), dan TDL adalah tarif dasar listrik (Rp/kWh).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Data Pengujian

3.1.1 Pengujian Respon Sistem Kontrol Jarak Jauh

Percobaan respon kontrol dari jarak jauh, dilakukan dalam waktu yang berbeda dari pengujian pemantauan konsumsi energi listrik. pengujiian ini melibatkan penggunaan relay untuk mengontrol aliran listrik ke perangkat beban melalui platform *web* Bylnk. Proses ini memungkinkan pengendalian jarak jauh melalui koneksi internet, dan waktu respons perangkat diukur saat menghubungkan aliran listrik on dan off, terlihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Data uji waktu respon sistem kontrol jarak jauh

No	Uji Coba Ke-	Kondisi Relay Sebelum Tombol Ditekan	Kondisi Relay Setelah Tombol Ditekan	Jeda Waktu Respon Relay (Detik)
1	1	OFF	ON	1,37
2	2	OFF	ON	1,31
3	3	OFF	ON	1,78
4	1	ON	OFF	1,25
5	2	ON	OFF	1,56
6	3	ON	OFF	1,39

Berdasarkan data yang didapatkan pada Tabel 2, bisa dilihat bahwasanya waktu respons relay yang paling lambat adalah 1,78 detik dalam uji coba pengendalian jarak jauh. Meskipun angka ini mendekati 2 detik, angka tersebut dianggap respon yang cukup cepat. Kecepatan ini juga terpengaruh oleh kualitas dan kestabilan koneksi internet yang baik. Untuk melakukan pengendalian jarak jauh dalam rangka mengalihkan aliran listrik melalui relay yang dikelola oleh ESP32, persyaratan yang harus dipenuhi meliputi proses login ke platform *web* Blynk serta memastikan bahwa perangkat ESP32 telah berhasil terhubung ke jaringan internet.

3.1.2 Pengujian Kinerja Proteksi pada Perangkat *Monitoring*

Perangkat ini didesain agar mampu melindungi perangkat dan beban dari gangguan seperti arus yang melebihi batas, tegangan di bawah atau di atas ambang batas, serta frekuensi yang kurang atau berlebihan. Tujuannya adalah untuk menjaga keamanan alat dan beban dari potensi gangguan-gangguan tersebut.

Uji coba proteksi dilakukan untuk melihat kerja alat mengamakan peralatan dan instalasinya dengan cara mengukur jeda waktu reaksi atau respon pemutusan aliran listrik oleh relay saat alat mendeteksi pengukuran besaran listrik yang kurang atau melebihi batas aman yang telah diatur pada *setpoint* batas ukur melalui *Web* Blynk, terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Hasil Pengujian Respon Proteksi pada Alat *monitoring*

No	Batas Ukur	Pengukuran Sesaat	*Setpoint* Batas Ukur	Jeda Waktu Pemutusan
1	Tegangan melebihi dari *setpoint*	217.8 V	180 V	1.34 Detik

2	Tegangan kurang dari *setpoint*	218.1 V	230 V	1.00 Detik
3	Arus melebihi dari *setpoint*	2.18 A	1 A	1.46 detik
4	Frekuensi melebihi dari *setpoint*	50 Hz	51 Hz	1.84 detik
5	Frekuensi kurang dari *setpoint*	50 Hz	47 Hz	1.50 detik

Sistem pengujian perlindungan pada perangkat dilakukan dengan mengatur *setpoint* pada setiap titik pengukuran melalui platform *web* Blynk. Fungsi ini bertujuan untuk mengaktifkan perangkat agar menghentikan aliran listrik ketika pengukuran melebihi ambang batas yang telah diatur, dengan mengubah nilai batas ukur tersebut.

Hasil pengujian pada Tabel 3, terlihat bahwa respons perlindungan perangkat berlangsung dengan sangat baik. Aliran listrik diputus ketika pengukuran menunjukkan adanya nilai di luar batas yang telah ditentukan. Semua parameter menunjukkan waktu tanggapan yang baik terhadap gangguan, yang menghasilkan perlindungan yang efisien terhadap peralatan dan beban yang ada di rumah tangga sebelum risiko yang tidak di inginkan terjadi.

3.1.3 Data Hasil Pengujian *Monitoring*

Tanggal 29 Juli 2023, pukul 08:00 WIB, Sampai 1 Agustus 2023, pukul 08:00 WIB, telah dilakukan pengujian pemantauan terhadap beban rumah tangga yang menggunakan tarif daya listrik sebesar 1300 VA. Selama periode pengujian selama 3 hari tersebut, perangkat berhasil mengukur parameter-parameter yang diperlukan dan berhasil mengirimkan hasil pengukuran tersebut ke database *Web* Blynk dengan baik dan akurat. Berikut ini adalah hasil data yang tercatat selama 3 hari pengujian, terlihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Hasil Hari Ke-1 Pengujian *Monitoring*

No	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Faktor Daya	Frekuensi (Hz)	Konsumsi Energi Per Jam (kWh)
1	08:00:00	182.72	1.07	180.92	0.92	49.99	0.20
2	09:00:00	185.91	1.09	186.36	0.92	50.01	0.59
3	10:00:00	189.39	1.16	203.36	0.92	49.91	0.98
4	11:00:00	194.48	1.12	199.62	0.91	50.07	1.17
5	12:00:00	194.55	1.03	183.37	0.91	49.92	1.37
6	13:00:00	195.88	1.45	260.95	0.91	50.05	1.58
7	14:00:00	202.37	1.56	281.22	0.88	49.96	1.87
8	15:00:00	201.51	1.42	247.76	0.85	49.99	2.12
9	16:00:00	206.62	0.70	116.87	0.83	50.03	2.30
10	17:00:00	208.82	0.74	123.34	0.82	49.96	2.43
11	18:00:00	208.62	0.85	140.66	0.81	49.97	2.56
12	19:00:00	211.30	0.79	139.30	0.85	50.06	2.69
13	20:00:00	210.56	1.06	188.33	0.86	49.99	2.86
14	21:00:00	204.44	1.28	229.79	0.87	50.02	3.05
15	22:00:00	206.93	1.45	266.50	0.88	50.08	3.31
16	23:00:00	198.44	1.34	236.89	0.88	49.96	3.58
17	00:00:00	194.06	1.15	198.79	0.89	49.96	3.79
18	01:00:00	188.35	1.25	213.59	0.90	50.00	3.99
19	02:00:00	183.42	2.12	366.48	0.93	49.92	4.25
20	03:00:00	187.16	1.90	327.78	0.91	50.02	4.65
21	04:00:00	197.50	1.66	297.51	0.90	49.96	4.95
22	05:00:00	199.19	1.67	300.53	0.90	49.96	5.25
23	06:00:00	191.53	2.14	385.12	0.94	50.00	5.59
24	07:00:00	189.79	2.05	365.15	0.94	49.97	5.96

Tabel 5. Data Hasil Hari Ke-2 Pengujian *Monitoring*

No	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Faktor Daya	Frekuensi (Hz)	Konsumsi Energi Per Jam (kWh)
1	08:00:00	190.60	1.44	250.79	0.91	49.95	0.32
2	09:00:00	193.12	1.26	221.72	0.91	49.87	0.55
3	10:00:00	193.61	1.32	233.82	0.91	49.95	0.78
4	11:00:00	194.89	1.54	281.42	0.94	50.05	1.03
5	12:00:00	195.05	1.43	257.59	0.92	49.98	1.32
6	13:00:00	201.04	1.39	257.59	0.92	49.96	1.57
7	14:00:00	201.78	1.53	281.31	0.91	50.03	1.83
8	15:00:00	202.91	1.59	293.91	0.90	50.02	2.1
9	16:00:00	205.78	2.28	444.23	0.94	49.99	2.51
10	17:00:00	203.92	1.65	309.47	0.91	50.00	2.87
11	18:00:00	200.02	1.12	196.09	0.86	50.00	3.13
12	19:00:00	199.59	0.88	146.87	0.84	50.00	3.29
13	20:00:00	196.10	0.89	147.67	0.85	49.93	3.43
14	21:00:00	189.91	0.83	133.52	0.85	50.00	3.58
15	22:00:00	189.56	0.84	135.47	0.84	50.06	3.72
16	23:00:00	194.22	0.94	153.64	0.84	50.00	3.86
17	00:00:00	197.28	0.89	148.50	0.84	50.06	4.01
18	01:00:00	189.86	2.05	357.27	0.91	50.00	4.22
19	02:00:00	180.35	2.49	425.10	0.95	49.81	4.55
20	03:00:00	173.39	2.23	369.59	0.95	50.01	4.83
21	04:00:00	175.31	2.10	343.59	0.93	49.98	5.19
22	05:00:00	175.98	2.24	372.05	0.94	50.02	5.55
23	06:00:00	184.47	2.14	368.39	0.93	49.98	5.92
24	07:00:00	184.13	1.48	253.53	0.93	50.03	6.22

Tabel 6. Data Hasil Hari Ke-3 Pengujian Monitoring

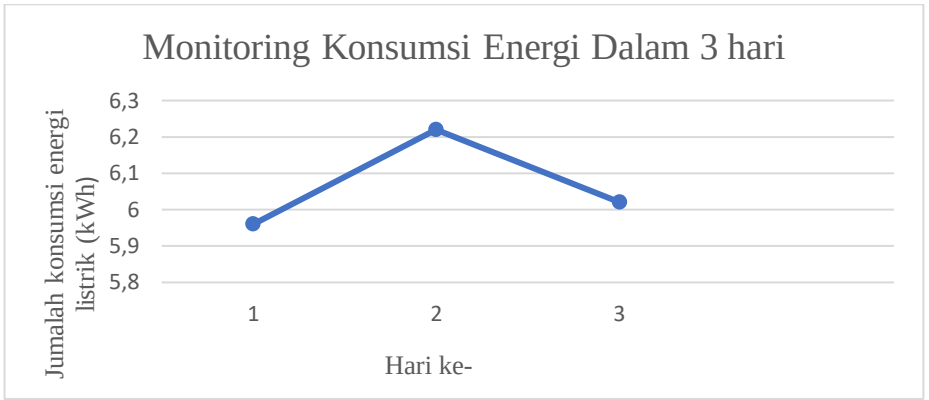
No	Waktu	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Faktor Daya	Frekuensi (Hz)	Konsumsi Energi Per Jam (kWh)
1	08:00:00	189.16	1.50	265.73	0.93	49.92	0.26
2	09:00:00	192.04	1.29	226.34	0.91	50.01	0.52
3	10:00:00	196.01	1.38	248.46	0.92	49.96	0.72
4	11:00:00	196.42	1.39	251.90	0.92	50.03	0.97
5	12:00:00	196.41	1.46	261.04	0.91	49.99	1.21
6	13:00:00	202.48	1.75	328.30	0.92	50.00	1.53
7	14:00:00	207.26	1.61	307.83	0.92	50.08	1.84
8	15:00:00	209.52	1.51	284.90	0.90	50.00	2.14
9	16:00:00	207.10	1.13	203.69	0.87	49.94	2.39
10	17:00:00	205.20	1.09	184.58	0.84	49.98	2.57
11	18:00:00	203.71	0.88	143.85	0.82	50.01	2.73
12	19:00:00	208.99	0.72	120.84	0.83	49.98	2.87
13	20:00:00	210.98	0.71	120.15	0.83	49.97	3
14	21:00:00	209.39	0.86	141.31	0.81	49.95	3.13
15	22:00:00	210.74	1.02	181.99	0.85	49.95	3.27
16	23:00:00	204.48	1.52	278.54	0.89	50.02	3.51
17	00:00:00	199.64	1.46	257.87	0.89	49.99	3.78
18	01:00:00	195.82	1.45	252.40	0.89	50.01	4.04
19	02:00:00	178.09	2.45	417.27	0.95	49.88	4.39
20	03:00:00	175.24	1.60	254.77	0.91	49.89	4.72
21	04:00:00	180.18	1.87	315.25	0.93	49.97	4.98
22	05:00:00	183.30	2.23	387.97	0.95	49.97	5.35
23	06:00:00	184.70	2.24	392.13	0.95	50.01	5.72
24	07:00:00	187.87	1.65	289.65	0.94	50.03	6.02

3.2 Perhitungan Hasil *Monitoring* Konsumsi Energi Selama 3 Hari

Tabel 7. Data Perhitungan Pengujian Jumlah Konsumsi Energi Listrik Per Hari

Hari Ke-	Pemakaian Energi Listrik Per hari (kWh)
1	5.96
2	6.22
3	6.02
Total	18.20 kWh

3.3 Analisis Hasil Pengujian *Monitoring*



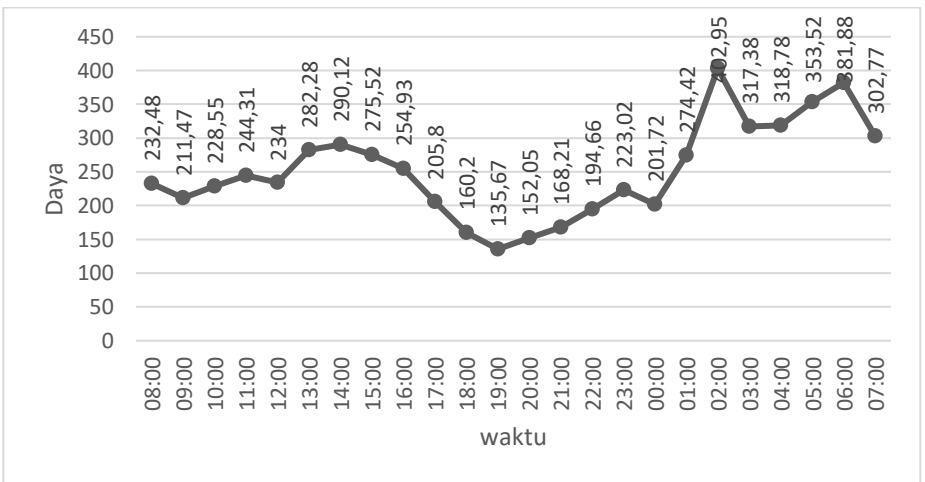
Gambar 10. Grafik Data *Monitoring* Konsumsi Energi Listrik Selama 3 Hari

Gambar 10 terlihat bahwa penggunaan energi listrik pada hari pertama adalah yang terendah dari tiga hari. Hal ini disebabkan oleh banyaknya aktivitas diluar rumah yang mengakibatkan penggunaan energi listrik berkurang. Namun pada hari kedua terjadi peningkatan penggunaan energi listrik menunjukkan bahwa peralatan listrik digunakan lebih banyak pada hari itu.

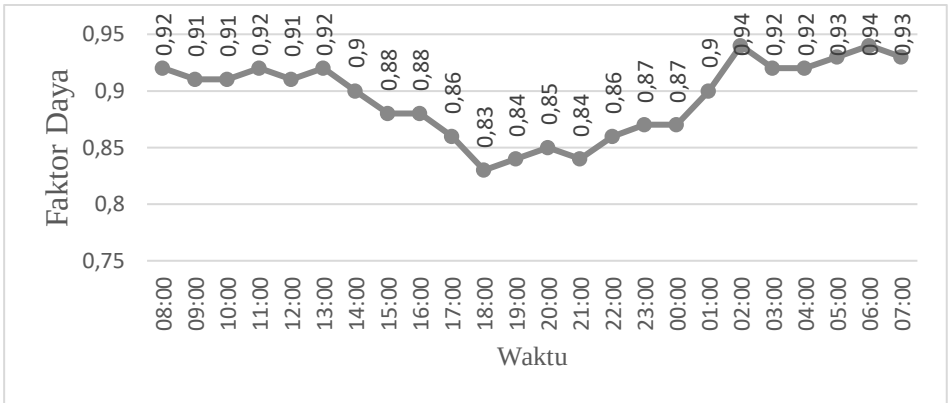
Grafik pada Gambar 10 dapat ditotalkan jumlah konsumsi energi selama 3 hari yakni 18,20 kWh. Jika dihitung menggunakan Persamaan (1) maka dapat diperkirakan biaya yang perlu dibayarkan untuk konsumsi daya listrik yang terpakai setelah 3 hari pemakaian energi listrik menggunakan tarif yang sesuai dengan daya yang terpasang yaitu 1300 VA sebagai berikut.

$$\text{Biaya} = \text{W x TDL}$$
$$\text{Biaya} = 18{,}20\ \text{k}Wh\ \text{x Rp. } 1.444{,}70$$
$$\text{Biaya} = \text{Rp. } 26.293$$

Grafik setiap parameter pengukuran untuk melihat nilai rata-rata setiap pengukuran per jam selama 3 hari sebagai berikut:



Gambar 11. Rata-Rata Grafik Per Jam *Monitoring* Pemakaian Daya Selama 3 Hari



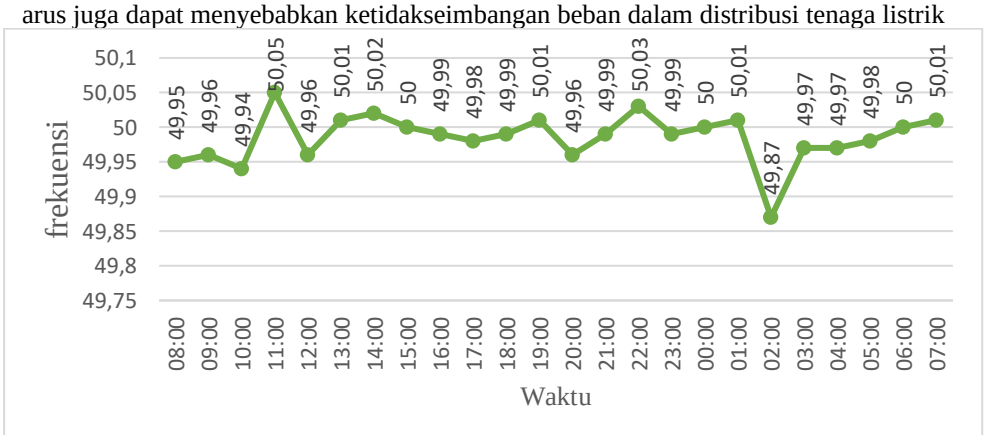
Gambar 12. Rata-Rata Grafik Per Jam *Monitoring* Pemakaian Faktor Daya Selama 3 Hari

Data yang diperoleh dari grafik Gambar 11 yang merinci uji coba pemantauan daya listrik menunjukkan bahwa percobaan selama 3 hari menunjukkan bahwa besaran daya listrik tergantung pada jenis beban atau peralatan yang digunakan. Tercatat bahwa peningkatan daya rata-rata dimulai antara pukul 21:00 dan 06:00 dan hal ini terutama disebabkan oleh peningkatan aktivitas listrik pada malam hari tepatnya pada pukul 02.00 terjadi peningkatan beban yang signifikan.

Gambar 12 menujukan faktor daya naik seiring bertambahnya beban. Faktor daya terjadi secara bertahap karena peralatan listrik di luar tidak terlalu sering digunakan, sehingga output rata-rata faktor daya tetap stabil antara pukul 8:00 hingga 16:00. Pada rentang waktu tersebut, hanya beberapa perangkat listrik tertentu seperti dispenser dan lemari es yang harus tetap menyala.

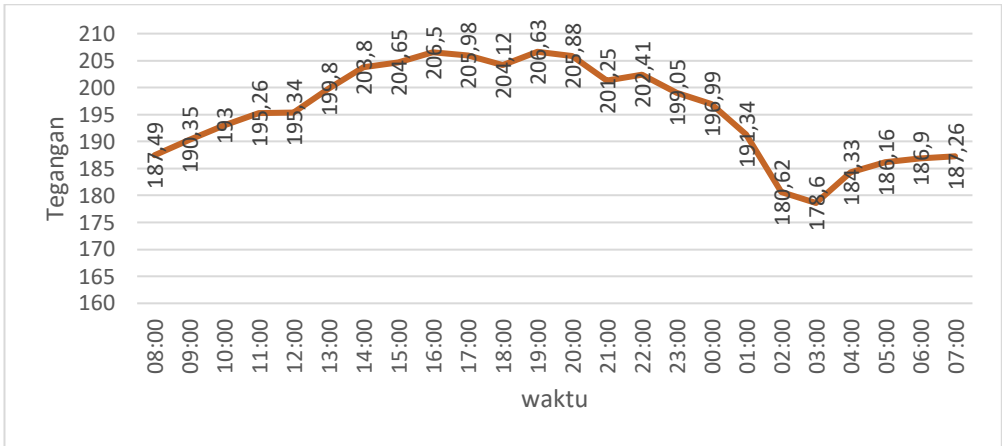
Faktor daya yang baik atau besar memiliki dampak signifikan pada konsumen dan penyedia listrik, seperti berikut:

1. Ketika arus yang dibutuhkan oleh beban tetap/sama meningkat, biaya tarif daya yang harus dibayar oleh pelanggan kepada penyedia listrik (PLN) juga meningkat. Hal ini dilakukan untuk mencegah beban berlebih atau overloading.
2. Pelanggan industri yang tidak menjaga faktor daya yang baik akan dikenakan denda oleh PLN, yang akan menyebabkan peningkatan tagihan listrik bulanan karena peningkatan penggunaan daya reaktif.
3. Bagi PLN sebagai perusahaan penyedia listrik negara, mereka harus menyediakan arus yang lebih besar untuk jumlah konsumsi daya yang sama. Hal ini mengakibatkan kerugian karena adanya perbedaan antara daya semu yang disalurkan dan daya aktif yang terjual. Peningkatan arus juga dapat menyebabkan ketidakseimbangan beban dalam distribusi tenaga listrik

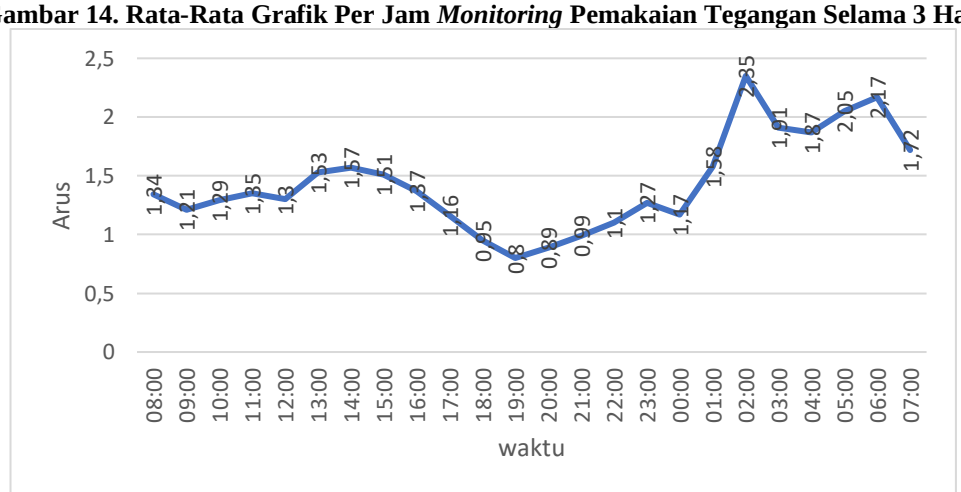


Gambar 13. Rata-Rata Grafik Per Jam *Monitoring* Pemakaian Frekuensi Selama 3 Hari

Melalui pemantauan parameter frekuensi, dapat diketahui bahwa variasi frekuensi tersebut masih dalam batas wajar yang dianggap aman untuk peralatan listrik dalam penggunaannya karena menurut standar SPLN, variasi atau toleransi angka frekuensi yang diperbolehkan adalah ±1% dari 50Hz.



Gambar 14. Rata-Rata Grafik Per Jam *Monitoring* Pemakaian Tegangan Selama 3 Hari



Gambar 15. Rata-Rata Grafik Per Jam *Monitoring* Pemakaian Arus Selama 3 Hari

Gambar 14 grafik tegangan dari pukul 08.00 sampai pukul 20.00 bisa dilihat stabil dan terjadi penurunan tegangan pada pukul 02.00 dan 03.00 terjadi peningkatan pemakaian peralatan listrik berpengaruh pada tegangan yang tidak stabil. faktor yang mempengaruhi terjadinya penurunan tegangan terjadi akibat jarak antara rumah dengan gardu tiang induk PLN, semakin jauh jarak rumah dari gardu induk potensi tegangan tidak stabil atau naik turun semakin tinggi adapun juga faktor yang lainya yakni instalasi rumah yang sudah lama karena masa pakai instalasi pada rumah itu perlu yang dinamakan pemeliharaan dan perlu diganti, ketidak stabilan tegangan juga berpengaruh pada peralatan elektronik dirumah. Bahkan bisa dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik dan elektronik karena tegangan yang tidak stabil.

Gambar 15 pada grafik pemakaian arus kurang lebih sama dengan pemakaian daya, dengan rata rata hasil pengujian mengalami kenaikan dimulai dari pukul 21.00 hingga pukul 06.00 dimana sama halnya dengan daya, arus mengalami kenaikan dikarenakan pemakaian pada peralatan listrik rumah tangga banyak di gunakan pada pukul atau waktu tersebut.

4. KESIMPULAN

Sistem monitoring di era sekarang sangatlah penting apalagi bisa diakses melalui gadget dimanapun dan kapanpun selama masih memiliki jaringan koneksi, dan salah satu sistem monitoring yang bisa kapanpun diakses yaitu salah satunya memonitoring konsumsi daya pemakaian pada rumah tangga dengan dengan menggunkan *web server*, Dengan sistem monitoring ini juga bisa membantu atau memudahkan setiap penghuni rumah tangga. Hasil ujicoba memonitoring pada rumah tangga biaya yang perlu dibayarkan untuk konsumsi daya listrik yang terpakai selama 3 hari pemakaian energi listrik menggunakan tarif yang sesuai dengan daya yang terpasang yaitu 1300 VA adalah Rp. 26.293. Monitoring energi listrik dirancang bukan hanya untuk menampilkan hasil pengukuran pada monitoring pemakaian daya listrik, tapi juga bisa mengendalikan alat jarak jauh untuk mematikan atau menghidupan aliran listrik dengan melalui *web server*.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Nirwan, S. & H. MS, (2020). Rancang Bangun Aplikasi Untuk Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Pada Peralatan Elektronik Berbasis Pzem-004T. Tek. Inform., 12(2), 22–28.

[2] Aji, R. L., & Mashdurohatun, A. (2021). Perlindungan Konsumen Terhadap Pemeliharaan Jaringan Oleh Perseroan Terbatas Perusahaan Listrik Negara (PT PLN) Di Kota Pemalang. Pros. Konstelasi Ilm., 74–95.

[3] Supriyadi, E. & Dinariyati, S. (2020). Rancang Bangun System Monitoring dan Kendali Listrik Rumah Tangga Berbasis ESP8266 NodeMCU. Sinusoida, 22(4), 13–23.

[4] Prasetya, E. B. (2016). Aplikasi Kontrol dan Monitoring Pembatas Daya Listrik Berbasis Mikrokontroler Atmega328. eLEKTUM, 13(2), 53–56.

[5] Akbar, R. (2018). Rancang Bangun Alat Monitoring Tegangan, Arus, Daya, kWh, Serta Estimasi Biaya Pemakaian.

[6] Pangestu, A. D., Ardianto, F., & Alfaresi, B. (2019). Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266. J. Ampere, 4(1), 187.

[7] M. Mario, B. P. Lapanporo, and M. Muliadi, "Rancang Bangun Sistem Proteksi dan Monitoring Penggunaan Daya Listrik Pada Beban Skala Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler ATMega328P," Prism. Fis., vol. VI, no. 01, pp. 26–33, 2018.

[8] Pela, M. F., & Pramudita, R. (2021). Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Internet of Things Pada Rumah Dengan Menggunakan Aplikasi Blynk. Infotech J. Technol. Inf., 7(1), 47–54.

[9] Nadliroh, K., & Indrawati, E. M. (2020). Rancang Bangun Kendali Perangkat Elektronik Dan Monitoring Daya Listrik Berbasis Bluetooth. J. Mesin Nusant., 2(2), 81–88.

[10] Widyatmika, I. P. A. W., Indrawati, N. P. A. W., Prastya, I. W. W. A., Darminta, I. K., Sangka, I. G. N., & Sapteka, A. A. N. G. (2021). Perbandingan Kinerja Arduino Uno dan ESP32 Terhadap. J. Otomasi, Kontrol Instrumentasi, 13(1), 37–45.

[11] Budi, A. & Sulistyo, H. (2022). Implementasi Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Berbasis Web Menggunakan ESP32 dan Sensor PZEM-004T. J. Rekayasa

Elektron. dan Komput., 15(2), 104–110,.

[12] F. Riyadi and T. S. Widodo, (2023). Desain dan Implementasi Sistem Monitoring Daya Listrik Secara Real-Time Berbasis IoT Menggunakan Platform ThingSpeak. J. Teknol. Inform. dan Komput., 11(1), 56–63.