

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

Faruq abdullah ismail; Heru Supriyono
Teknik Elektro, Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta

Abstrak

Perkembangan teknologi yang pesat memiliki dampak signifikan pada berbagai bidang, termasuk pendidikan, hiburan, industri, bisnis, dan keuangan. Salah satu contohnya adalah hadirnya internet yang memudahkan akses informasi dari dalam dan luar negeri melalui jejaring media sosial. Selain itu, teknologi *Internet of Things* (IoT) juga digunakan dalam berbagai bidang, dengan perangkat yang terhubung satu sama lain melalui internet. Energi listrik merupakan kebutuhan penting dalam kehidupan manusia. Pelanggan energi listrik mengeluhkan biaya tagihan yang tidak dapat dipantau secara *realtime*. Penelitian sebelumnya telah menghasilkan alat pengontrol peralatan rumah tangga secara otomatis, tetapi belum memonitor besaran penggunaan energi listrik. Untuk mengatasi masalah ini, peneliti merancang sebuah prototipe sistem berbasis *Internet Of Things* (IoT) yang dikembangkan untuk memantau dan mengontrol penggunaan energi listrik rumah tangga. *Prototipe* ini menggunakan *mikrokontroler* ESP32 dan sensor PZEM-004T untuk mengukur besaran energi listrik mencakup tegangan, arus, daya, energi, frekuensi dan faktor daya. Data monitoring tersebut akan ditampilkan pada *display* LCD I2C 20x4 yang tertempel pada alat dan disimpan dalam *database* kemudian ditampilkan melalui *dashboard website* dan juga aplikasi Blynk IoT. Selain itu, sistem ini juga memberikan konversi tagihan biaya dan notifikasi, serta kontrol penggunaan energi listrik. Dengan adanya sistem ini, diharapkan pelanggan energi listrik dapat lebih mudah memantau dan mengontrol penggunaan energi listrik pada tempat tinggalnya. Penelitian ini menunjukkan tingkat akurasi sensor PZEM-004T dalam pengukuran tegangan sebesar 99,66% dan arus sebesar 84,27%. Sedangkan untuk pengukuran daya diperoleh tingkat akurasi sebesar 98,32% dan energi sebesar 93,27%. Kemudian fitur peringatan *under* dan *over voltage* berfungsi dengan baik serta faktor kecepatan internet berpengaruh dalam responsivitas alat untuk kontrol beban listrik dengan aplikasi Blynk IoT.

Kata kunci : *Database, Internet Of Things, Mikrokontroler, PZEM-004T*

Abstract

The rapid development of technology has a significant impact on various fields, including education, entertainment, industry, business and finance. One example is the advent of the internet, which makes it easier to access information from home and abroad through social media networks. In addition, Internet of Things (IoT) technology is also used in various fields, with devices connected to each other via the internet. Electrical energy is an important necessity in human life. Electric energy customers complain about bill costs that cannot be monitored in real time. Previous research has produced an automatic home appliance controller, but has not monitored the amount of electrical energy usage. To overcome this problem, researchers designed a prototype based Internet Of Things system developed to monitor and control the use of household electrical energy. This prototype uses ESP32 microcontroller and PZEM-004T sensor to measure the amount of electrical energy including voltage, current, power, energy, frequency and power factor. The monitoring data will be displayed on the 20x4 I2C LCD display attached to the device and stored in the database and then displayed through the website dashboard and blynk application. In addition, this system

also provides cost bill conversion and notification, as well as control of electrical energy usage. With this system, it is expected that electric energy customers can more easily monitor and control the use of electrical energy in their residence. This study shows the accuracy of the PZEM-004T sensor in measuring voltage by 99.66% and current by 84.27%. As for power measurement, the accuracy rate is 98,32% and energy is 93,27%. Then the under and over voltage warning features function properly and the internet speed factor affects the responsiveness of the tool for electrical load control with the Blynk IoT application.

Keywords : Database, Internet Of Things, Microcontroller, PZEM-004T

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan zaman, teknologi saat ini sudah berkembang dengan sangat cepat. Perkembangan teknologi ini tentunya memiliki dampak yang signifikan terhadap bidang pendidikan, hiburan, industri, bisnis, keuangan dan lain-lain. Salah satu contoh dari perkembangan teknologi adalah hadirnya internet. Internet sendiri merupakan sebuah singkatan dari *Interconnected Network* yang bermakna jaringan yang saling berhubungan. Menggunakan internet, masyarakat dimudahkan dengan berbagai akses ke jejaring media sosial untuk memperoleh beragam informasi baik dari dalam negeri maupun luar negeri. Disamping itu, selain manfaat internet yang memudahkan masyarakat untuk mendapatkan informasi tentunya internet juga digunakan dalam berbagai bidang lainnya seperti teknologi dengan sistem *Internet of Things* (IoT). *Internet of Things* (IoT) adalah teknologi yang memungkinkan semua benda di sekitar kita terhubung ke internet untuk membuat aktivitas sehari-hari lebih mudah dan efektif. Saat ini, semakin banyak orang yang menggunakan *Internet of Things* (IoT) dalam berbagai aspek kehidupan. *Internet of Things* memberi kita banyak cara untuk berpartisipasi dalam perkembangan mulai dari hal mikro hingga makro di seluruh dunia. Sejak berkembangnya teknologi internet (IT) dan media komunikasi lainnya, *internet of things* menjadi bidang penelitian yang unik (Susanto dkk., 2022). MySQL adalah sistem manajemen *database* hubungan (RDBMS) yang tersedia secara gratis di bawah lisensi umum publik (GPL). Setiap orang dapat menggunakannya secara bebas, tetapi tidak boleh digunakan untuk membuat produk turunan yang bersifat komersial atau *ClosedSource*. Sebenarnya, SQL (Structur Query Language) adalah salah satu konsep utama dalam *database* sejak lama, dan MySQL adalah turunannya. SQL adalah ide untuk pengoperasian *database*, terutama untuk pemilihan, seleksi, dan pemasukan data, yang memungkinkan pengoperasian data dilakukan dengan mudah secara otomatis. Untuk *query* data, MySQL adalah *database* server terbaik. (Zulfa & Wanda, 2023)

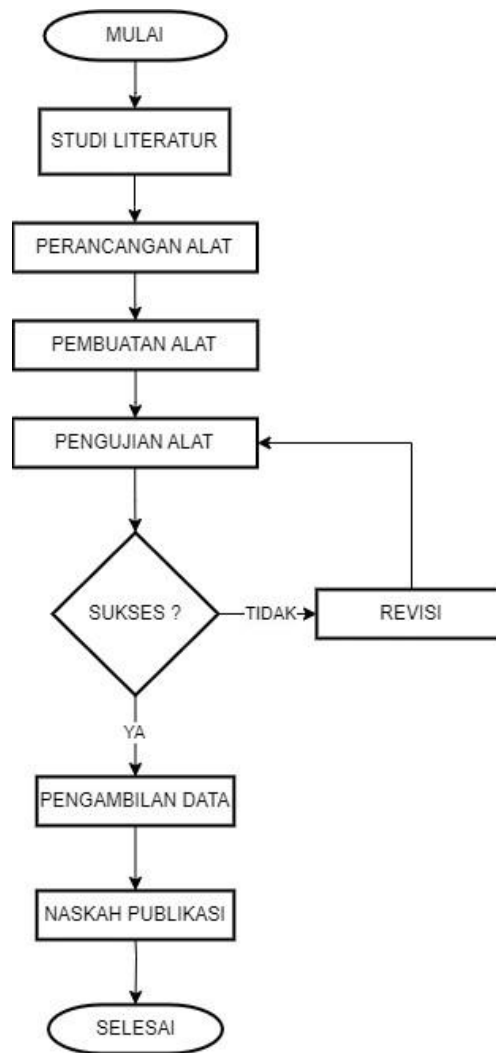
Energi listrik adalah suatu kebutuhan yang sangat pokok bagi kehidupan manusia, dimana hampir semua aktivitas manusia berhubungan dengan energi listrik. Selain berfungsi sebagai energi untuk penerangan, listrik adalah sumber kehidupan masyarakat untuk melakukan hampir semua pekerjaan dan aktivitas sehari-hari. Masyarakat sebagai pelanggan bertanggung jawab atas energi yang mereka gunakan sendiri, sehingga penggunaan energi mereka tidak dibatasi oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Maka

dari itu, untuk bisa memantau dan mengontrol penggunaan energi listrik yang digunakan dibutuhkan sebuah alat yang bisa memantau penggunaan energi tersebut. (Anwar dkk., 2019), melakukan penelitian menggunakan sensor PZEM-004T dan *mikrokontroler* Arduino Mega2560 untuk mengukur besaran energi listrik dengan melakukan pengujian menggunakan lampu pijar 220 volt. Hasil pengukurannya akan ditampilkan pada sebuah LCD I2C 20X4. Sedangkan peneliti (Kurniawan dkk., 2020), melakukan penelitian rancang bangun *smart power* menggunakan sensor PZEM-004T dan *mikrokontroler* Node-MCU ESP8266. Penelitian ini mengukur besaran tegangan, arus, frekuensi, daya, daya aktif dan daya reaktif. Penelitian ini menggunakan *website* untuk menampilkan hasil pengukurannya. (Prayitno dkk., 2019), melakukan penelitian dengan menggunakan sensor CT dan tegangan ZMPT101B dengan *mikrokontroller* Node-MCU ESP8266 untuk mengukur peralatan elektronik rumah tangga tetapi hanya mengukur besaran tegangan, arus, daya, dan energi.

Beberapa penelitian sebelumnya yang telah membuat sistem monitoring energi listrik menghasilkan sistem yang hanya bisa melakukan monitoring saja dan tanpa bisa melakukan pengontrolan. Disamping itu, beberapa penelitian sebelumnya menggunakan sensor tegangan ZMPT10B meskipun ada juga yang sudah menggunakan sensor tegangan PZEM-004T. Berdasarkan hal tersebut, maka penulis mengusulkan pembuatan Rancang Bangun Sistem Berbasis *Internet Of Things* Untuk Monitoring Dan Manajemen Penggunaan Energi Listrik Rumah Tangga. Sistem ini menggunakan sensor PZEM-004T untuk mengukur tegangan dan CT untuk mengukur arus. Sistem ini akan mengukur besaran tegangan, arus, daya, energi, frekuensi dan faktor daya dalam listrik rumah tangga. Selain mengukur besaran tersebut, sistem ini juga akan memberikan hasil konversi tagihan biaya penggunaan energi listriknya. Kemudian sistem ini dilengkapi dengan sebuah *mikrokontroler* ESP32, sebuah mikrokontroler penerus Node-MCU ESP8266. Disamping itu, sistem ini nantinya juga dilengkapi dengan sebuah *database* MySQL yang berguna untuk menyimpan hasil pengukuran sensor PZEM-004T dan arus beserta konversi tagihan biaya penggunaan energi listrik. Hasil pengukuran dan tagihan biaya tersebut akan ditampilkan dalam sebuah *website*, LCD I2C 20x4, dan aplikasi Blynk IoT. *Website* adalah kumpulan halaman atau data yang dapat diakses melalui jaringan internet (Hamdan Romadhon dkk., 2021). Pada aplikasi Blynk IoT tersebut nantinya juga akan terdapat sebuah tombol untuk kontrol ON/OFF beban listrik. Sistem ini juga terdapat fitur peringatan berupa notifikasi untuk ketika kondisi *under voltage* atau *over voltage* (Suganda dkk., 2022).

2. METODE

Penelitian ini terbagi menjadi beberapa tahapan hingga akhirnya penelitian ini dapat diselesaikan. Detail tahapan alur metode penelitian yang digunakan bisa dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

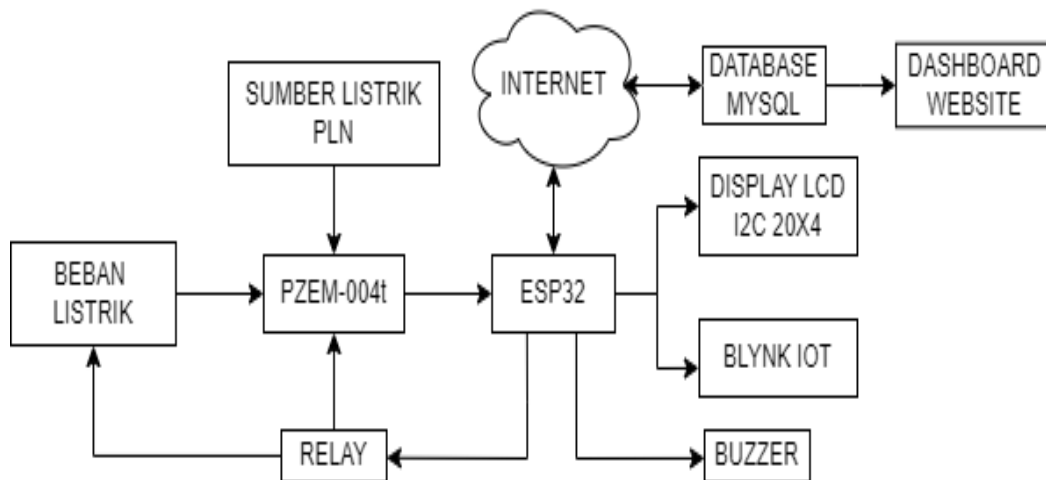
Berdasarkan Gambar 1 diatas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Tahapan pertama, yaitu peneliti memulai melakukan studi literatur dengan mencari referensi dari jurnal ataupun artikel ilmiah yang berkaitan dengan penelitian yang sedang dikerjakan. Dalam tahapan ini, peneliti berfokus untuk mempelajari mengenai segala kebutuhan materi yang akan digunakan di dalam penelitian. Materi yang dimaksud adalah mengenai sensor PZEM-004T, mikrokontroler ESP32, *relay* DC, *database* MySQL, PHPMyAdmin, dan kebijakan pemerintah terkait energi listrik khususnya dalam listrik rumah tangga termasuk dengan besaran biaya yang dibebankan kepada pelanggan.
2. Tahap penelitian yang kedua adalah perancangan alat. Berdasarkan penelitian yang diangkat oleh peneliti, penelitian ini membutuhkan beberapa peralatan baik berupa *hardware* (perangkat keras) maupun *software* (perangkat lunak). Untuk *hardware* meliputi ESP32 sebagai *mikrokontroler*, sensor PZEM-004T dan CT (*current transformer*) sebagai sensor yang digunakan untuk pengukuran tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya (*cos phi*). Selanjutnya, sistem ini menggunakan LCD I2C

20x4 sebagai layar untuk menampilkan hasil pengukuran sensor tersebut. Kemudian terdapat komponen penunjang lainnya seperti modul *Stepdown* DC-DC LM2915, *buzzer*, dan juga box plastik sebagai tempat komponen. Sistem ini menggunakan 2 sumber yaitu adaptor 12V DC dan juga 2 buah baterai Lithium 18650. Hal ini digunakan untuk ketika terjadi pemadaman listrik, alat masih bisa bekerja setidaknya untuk menyimpan data terakhir yang terbaca kedalam EEPROM ESP32. Sedangkan untuk *software*-nya peneliti menggunakan aplikasi EasyEDA untuk perancangan PCB, Visual Studio Code untuk memprogram *website*, Arduino IDE untuk memprogram mikrokontroler dan sensor, serta Xampp yang digunakan untuk mengaktifkan server *localhost* untuk akses mengelola *database* MySQL di dalam PHPMyAdmin.

3. Tahap penelitian yang ketiga adalah pembuatan alat. Tahapan ini meliputi pembuatan *hardware* maupun *software* sistem mulai dari cetak PCB (*Printed Circuit Board*), menyolder komponen, pembuatan program mikrokontroler dan sensor, memprogram *website*, dan pembuatan *database*.
4. Tahap penelitian yang keempat adalah pengujian alat. Pengujian alat ini dilakukan dalam lingkungan sebenarnya yaitu berada di sebuah rumah dengan daya 900 VA. Pengujian dilakukan menggunakan enam jenis beban yang berbeda, dengan masing-masing beban diukur selama durasi pengujian satu jam. Pengujian ini ditujukan guna mengetahui apakah sistem yang dirancang bisa bekerja seperti seharusnya. Jika pengujian berhasil maka akan lanjut ke tahap selanjutnya yaitu pengambilan data, dan jika belum berhasil akan mengulang melakukan pengujian.
5. Tahap penelitian yang kelima adalah pengambilan data. Setelah berhasil melakukan pengujian sistem, maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pengambilan data sekaligus melakukan analisis data dari hasil pengujian tersebut. Analisis ini ditujukan untuk mengetahui seberapa akurat sistem bekerja dengan menghitung nilai *error* berdasarkan data yang didapat.
6. Tahap penelitian yang keenam adalah pembuatan laporan hasil akhir dan kesimpulan dari sistem yang sudah dirancang berdasarkan analisis yang didapat ketika pengujian.

2.1. Perancangan Alat

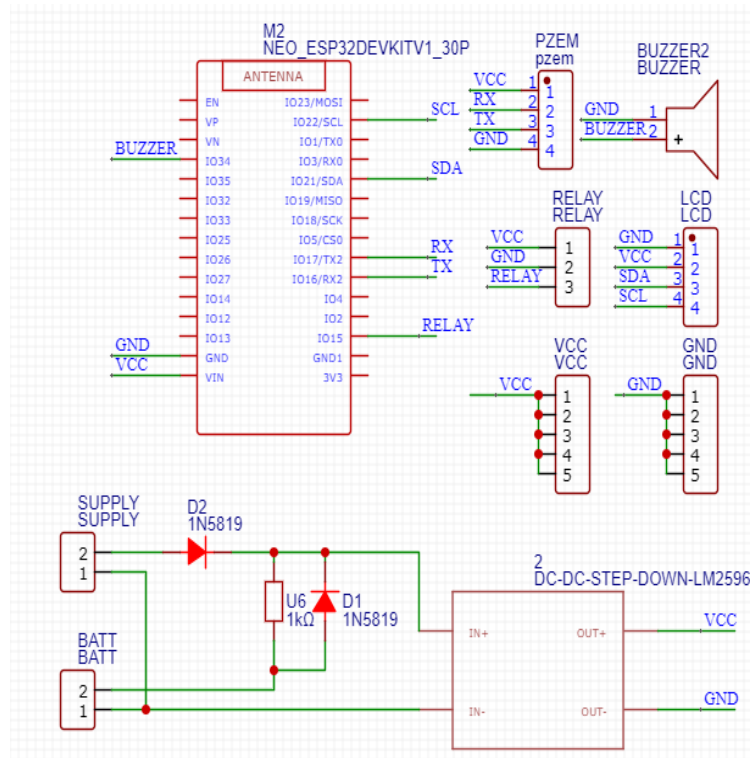


Gambar 2.Blok Diagram Alat

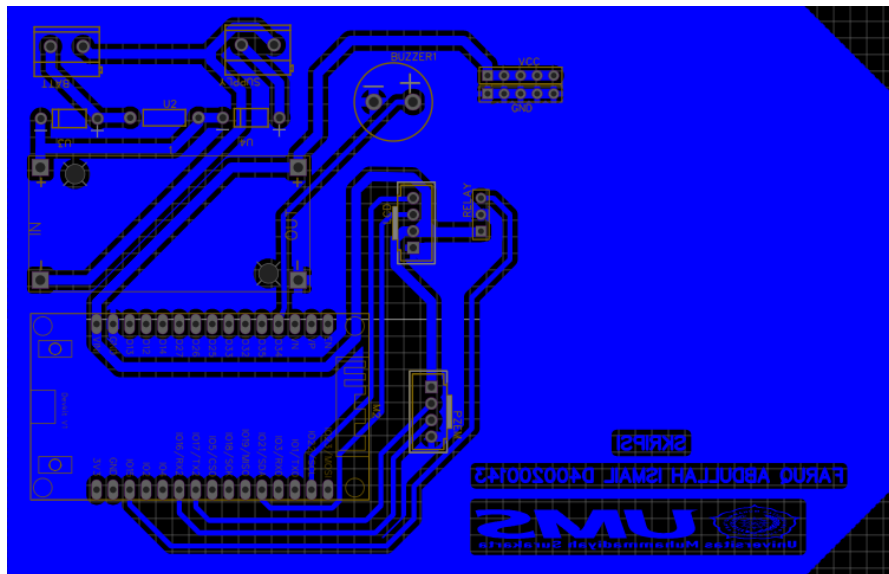
Gambar 2 diatas merupakan Gambaran dari jalur rangkaian pada Rancang Bangun Sistem Berbasis *Internet Of Things* (IoT) Untuk Monitoring Dan Manajemen Penggunaan Energi Listrik Rumah Tangga. Sensor PZEM-004T akan terhubung dengan sumber listrik PLN 220V, kemudian beban (peralatan listrik rumah tangga) akan terhubung dengan sensor PZEM-004T supaya bisa dimonitoring. Sensor PZEM-004T terhubung dengan ESP32 sebagai mikrokontroler yang akan mengatur proses monitoring yang dijalankan oleh sensor PZEM-004T . Hasil monitoring sensor PZEM-004T pada listrik rumah tangga akan dikirim ke *database* MySQL dan akan ditampilkan pada LCD I2C 20x4 dan juga *dashboard* website. Pada alat ini terdapat fitur peringatan ketika kondisi tegangan berlebih dan tegangan kurang maka pada LCD I2C 20x4 akan menampilkan pesan peringatan, *buzzer* menyala sebagai tanda ada peringatan serta muncul notifikasi dari aplikasi Blynk IoT. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan sistem kontrol beban listrik dengan sebuah *relay* yang bisa dikontrol melalui aplikasi Blynk IoT.

2.2.1 Perancangan Elektronika

Gambar 3 berikut menunjukkan rangkaian skematik alat yang dibuat menggunakan *software* EasyEDA. Pada skematik ini untuk jalur dihubungkan dengan metode label, sehingga terlihat lebih sederhana dan mudah dipahami. Setelah pembuatan skematik sudah sesuai, maka hasil skematik ini dikonversi ke dalam *layout* PCB untuk diatur posisi letak komponen sesuai yang diinginkan. Tampilan *layout* PCB terdapat pada Gambar 4.

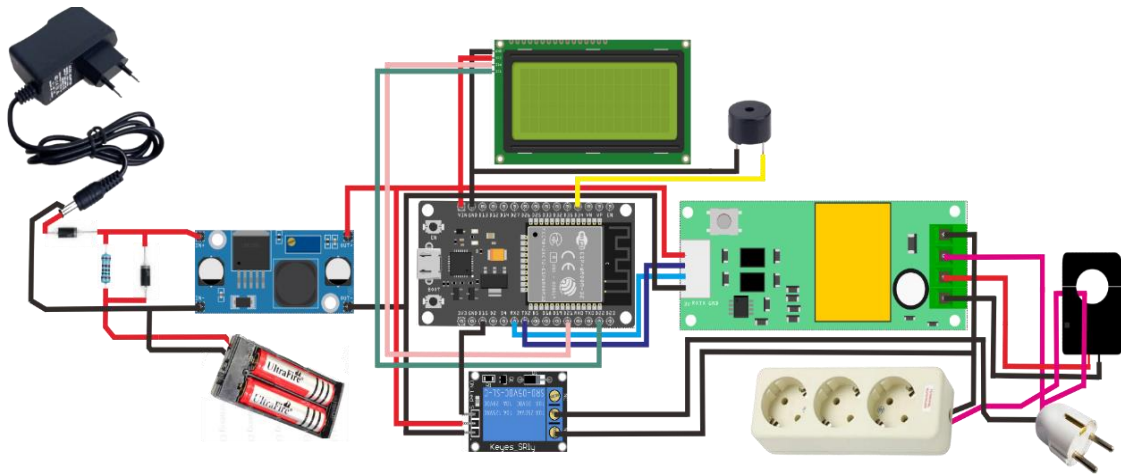


Gambar 3 Skematik Elektronika Alat



Gambar 4 Layout PCB Alat

Gambar 4 diatas merupakan tampilan dari *layout* PCB alat yang dibuat menggunakan *software* EasyEDA. Berikut merupakan wiring komponen sistem yang akan dibuat yang menjadi acuan nantinya saat pembuatan alat.



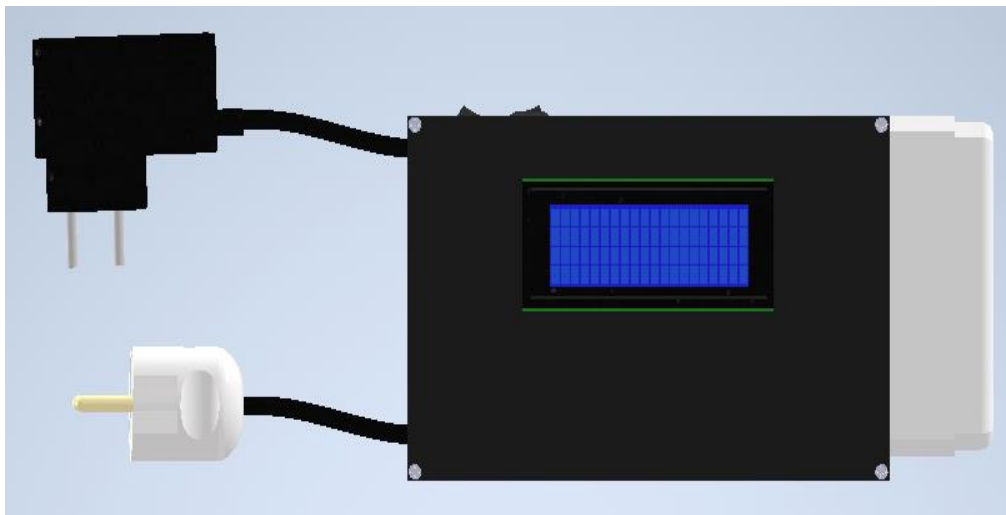
Gambar 5 Wiring Komponen

Gambar 5 diatas merupakan wiring komponen dari sistem yang akan dibuat. Pada Gambar tersebut sudah dilengkapi dengan konfigurasi pin yang dibutuhkan untuk keseluruhan komponen dalam sistem. Sistem ini menggunakan dua buah sumber tegangan DC yaitu adaptor 12V dan juga dua baterai Lithium 18650 4,2V (yang dihubungkan secara seri). Kedua sumber ini akan terhubung dengan rangkaian dioda penyearah sehingga kedua sumber tidak bertabrakan. Kemudian kedua sumber tersebut akan diturunkan tegangannya oleh modul *stepdown* DC-DC LM2596 sebelum masuk sistem . Kedua sumber tegangan tersebut akan bekerja secara bergantian, yaitu ketika kondisi normal (listrik PLN menyala) sistem akan menggunakan sumber tegangan masukan dari adaptor sekaligus isi ulang daya baterai (meskipun dengan arus yang sangat rendah), sedangkan ketika kondisi mati listrik maka sistem akan menggunakan baterai sebagai sumber tegangan masukannya. Sehingga sistem tetap menyala setidaknya untuk menyimpan data terakhir yang terbaca ke dalam EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*) internal ESP32 meskipun dalam keadaan sumber tegangan dari PLN mati. Sensor PZEM-004T terhubung dengan ESP32 melalui pin RX dan TX sehingga dapat memproses pembacaan sensor. Kemudian untuk *interface* monitoring menggunakan LCD I2C 20x4 yang berada pada sistem, *dashboard website*, dan aplikasi Blynk IoT. Sistem ini akan melakukan monitoring listrik AC meliputi tegangan (V), arus (A), faktor daya, daya (W), energi (Kwh), frekuensi (Hz), dan memberikan konversi tagihan biaya listrik yang digunakan (Rp). Berdasarkan hasil monitoring tersebut, akan terdapat dua kondisi peringatan yaitu ketika *under voltage* dan *over voltage* yang akan ditandai dengan buzzer yang menyala dan notifikasi dari aplikasi Blynk IoT tentang peringatan tersebut. Pada sistem juga terdapat sebuah *relay* yang terhubung dengan sensor PZEM-004T dan juga beban listrik, sehingga pelanggan bisa mengontrol penggunaan beban listrik tersebut dengan sebuah tombol pada aplikasi Blynk IoT. Alat ini juga dilengkapi sistem *cut off* beban listrik otomatis ketika dalam kondisi *under* atau *over voltage*. Sistem ini terhubung ke jaringan internet melalui WiFi untuk melakukan proses monitoring dan penyimpanan hasil monitoring ke dalam *database* MySQL. Dengan demikian, data monitoring yang

ditampilkan merupakan data yang bersifat *realtime* yang dapat dipantau melalui *dashboard* website ataupun aplikasi Blynk IoT.

2.2.2 Perancangan Mekanik

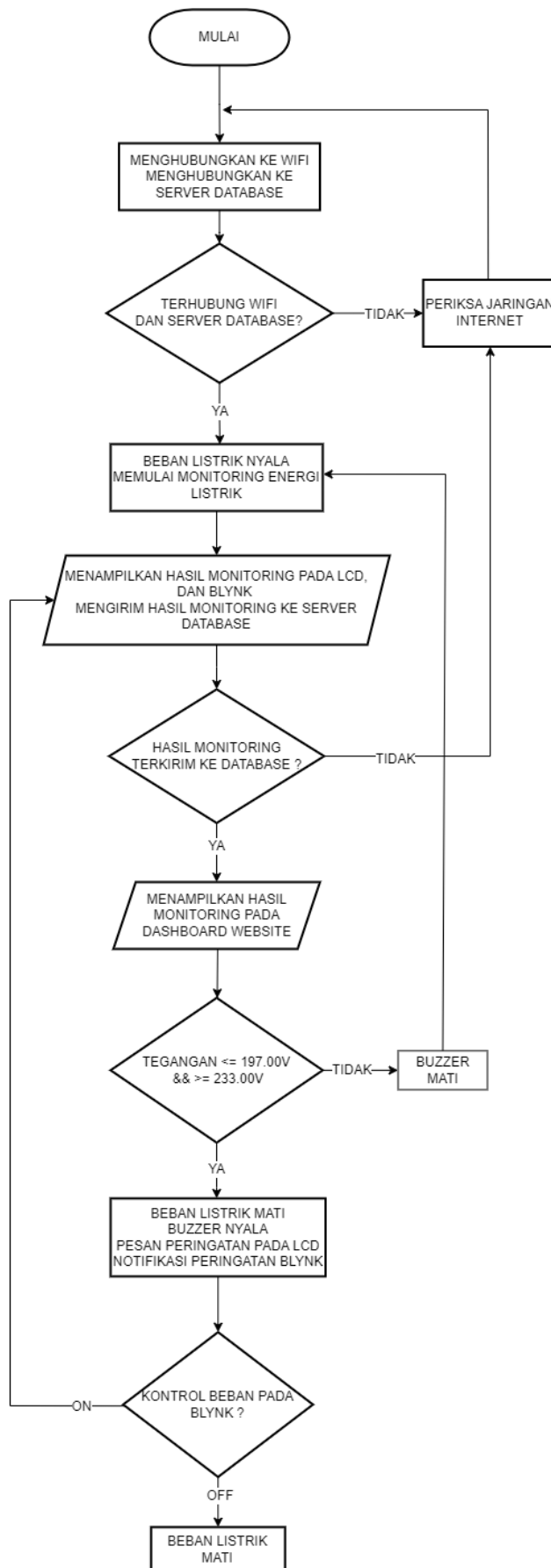
Pada tahapan perancangan mekanik ini merupakan tahapan untuk merancang bagaimana bentuk alat yang akan dibuat. Tahapan ini penting untuk dilakukan karena dapat mempermudah ketika pembuatan alat nantinya. Pada penelitian ini, penulis merancang untuk alat yang dibuat yaitu menggunakan sebuah box plastik dengan dimensi 18,5cm x 11,5cm x 5cm. *Box* plastik ini digunakan sebagai tempat komponen yang digunakan mulai dari mikrokontroler, sensor maupun beban listrik yang akan diukur. Penulis menggunakan *software* Autodesk Inventor Professional 2024 untuk merancang desain mekanik ini. Detail rancangan mekanik alat dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6 Tampilan desain 3D alat

2.2.3 Perancangan Program

Setelah tahapan perancangan elektronika dan desain, tahap selanjutnya adalah perancangan program. Pada tahap ini merancang program untuk mikrokontroler ESP32 yang berfungsi untuk memproses sensor PZEM-004T. Selain memprogram mikrokontroler, pada tahap ini juga memprogram *website* yang berfungsi sebagai salah satu *interface* hasil monitoring sensor. Detail alur program alat dapat dilihat pada Gambar 7.



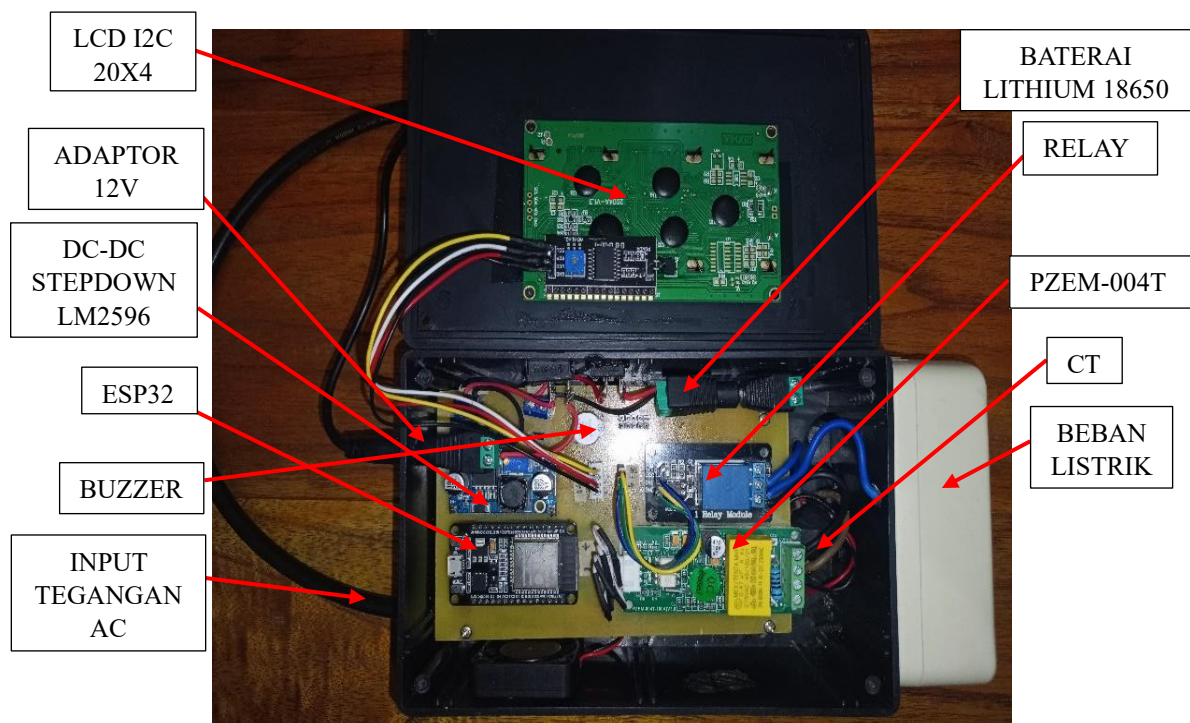
Gambar 7. Tampilan perancangan program

2.2 Pembuatan Alat

Setelah melalui perancangan alat, maka pada tahap ini yaitu tahap pembuatan alat. Untuk pembuatan alat ini, penulis membagi menjadi tiga bagian yaitu pembuatan rangkaian elektronika, mekanik dan program.

2.2.1 Pembuatan Rangkaian Elektronika

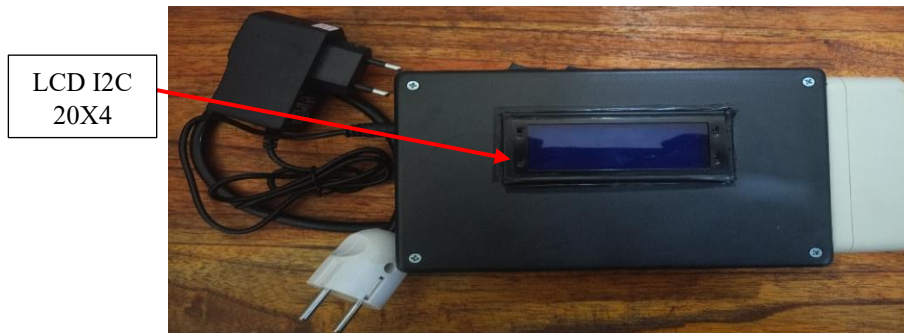
Tahap pembuatan alat yang pertama adalah pembuatan rangkaian elektronika. Tahapan ini menjadi tahap paling awal supaya lebih mudah untuk membuat tahapan selanjutnya. Pada tahap ini mencari komponen apa saja yang dibutuhkan sesuai dengan rancangan alat yang dibuat sebelumnya. Setelah komponen dan pembuatan *layout* PCB selesai, maka selanjutnya adalah pemasangan komponen pada PCB. Gambar rangkaian elektronika dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan rangkaian elektronika alat

2.2.2 Pembuatan Mekanik

Ketika rangkaian elektronika sudah dipastikan bekerja seperti seharusnya, maka tahap selanjutnya adalah pembuatan mekanik alat untuk penempatan komponen sesuai dengan yang yang sudah dirancang sebelumnya. Gambar fisik mekanik alat yang sudah terealisasi dapat dilihat pada Gambar 9 (a) dan Gambar 9 (b).



Gambar 9(a) Tampilan alat tampak depan



Gambar 9(b) Tampilan alat tampak atas

2.2.3 Pembuatan Program

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan program. Pada tahap ini ada 3 program yang dibuat, yaitu program mikrokontroler, sensor dan Blynk yang dibuat menggunakan *software* Arduino IDE, program website yang dibuat menggunakan *software* Vs Code dengan html, CSS dan PHP (Hypertext Preprocessor), serta program *database* MySQL yang dibuat dengan bahasa PHP. Blynk IoT berfungsi *interface* sekaligus memberikan notifikasi ketika kondisi *under* dan *over voltage* sedangkan website berfungsi sebagai *interface* yang menampilkan data yang telah dimonitor oleh alat ini. Detail tampilan pembuatan masing-masing program dapat dilihat pada Gambar 10, 11, 12, 13, dan 14.

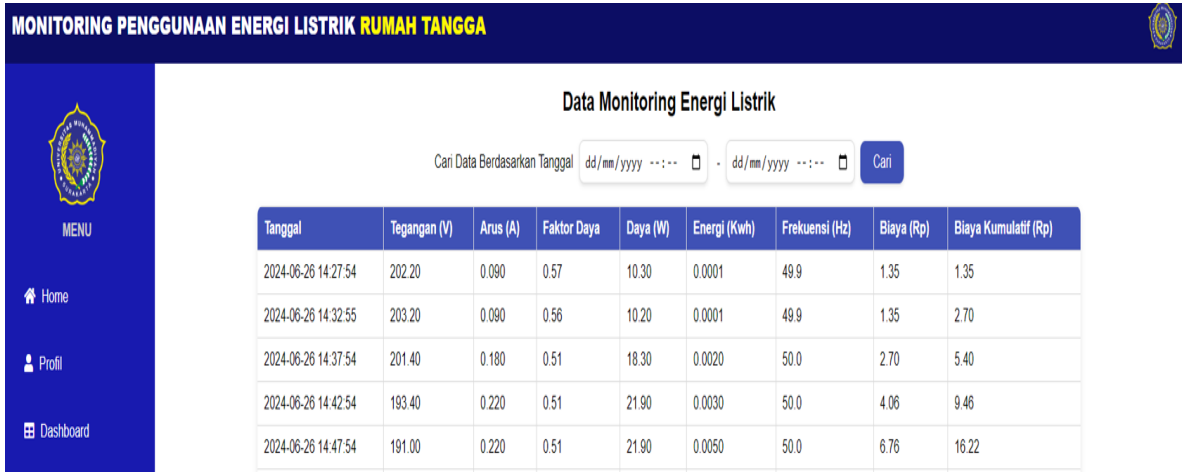
```

PROGESP_V11  nada.h
1 #include <EEPROM.h>
2 #include <PZEM004Tv30.h>
3 #include <WiFi.h>
4 #include <HttpClient.h>
5 #include <BlynkSimpleEsp32.h>
6 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
7 #include <time.h>
8 #include "nada.h"

```

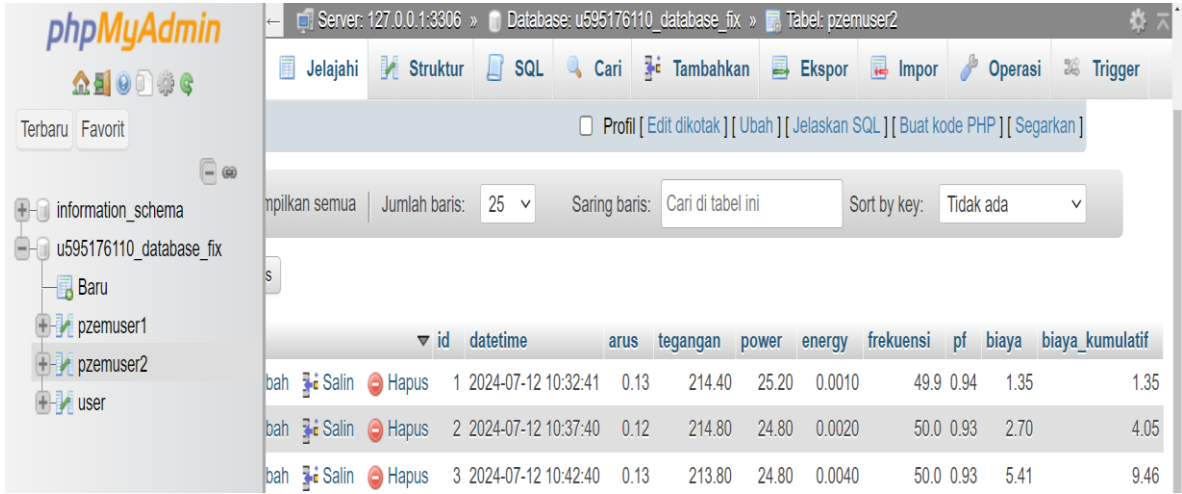
Gambar 10 Tampilan program mikrokontroler

Gambar 2.10 merupakan tampilan program mikrokontroler, sensor dan Blynk yang dibuat menggunakan *software* Arduino IDE. Program tersebut yang membuat alat bisa bekerja seperti yang seharusnya.



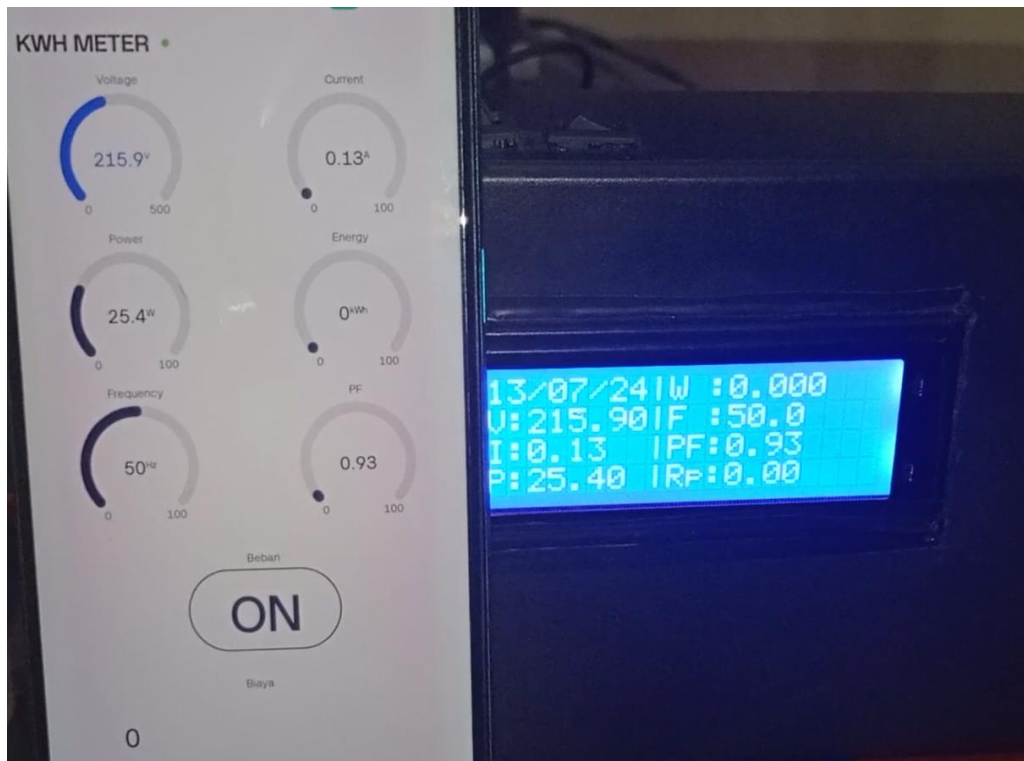
Gambar 11. Tampilan dashboard website

Gambar diatas merupakan *home* website sebagai *interface* hasil monitoring sensor yang dibuat menggunakan *software* Vs Code. Pada website tersebut akan menampilkan hasil monitoring *realtime* sekaligus keseluruhan data yang telah dimonitor. Website tersebut sudah di-*hosting*, sehingga bisa diakses oleh pelanggan kapan saja dan dimana saja.



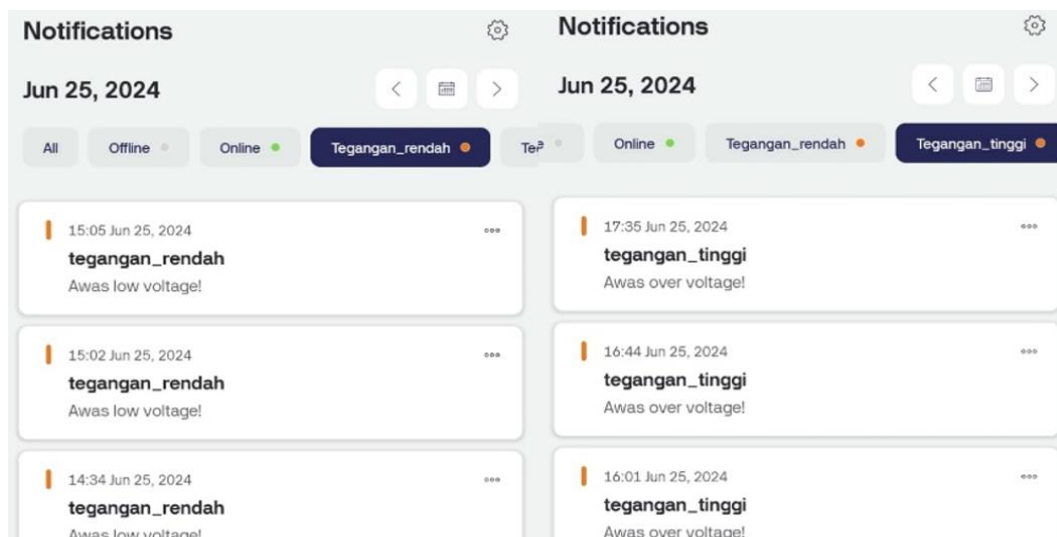
Gambar 12. Tampilan database

Gambar diatas merupakan tampilan PHP MyAdmin sebagai tempat untuk mengelola *database* MySQL untuk menyimpan hasil monitoring sensor. Penyimpanan ke *database* perlu koneksi khusus yang dibuat dengan bahasa PHP pada *software* Vs Code. Ketika berhasil terhubung, maka hasil monitoring bisa tersimpan ke dalam *database*.



Gambar 13. Tampilan pada Blynk IoT

Gambar diatas merupakan tampilan *interface* hasil monitoring sensor pada aplikasi Blynk IoT. Pada Blynk IoT tersebut juga terdapat sebuah kontrol beban listrik yang bisa digunakan ketika hendak menyalakan/mematikan beban listrik.



Gambar 14. Tampilan notifikasi blynk iot

Gambar 14 merupakan tampilan notifikasi Blynk IoT ketika hasil monitoring sensor menunjukkan kondisi *under* atau *over voltage*. Sehingga dengan fitur notifikasi ini, pelanggan energi listrik bisa mengetahui keadaan tegangan pada tempat tinggalnya.

2.3 Pengujian Alat

Setelah perancangan dan pembuatan selesai, tahapan selanjutnya adalah pengujian alat. Tahap ini merupakan tahap dimana alat akan diuji coba masing-masing fiturnya dan diamati apakah alat sudah bekerja seperti seharusnya. Pengujian alat ini dilakukan dengan mencoba alat dengan sebuah beban dan diamati apakah alat bisa memonitoring besaran tegangan, arus, daya, frekuensi, faktor daya sekaligus biaya penggunaannya dan menampilkan pada LCD I2C 20x4.

Kemudian alat juga akan diuji apakah bisa mengirim data hasil monitoring tersebut ke *database* dan tertampil pada *dashboard* website. Selain itu, fitur yang diuji adalah notifikasi Blynk, buzzer dan sistem *cut off* beban listrik otomatis ketika kondisi *under* ataupun *over voltage* serta kontrol beban listrik dari Blynk.

2.4 Pengambilan Data dan Analisis

Ketika sudah dipastikan seluruh fitur alat berjalan sesuai seharusnya, maka tahapan selanjutnya adalah pengambilan data dan analisis. Pengambilan dilakukan pada sebuah rumah dengan daya sebesar 900 VA. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan enam jenis beban yang berbeda, dengan masing-masing beban diukur dengan durasi satu jam. Kemudian data yang sudah terkumpul akan dianalisis untuk mengetahui apakah alat bekerja dengan baik atau tidak.

Data yang sudah terkumpul akan dibandingkan dengan hasil pembacaan alat ukur lain maupun perhitungan manual. Dalam penelitian ini, data tegangan dan arus yang terbaca oleh sensor PZEM-004T akan dibandingkan dengan data yang terbaca oleh *multimeter*. Sedangkan untuk data pembacaan daya dan energi sensor PZEM-004T akan dibandingkan dengan perhitungan manual dengan rumus dibawah ini :

a. Daya

$$P1 = \text{Sensor PZEM} - 004T \quad (1)$$

$$P2 = V \times I \times \cos \phi \quad (2)$$

Keterangan :

P2 = Nilai daya yang diperoleh dari hasil perhitungan manual

V = Tegangan (Volt)

I = Arus pada beban (Ampere)

$\cos \phi$ = Faktor daya yang terbaca oleh sensor

b. Energi

$$E1 = \text{Sensor PZEM} - 004T \quad (3)$$

$$E2 = \frac{P \times t}{1000} \quad (4)$$

Keterangan :

E2 = Nilai energi yang diperoleh dari hasil perhitungan manual

P = Daya yang terukur oleh sensor PZEM-004T

t = Waktu (Jam)

1000 = Pembagi untuk konversi ke satuan Kwh

c. Biaya

$$\text{Biaya} = \text{Energi} \times \text{Tarif per Kwh} \quad (5)$$

Keterangan :

Energi = Energi yang digunakan (Kwh)

Tarif per Kwh = Rp. 1352,00/Kwh*

*(Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2016)

d. Nilai *error* pembacaan sensor

$$\text{error} (\%) = \left| \frac{\text{nilai pembacaan sensor} - \text{nilai alat ukur lain}}{\text{nilai alat ukur lain}} \right| \times 100 \quad (6)$$

Setelah mengetahui nilai *error* dari nilai tegangan, arus, daya, dan energi maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai akurasi alat untuk menentukan seberapa akurat alat bekerja yang diperoleh dari permasalahan berikut :

e. Nilai akurasi

$$\text{Akurasi} (\%) = 100 - \text{nilai error} \quad (7)$$

2.5 Pembuatan Laporan

Setelah melewati keempat tahapan sebelumnya, tahapan terakhir dalam penelitian ini adalah pembuatan laporan. Laporan penelitian ini akan terdiri dari awal proses penelitian hingga memaparkan hasil penelitian yang telah diperoleh

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Alat monitoring energi listrik rumah tangga ini memiliki fitur untuk mendeteksi tegangan, arus, faktor daya, daya, frekuensi dan tagihan biaya listrik pada pelanggan listrik rumah tangga yang tersaji secara *realtime*. Data yang dimonitoring akan ditampilkan dengan 3 interface yaitu LCD I2C 20x4, aplikasi Blynk IoT dan *dashboard website*. Display LCD I2C 20x4 akan berfungsi sebagai antarmuka ketika pelanggan ingin memeriksa hasil pemantauan dengan mengunjungi alat tersebut. Aplikasi Blynk IoT akan menampilkan data monitoring secara *realtime* sekaligus terdapat fitur kontrol beban listrik. *Dashboard website* akan menampilkan data hasil monitoring *realtime* maupun keseluruhan data yang telah dimonitor dan tersimpan di dalam *database*. Pengujian ini dilakukan dengan enam jenis beban yang berbeda dalam tiga hari dengan waktu pengujian yang berbeda-beda.

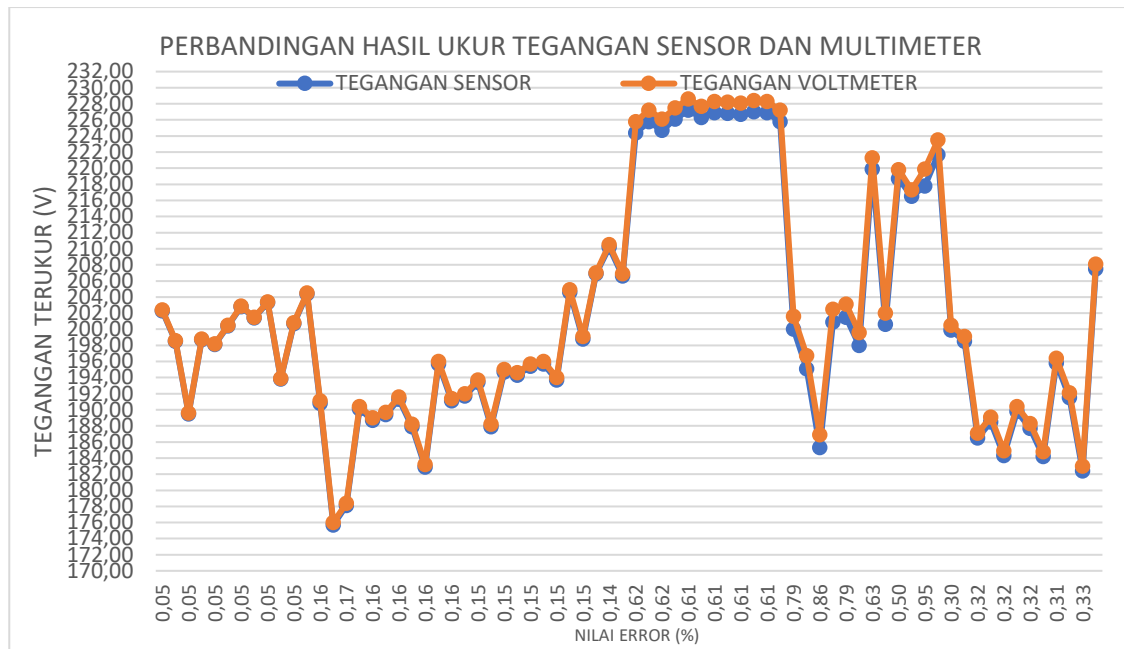
3.1 Pengujian Pengukuran Tegangan, Arus, Faktor Daya Dan Frekuensi Menggunakan Sensor PZEM-004T

Pada pengujian tegangan, arus, faktor daya dan frekuensi menggunakan sensor PZEM-004T ini dilakukan di sebuah rumah dengan daya 900 VA. Posisi alat diletakkan berdekatan dengan beban yang akan diukur. Pengujian ini sekaligus memberikan perbandingan dengan alat ukur lainnya yaitu *multimeter* sebagai perbandingan hasil ukur tegangan dan arus yang terbaca oleh sensor. Pengujian ini ditujukan untuk memonitoring besaran-besaran tersebut sekaligus mengetahui nilai *error* dari hasil pembacaan sensor. Data hasil rerata nilai *error* tegangan dan arus sensor PZEM-004T dapat dilihat pada Tabel 1, sedangkan untuk keseluruhan hasil monitoring terlampir.

Tabel 1 Hasil rerata nilai *error* tegangan dan arus sensor PZEM-004T

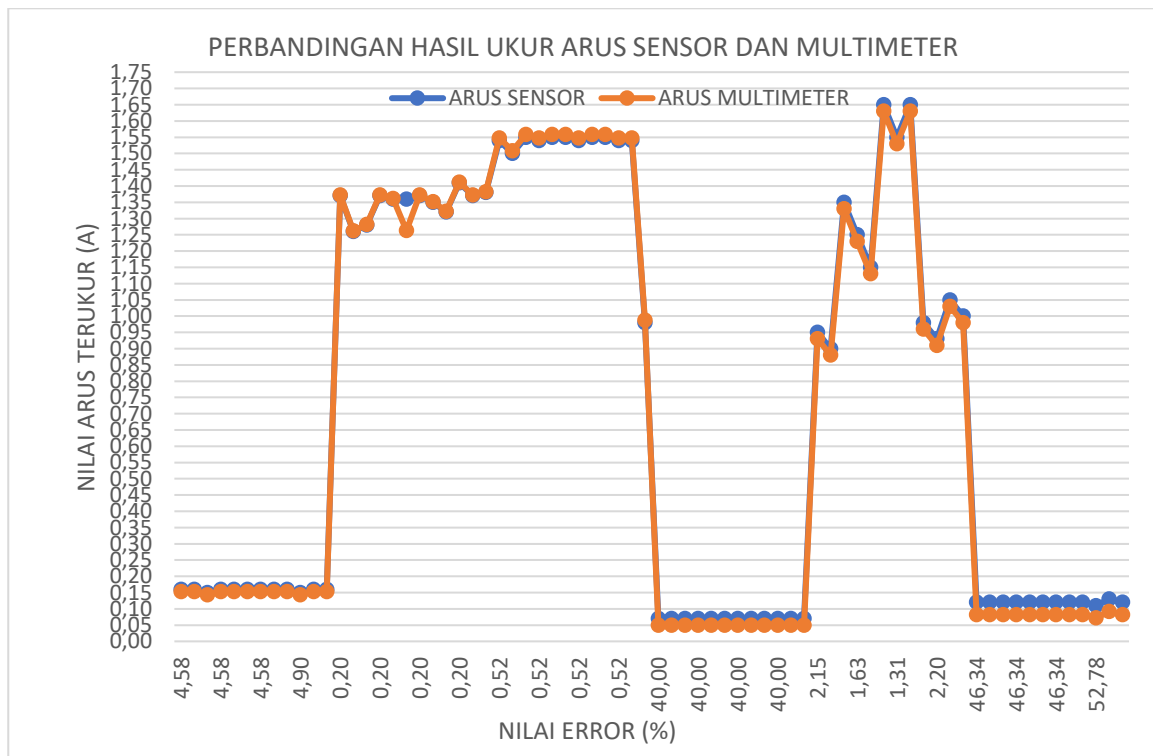
Jenis Beban	Rerata <i>Error</i> Tegangan (%)	Rerata <i>Error</i> Arus (%)
Kipas Angin	0,5	4,63
Setrika	0,16	0,99
Rice Cooker	0,14	0,54
Lampu	0,62	40,00
Mesin Cuci	0,73	1,73
Televisi	0,31	46,46
Rerata Nilai <i>Error</i> Keseluruhan (%)	0,34	15,73
Akurasi Pengukuran Tegangan (%) = $100 - 0,34 = 99,66\%$		
Akurasi Pengukuran Arus (%) = $100 - 15,73 = 84,27\%$		

Pada Tabel 1 diatas merupakan data hasil rerata nilai *error* tegangan dan arus PZEM-004T dengan multimeter pada 6 jenis beban. Berdasarkan hasil monitoring sensor, tegangan dan arus yang terbaca akan dibandingkan dengan multimeter untuk mendapatkan nilai *error* pembacaan sensor untuk tegangan dan arus. Nilai *error* akan dihitung pada masing-masing beban maupun secara keseluruhan sehingga bisa diperoleh nilai akurasi pembacaan sensor untuk monitoring tegangan dan arus dengan rumus pada persamaan yang sudah dijelaskan sebelumnya. Selain rerata nilai *error* tegangan dan arus yang di monitoring yang tertampil pada Tabel diatas, pengujian ini juga melampirkan besaran faktor daya dan juga frekuensi yang diperoleh dari pembacaan sensor. Pada pengujian dengan beban kipas angin, diperoleh rerata nilai *error* untuk tegangan sebesar 0,05% dan rerata nilai *error* untuk arus sebesar 4,63%. Pengujian dengan beban setrika diperoleh rerata nilai *error* tegangan sebesar 0,16% dan rerata nilai *error* arus sebesar 0,99%. Pengujian dengan beban *rice cooker* diperoleh rerata nilai *error* untuk tegangan sebesar 0,14% dan rerata nilai *error* untuk arus sebesar 0,54%. Pengujian dengan beban lampu led diperoleh rerata nilai *error* tegangan sebesar 0,62% dan rerata nilai *error* arus sebesar 40,00%. Pengujian dengan beban mesin cuci diperoleh rerata nilai *error* tegangan sebesar 0,73% dan rerata nilai *error* arus sebesar 1,78%. Pengujian dengan beban televisi diperoleh rerata nilai *error* tegangan sebesar 0,31% dan rerata nilai *error* arus sebesar 46,46%. Rerata nilai *error* tegangan dan arus pada masing-masing beban tersebut akan menghasilkan nilai rerata *error* keseluruhan tegangan dan arus. Nilai rerata *error* tegangan sebesar 0,34 % dan untuk arus sebesar 15,73%. Dari hasil nilai rerata *error* keseluruhan tegangan dan arus tersebut, dapat diperoleh nilai akurasi untuk tegangan dan arus. Nilai akurasi tegangan sebesar 99,66% menunjukkan bahwa alat ukur multimeter memiliki ketelitian yang tinggi dalam mengukur tegangan. Namun, selisih antara pengukuran sensor dan multimeter dapat menyebabkan perbedaan hasil pengukuran. Sebaliknya, nilai akurasi arus sebesar 84,27% disebabkan oleh keterbatasan alat ukur multimeter dalam mendeteksi arus pada skala kecil. Data pada Tabel menunjukkan bahwa pengujian dengan beban yang membutuhkan arus kecil menghasilkan nilai *error* yang lebih besar dibandingkan dengan pengujian menggunakan beban yang membutuhkan arus lebih besar. Hal ini disebabkan karena *multimeter* yang digunakan memiliki ketelitian yang kurang dalam pengukuran arus kecil, karena data menunjukkan ketika digunakan untuk pengukuran beban yang lumayan besar arusnya hanya diperoleh nilai *error* yang kecil. Grafik perbandingan nilai pembacaan sensor untuk tegangan dan arus dapat dilihat pada Gambar 15 dan Gambar 16



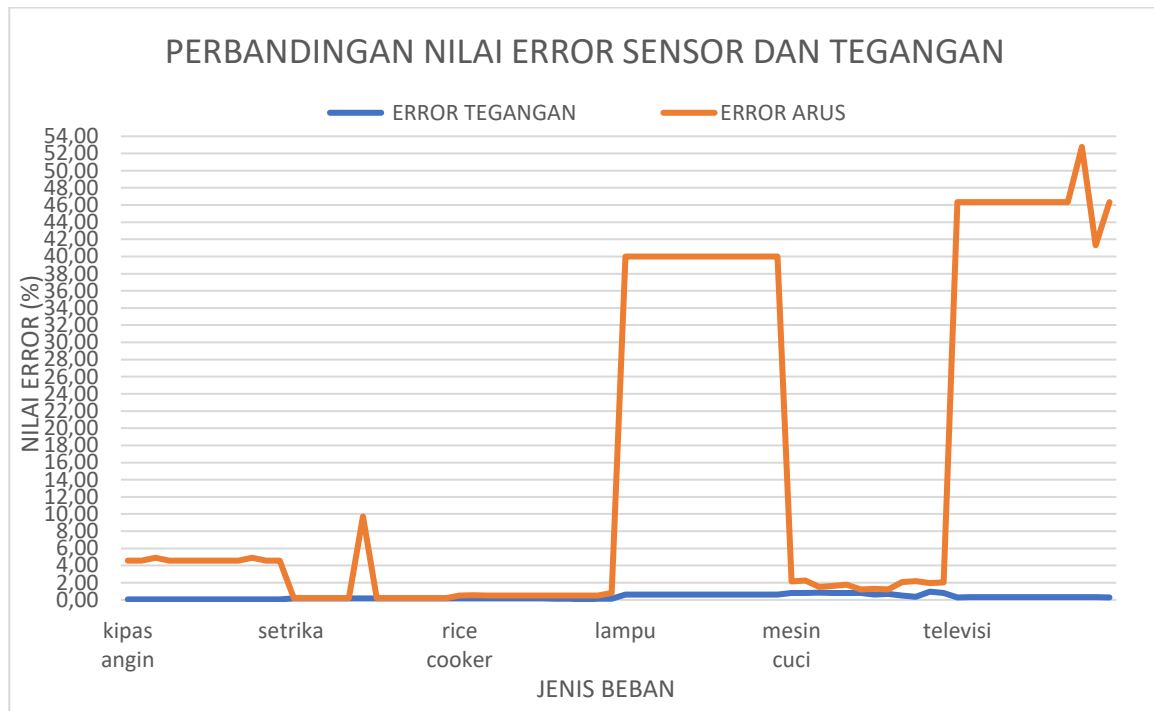
Gambar 15 Grafik perbandingan tegangan sensor dan multimeter

Gambar 15 menunjukkan grafik nilai *error* pengukuran tegangan oleh sensor dan multimeter. Dari grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa *error* pembacaan tegangan oleh sensor dan *multimeter* bernilai kecil karena nilai *error* yang didapat berada di bawah 1%. Sedangkan untuk grafik perbandingan pengukuran arus sensor dan multimeter dapat dilihat pada Gambar 16.



Gambar 16. Grafik perbandingan arus sensor dan multimeter

Gambar 16 menunjukkan grafik nilai *error* pengukuran arus oleh sensor dan multimeter. Dari grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa *error* pembacaan arus oleh sensor dan multimeter bernilai besar karena nilai *error* yang didapat mencapai 52,78%. Nilai *error* yang besar ini disebabkan karena keterbatasan alat ukur multimeter dalam mendeteksi arus pada skala kecil. Sedangkan untuk grafik perbandingan nilai *error* tegangan dan arus dapat dilihat pada Gambar 17 dibawah ini.



Gambar 17 Grafik perbandingan error tegangan dan arus

Gambar 17 menunjukkan grafik rerata nilai *error* pengukuran tegangan dan arus. Dari grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa *error* pembacaan arus lebih besar dibandingkan dengan nilai *error* pengukuran tegangan. Sensor PZEM-004T menunjukkan efektivitas yang tinggi untuk pengukuran tegangan dengan akurasi sebesar 99,66%. Hal ini merupakan hasil yang sama dengan penelitian yang dilakukan oleh (Achlisson dkk., 2023). Dalam penelitian tersebut juga menghasilkan Kesimpulan bahwa sensor PZEM-004T memiliki akurasi yang tinggi dengan hanya memiliki nilai error sebesar 0,17% dengan 3 jenis beban yang berbeda. Sebaliknya, pengukuran arus menggunakan sensor yang sama menunjukkan *error* yang lebih besar, dengan tingkat akurasi hanya sebesar 84,27%. Nilai *error* arus yang besar diperoleh pada pengukuran dengan beban yang membutuhkan arus kecil, dalam pengujian ini yaitu pada beban lampu led dan televisi, sementara untuk beban dengan konsumsi arus yang besar nilai *error* nya kecil.

3.2 Pengujian Pengukuran Nilai Daya dan Energi Dengan Sensor PZEM-004T Serta Perhitungan Biaya Tagihan Listrik

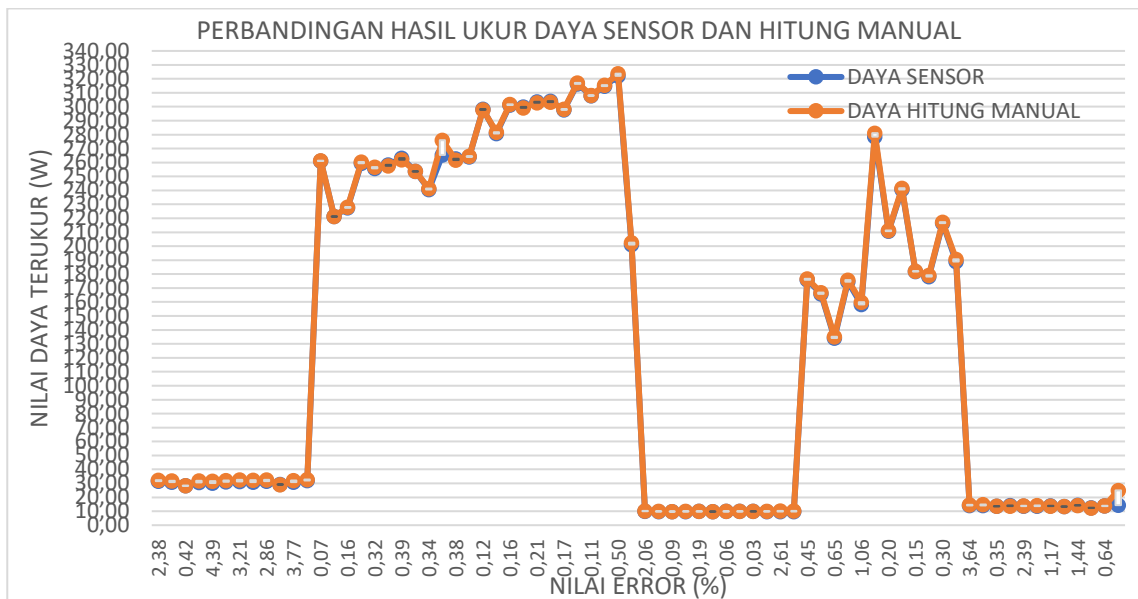
Pada pengujian daya, energi menggunakan sensor PZEM-004T dan perhitungan biaya tagihan listrik ini dilakukan di sebuah rumah dengan daya 900 VA dengan jenis beban yang sama yang digunakan pada pengujian pertama. Posisi alat diletakkan berdekatan dengan beban yang akan diukur. Pengujian ini sekaligus memberikan perbandingan dengan perhitungan manual sebagai perbandingan hasil ukur daya dan energi yang terbaca oleh sensor. Pengujian ini ditujukan untuk memonitoring besaran-besaran tersebut sekaligus mengetahui nilai *error* dari hasil pembacaan sensor. Data hasil rerata nilai *error* daya dan energi sensor PZEM-004T dapat dilihat pada Tabel 2, sedangkan untuk data hasil monitoring keseluruhan terlampir.

Tabel 2 Hasil rerata nilai *error* daya dan energi sensor PZEM-004T

Jenis Beban	Rerata <i>Error</i> Daya (%)	Rerata <i>Error</i> Energi (%)
Kipas Angin	2,77	8,65
Setrika	0,53	5,55
Rice Cooker	0,25	8,37
Lampu	0,92	0,37
Mesin Cuci	0,56	7,87
Televisi	5,03	9,56
Rerata Nilai <i>Error</i> Keseluruhan (%)	1,68	6,73
Akurasi Pengukuran Daya (%) = $100 - 1,68 = 98,32\%$		
Akurasi Pengukuran Energi (%) = $100 - 6,73 = 93,27\%$		

Pada Tabel 2 diatas merupakan data hasil rerata nilai *error* daya dan energi PZEM-004T dengan perhitungan manual pada 6 jenis beban. Berdasarkan hasil monitoring sensor, daya dan energi yang terbaca akan dibandingkan dengan perhitungan manual dengan rumus pada persamaan 2 untuk daya dan rumus persamaan 4 untuk energi sehingga diperoleh nilai *error* pembacaan sensor untuk daya dan energi. Nilai *error* akan dihitung pada masing-masing beban maupun secara keseluruhan sehingga bisa diperoleh nilai akurasi pembacaan sensor untuk monitoring daya dan energi dengan rumus pada persamaan 6. Selain besaran daya dan energi yang di monitoring, pengujian ini melampirkan durasi masing-masing beban, serta perhitungan tagihan biaya yang diperoleh dari hasil perhitungan sesuai dengan tarif yang ditentukan oleh pemerintah. Tabel 3.2 ini masih berkesinambungan dengan Tabel 3.1, karena nilai variabel pada Tabel 3.1 akan digunakan untuk perhitungan manual sehingga diperoleh hasil pada Tabel 3.2. Pada pengujian dengan beban kipas angin, diperoleh rerata nilai *error* untuk daya sebesar 2,77% dan rerata nilai *error*

untuk energi sebesar 8,65%. Pengujian dengan beban setrika diperoleh rerata nilai *error* daya sebesar 0,53% dan rerata nilai *error* energi sebesar 5,55 %. Pengujian dengan beban *rice cooker* diperoleh rerata nilai *error* untuk daya sebesar 0,25% dan rerata nilai *error* untuk energi sebesar 8,37%. Pengujian dengan beban lampu led diperoleh rerata nilai *error* daya sebesar 0,92% dan rerata nilai *error* energi sebesar 0,37%. Pengujian dengan beban mesin cuci diperoleh rerata nilai *error* daya sebesar 0,56% dan rerata nilai *error* energi sebesar 7,87%. Pengujian dengan beban televisi diperoleh rerata nilai *error* daya sebesar 5,51% dan rerata nilai *error* energi sebesar 9,56%. Rerata nilai *error* daya dan energi pada masing-masing beban tersebut akan menghasilkan nilai rerata *error* keseluruhan daya dan energi yaitu untuk nilai rerata *error* daya sebesar 1,68% dan untuk energi sebesar 6,73%. Dari hasil nilai rerata *error* keseluruhan daya dan energi, dapat diperoleh nilai akurasi untuk daya dan energi. Nilai akurasi daya sebesar 98,32% menunjukkan bahwa alat memiliki ketelitian yang tinggi dalam mengukur daya. Sementara itu, nilai akurasi energi adalah 93,27%. Akurasi pengukuran energi yang sebesar 93,27% tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh faktor *delay* pembacaan sensor. Grafik perbandingan nilai pembacaan sensor untuk daya dan energi dapat dilihat pada Gambar 3.4 dan Gambar 3.5.



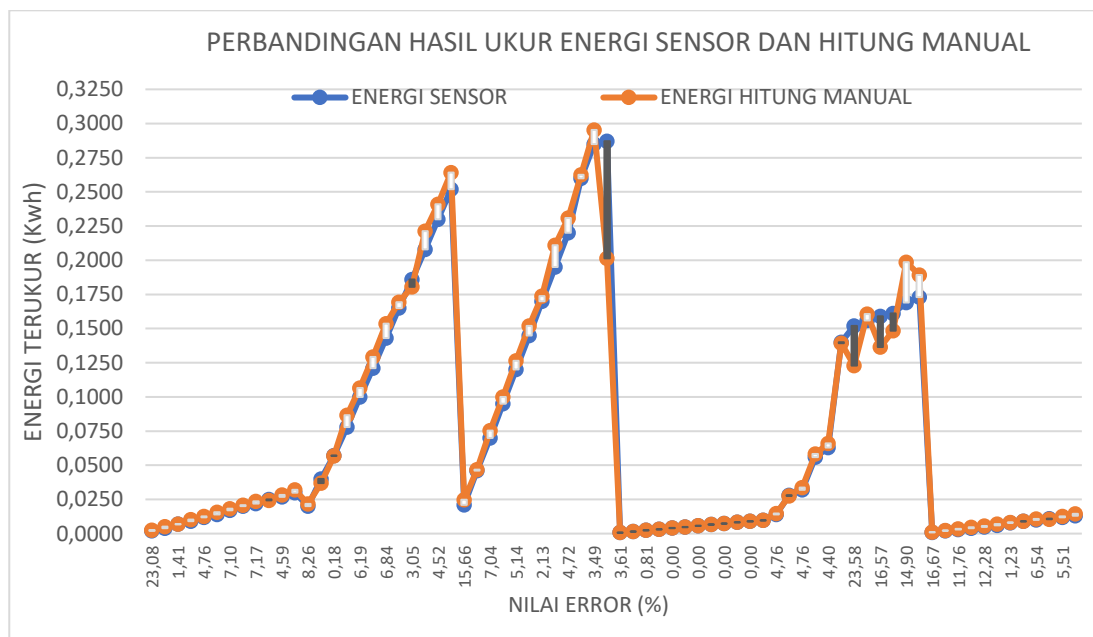
Gambar 18. Grafik perbandingan daya sensor dan hitung manual

Gambar 18 menunjukkan grafik nilai *error* pengukuran daya oleh sensor dan perhitungan manual. Dari grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa *error* pembacaan daya oleh sensor dan perhitungan manual bernilai kecil karena nilai *error* yang didapat dibawah 4%. Berikut adalah contoh perhitungan manual pada beban kipas angin :

$$\begin{aligned}
 P1 &= \text{pengukuran daya sensor} \\
 &= 31,60 \text{ W}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P2 &= 202,30 \times 0,16 \times 1 \\
 &= 32,37 \text{ W} \\
 \text{error (\%)} &= \left| \frac{31,60 - 32,37}{32,37} \right| \times 100 \\
 &= 2,38 \%
 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, diperoleh nilai *error* pengukuran daya sebesar 2,38%. Nilai *error* ini masih tergolong kecil, karena hasil akhir menunjukkan akurasi pengukuran daya mencapai sebesar 98,32%. Sedangkan untuk grafik perbandingan pengukuran energi sensor dan perhitungan manual dapat dilihat pada Gambar 19.



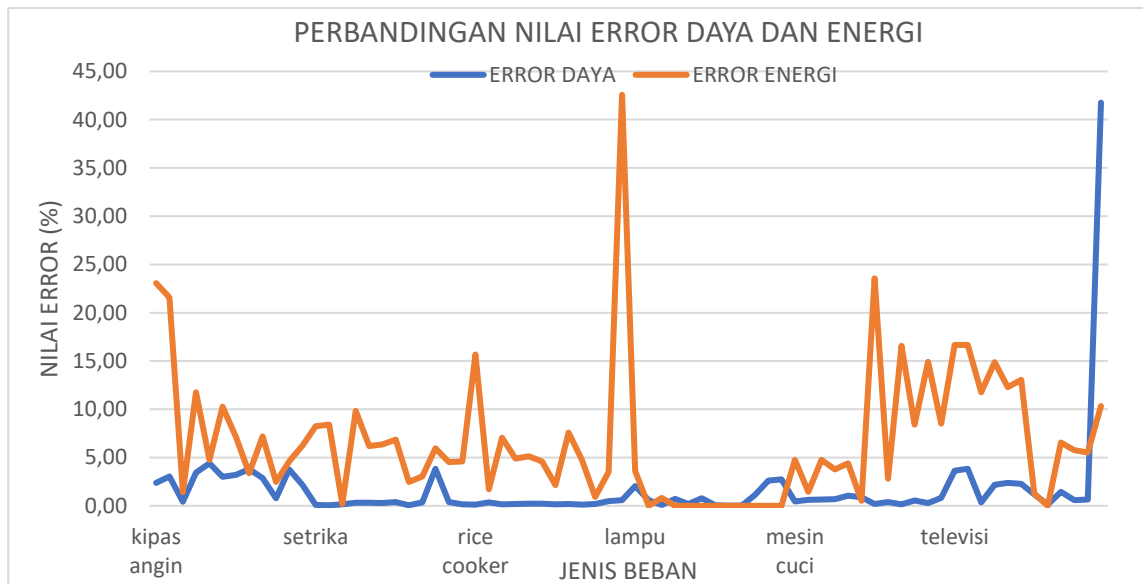
Gambar 19. Grafik perbandingan energi sensor dan perhitungan manual

Gambar 19 menunjukkan grafik nilai *error* pengukuran energi oleh sensor dan perhitungan manual. Dari grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa *error* pembacaan energi oleh sensor dan perhitungan manual bernilai besar karena nilai *error* yang didapat mencapai 23,58%. Berikut adalah contoh perhitungan manual untuk energi pada beban kipas angin :

$$\begin{aligned}
 E1 &= \text{Sensor PZEM} - 004t \\
 &= 0,0020 \text{ Kwh} \\
 E2 &= \frac{P \times t}{1000} \\
 &= \frac{31,60 \times \frac{1}{12}}{1000} \\
 &= 0,0026 \text{ Kwh} \\
 \text{error (\%)} &= \left| \frac{0,0020 - 0,0026}{0,0026} \right| \times 100
 \end{aligned}$$

$$= 23,08 \%$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas, diperoleh nilai *error* pengukuran energi sebesar 23,08%. Hasil akhir menunjukkan akurasi pengukuran energi sebesar 93,27%. Sedangkan untuk grafik perbandingan nilai *error* daya dan energi dapat dilihat pada Gambar 3.6 dibawah ini.



Gambar 20. Grafik perbandingan error daya dan energi

Gambar 20 menunjukkan grafik rerata nilai *error* pengukuran daya dan energi. Dari grafik tersebut, dapat disimpulkan bahwa *error* pembacaan energi lebih besar dibandingkan dengan nilai *error* pengukuran daya. Sensor PZEM-004T menunjukkan efektivitas yang tinggi untuk pengukuran daya dengan akurasi sebesar 98,32%. Sedangkan pengukuran energi menggunakan sensor yang sama menunjukkan *error* yang lebih besar, dengan tingkat akurasi sebesar 93,27%. Sesuai kebijakan yang tertulis pada Peraturan Menteri (Permen) ESDM No. 28 Tahun 2016 tentang Penyesuaian Tarif Tenaga Listrik (Tarif Adjustment) bagi 13 golongan tarif, maka untuk pelanggan listrik rumah tangga dengan daya 900 VA dikenakan tarif sebesar Rp. 1.352,00/Kwh (Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, 2016). Berikut merupakan perhitungan tagihan dengan beban kipas angin dalam 5 menit :

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya} &= \text{Energi} \times \text{Tarif per Kwh} \\
 &= 0,0020 \text{ Kwh} \times \text{Rp. 1.352,00} \\
 &= \text{Rp. 2.70}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan diatas menunjukkan kipas angin dengan pemakaian selama 5 menit akan menghasilkan tagihan biaya listrik sebesar Rp. 270.

3.3 Pengujian Indikator *Over Voltage* Atau *Under Voltage* Pada Buzzer, LCD I2C 20x4, Dan Notifikasi Blynk IoT

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa indikator *over voltage* dan *under voltage* pada sistem yang menggunakan *buzzer*, LCD I2C 20x4, dan notifikasi Blynk IoT serta sistem *cut off* beban listrik otomatis berfungsi dengan benar. *Over voltage* terjadi ketika tegangan melebihi batas aman, dan *under voltage* terjadi ketika tegangan turun di bawah batas aman. Memastikan semua indikator bekerja dengan baik sangat penting untuk keamanan dan keandalan alat.

Tabel 3. Pengujian Indikator *Over Voltage* Atau *Under Voltage* Pada Buzzer, LCD I2C 20x4, Dan Notifikasi Blynk Iot

Tegangan (V)	Kondisi $V \leq 197V$ (<i>under voltage</i>) $V \geq 232V$ (<i>over voltage</i>)	Buzzer	Indikator LCD I2C 20x4	Notifikasi Blynk IoT	Status Beban Listrik	Keterangan
193,40	<i>Under Voltage</i>	Nyala	Menampilkan pesan peringatan	Terkirim	Mati	Aktif
204,70	<i>Normal Voltage</i>	Mati	Menampilkan pembacaan sensor	Tidak ada notifikasi	Nyala	Aktif
232,30	<i>Over Voltage</i>	Nyala	Menampilkan pesan peringatan	Terkirim	Mati	Aktif

Berdasarkan Tabel hasil percobaan diatas, ketika pengujian pertama yaitu kondisi *under voltage* (tegangan $\leq 197V$) maka *buzzer* akan menyala, pada LCD I2C 20x4 menampilkan pesan peringatan, *relay* aktif sehingga mematikan beban listrik dan akan terdapat notifikasi peringatan tegangan kurang pada aplikasi Blynk IoT pada *device* pelanggan. Pengujian kedua, ketika alat mendeteksi keadaan normal *voltage* ($> 197V$ hingga $< 232V$) maka indikator *buzzer* mati, LCD I2C 20x4 akan menampilkan pembacaan sensor, *relay* mati sehingga beban listrik tetap menyala, dan tidak ada notifikasi peringatan pada aplikasi Blynk IoT *device* pelanggan. Pengujian ketiga, ketika alat mendeteksi keadaan over voltage ($\geq 232V$) maka indikator *buzzer* menyala, LCD I2C 20x4 akan menampilkan pesan peringatan, *relay* aktif sehingga mematikan beban listrik, dan akan terdapat notifikasi peringatan tegangan berlebih pada aplikasi Blynk IoT *device* pelanggan.

Hasil pengujian diatas juga menunjukkan bahwa sistem *cut off* beban listrik ketika kondisi *under* atau *over voltage* berfungsi dengan baik. Besaran *under voltage* (197V) dan *over voltage* (232V). Tegangan pelayanan dapat mencapai nilai maksimum 5%, atau 231 V, dan nilai minimum 10%, atau 198V, dari tegangan nominal jaringan tegangan rendah 220V (PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero), 1995). Sensor PZEM-004T memiliki akurasi pengukuran 0,5%, sehingga hasil *under voltage* (197V) dan *over voltage* (232V) sudah termasuk perkiraan akurasi pengukuran sensor.

Berdasarkan hasil percobaan diatas, dapat disimpulkan bahwa indikator pada alat ini berfungsi dengan baik dalam setiap kondisi. Sehingga fitur peringatan bekerja secara akurat dalam memberikan peringatan kepada pelanggan.

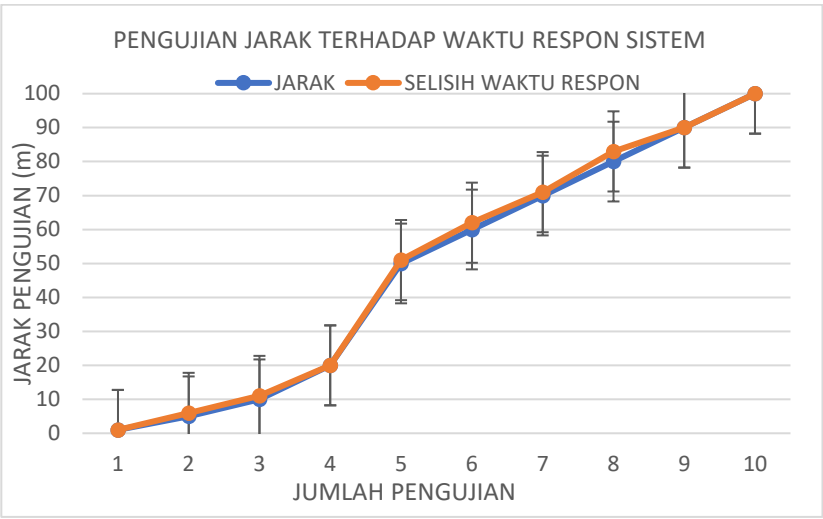
3.4 Pengujian Kontrol Beban Listrik Dengan Aplikasi Blynk IoT Terhadap Jarak

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memastikan bahwa beban listrik dapat dikontrol dengan menggunakan aplikasi Blynk IoT. Disamping itu, pengujian ini juga ditujukan untuk mengetahui apakah jarak alat dan kecepatan internet pada *device* pelanggan yang digunakan untuk kontrol beban listrik dari aplikasi Blynk IoT berpengaruh terhadap fungsinya. Pengujian ini dilakukan dengan 10 percobaan dengan variasi jarak yang berbeda pada lingkungan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta pada malam hari. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4 Pengujian Kontrol Beban Listrik Dengan Aplikasi Blynk IoT Terhadap Jarak

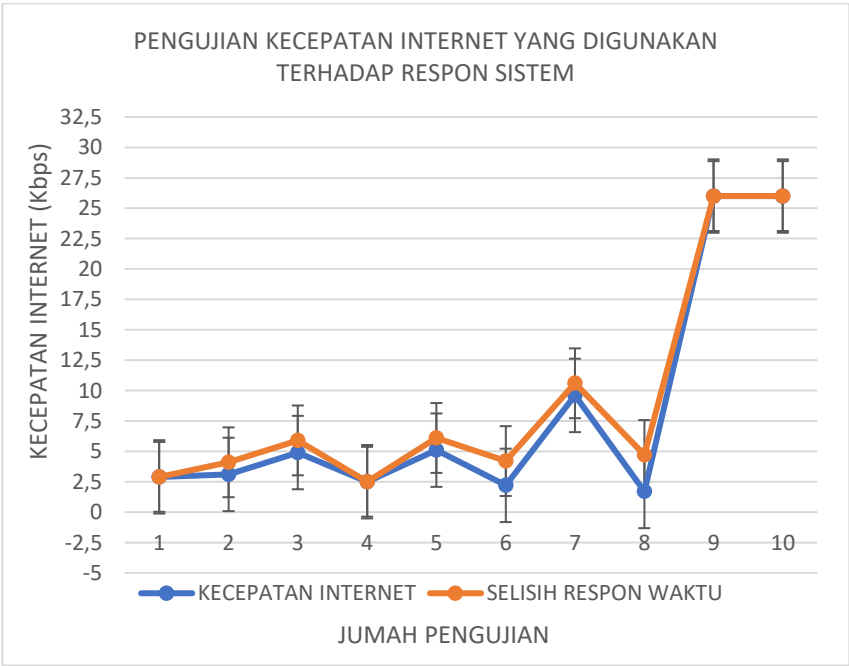
Jarak (M)	Kecepatan Internet (Kbps)	Kontrol Beban Pada Blynk IoT	Status Beban Listrik	Waktu Respon Dari Bynk IoT Pada Beban Listrik Selisih Waktu (S)			Keterangan
1	2,9	OFF	mati	18:45:44	18:45:44	0	berfungsi
5	3,1	ON	nyala	18:47:46	18:47:47	1	berfungsi
10	4,9	OFF	mati	18:52:51	18:52:52	1	berfungsi
20	2,5	ON	nyala	18:57:23	18:57:23	0	berfungsi
50	5,1	OFF	mati	19:01:41	19:01:42	1	berfungsi
60	2,2	ON	nyala	19:05:40	19:05:42	2	berfungsi
70	9,6	OFF	mati	21:48:00	21:48:01	1	berfungsi
80	1,7	ON	nyala	21:50:00	21:50:03	3	berfungsi
90	26	OFF	mati	22:09:16	22:09:16	0	berfungsi
100	26	ON	nyala	22:15:30	22:15:30	0	berfungsi

Berdasarkan hasil pengujian yang terlampir pada Tabel 3.4 diatas, dapat disimpulkan bahwa fungsi kontrol beban listrik dengan aplikasi Blynk IoT dapat berfungsi dengan baik. Grafik pengaruh jarak pengujian dan kecepatan internet dalam responsivitas dapat dilihat pada Gambar 3.7 dan Gambar 3.8.



Gambar 21. Grafik pengujian jarak terhadap waktu respon sistem

Gambar 21 menunjukkan grafik pengujian pengaruh jarak terhadap respon sistem. Pada Gambar diatas dapat dianalisa bahwa jarak tidak berpengaruh sigfinikan terhadap responsivitas sistem. Sehingga alat ini bisa digunakan meskipun pelanggan pergi jauh dari tempat tinggalnya. Sedangkan untuk grafik pengaruh kecepatan internet terhadap respon sistem dapat dilihat pada Gambar 3.8. dibawah ini.



Gambar 22. Grafik pengaruh kecepatan internet terhadap respon alat

Gambar 22 menunjukkan grafik pengaruh kecepatan internet terhadap respon sistem. Pada Gambar diatas dapat dianalisa bahwa kecepatan internet sedikit lebih berpengaruh terhadap responsivitas sistem. Sehingga supaya alat memiliki responsivitas yang tinggi, pelanggan energi listrik rumah tangga bisa mempersiapkan koneksi internet dengan kecepatan internet yang baik. Akan tetapi, meskipun dengan kecepatan internet yang kurang baik kontrol beban listrik dengan aplikasi Blynk IoT hanya saja responsivitasnya kurang dibandingkan dengan kecepatan internet yang baik.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Rancang bangun sistem berbasis *Internet Of Things* (IOT) untuk monitoring dan manajemen penggunaan energi listrik rumah tangga ini bisa bekerja sesuai dengan yang seharusnya dan selesai dikerjakan dengan baik seperti yang sudah dirancang oleh penulis. Berdasarkan pengujian yang dilakukan pada penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa :

1. Dalam pengujian sensor PZEM-004T untuk tegangan, sensor memiliki tingkat akurasi yang tinggi yaitu sebesar 99,66%. Sedangkan ketika sensor PZEM-004T digunakan pengujian untuk arus, memiliki tingkat akurasi sebesar 84,27%.
2. Dalam pengujian sensor PZEM-004T untuk daya, sensor memiliki tingkat akurasi yang tinggi sebesar 98,32%. Sedangkan dalam pengujian energi, sensor memiliki tingkat akurasi sebesar 93,27%.
3. Fitur peringatan ketika kondisi *under* atau *over voltage* berfungsi dengan baik, sehingga bisa memberikan peringatan secara valid kepada pelanggan.
4. Sistem *cut off* beban listrik otomatis ketika kondisi *under* atau *over voltage* berfungsi dengan baik, sehingga bisa mencegah kerusakan pada peralatan listrik pelanggan.
5. Kontrol beban listrik dengan aplikasi Blynk IoT tidak berpengaruh signifikan terhadap jauhnya jarak, sebaliknya kecepatan internet yang justru memberikan selisih waktu respon yang lebih signifikan.

4.1 Saran

1. Dalam alat terdapat sistem *backup* sumber tegangan menggunakan baterai, hanya saja dalam alat ini untuk proses *switching* dari sumber adaptor 12 volt ke baterai masih manual menggunakan saklar. Sehingga untuk kedepannya mungkin untuk *switching* otomatis bisa menggunakan *relay*.
2. Saat ini alat masih menggunakan 2 buah sumber masukan, yaitu untuk rangkaian dengan adaptor 12 volt dan untuk sumber tegangan AC (Alternating Current) yang akan dimonitoring. Sehingga untuk kedepannya mungkin bisa dibuat untuk 1 sumber masukan saja untuk rangkaian sekaligus sumber tegangan AC yang akan dimonitoring.

3. Tampilan *website* dalam *mobile* belum begitu dinamis, sehingga untuk kedepannya untuk tampilan *website* dalam *mobile* bisa dibuat dinamis.

PERSANTUNAN

Dengan penuh syukur dan rasa hormat kepada Allah SWT yang Maha Pengasih dan Penyayang, penulis ingin menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang setinggi-tingginya atas segala limpahan rahmat dan petunjuk-Nya yang telah mengiringi langkah-langkah penulis dalam menyelesaikan penelitian ini. Sebelum mengucapkan rasa terima kasih kepada semua pihak yang turut serta berperan dalam kesuksesan penelitian ini, penulis ingin memberikan apresiasi khusus kepada diri sendiri atas kesabaran, ketekunan, dan semangat pantang menyerah yang telah menjadi pendorong utama penulis dalam mengatasi segala rintangan dan tantangan selama perjalanan akademik ini. Penulis sadar bahwa menyelesaikan penelitian ini tidaklah mudah. Prosesnya penuh dengan berbagai hambatan, tantangan, dan kesulitan yang harus dihadapi. Namun, berkat dukungan, bimbingan, dan bantuan dari berbagai pihak, penelitian ini dapat terselesaikan dengan sukses. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada semua pihak yang telah memberikan kontribusi, dukungan, dan bantuan dalam perjalanan penelitian ini, termasuk :

1. Ucapan syukur kepada Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya yang memungkinkan penulis menyelesaikan penelitian dan publikasi ini dengan baik.
2. Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Ayah dan Ibu yang telah mendidik penulis dengan sabar dan penuh kasih sayang. Terima kasih atas doa dan bimbingan yang telah memungkinkan penulis menyelesaikan pendidikan Sarjana Strata 1.
3. Terima kasih kepada Bapak Heru Supriyono, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Kepala Program Studi Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Surakarta, sekaligus pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing, memberikan arahan, kritik dan saran kepada penulis. Sehingga penulis bisa menyelesaikan skripsi ini tepat waktu.
4. Komunitas Robot Research UMS, yang telah menjadi wadah penulis mengembangkan ilmu yang telah didapat di bangku perkuliahan.
5. Terima kasih kepada Rafi, Aldi, Untung, Thegar, dan Agus yang telah kebersamai penulis ketika mengerjakan penelitian ini.
6. Yang terakhir, terima kasih kepada pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih telah kebersamai penulis hingga akhir masa kuliah.

DAFTAR PUSTAKA

- Achlison, U., Santoso, J. T., Rozikin, K., & Diapoldo, F. (2023). Analisis Hasil Ukur Sensor Arus dan Tegangan untuk Memantau Daya Listrik berbasis Microcontroller. *Jurnal ILMIAH ELEKTRONIKA & KOMPUTER*, 16(1), 225–229. <http://journal.stekom.ac.id/index.PHP/pixel□page225>
- Anwar, S., Artono, T., & Teknik Elektro Politeknik Negeri Padang, J. (2019). Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T . *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 3(1).
- Hamdan Romadhon, M., Yudhistira, Y., & Mukrodin. (2021). Sistem Informasi Rental Mobil Berbasis Android Dan Website Menggunakan Framework Codeigniter 3 Studi Kasus : CV Kopja Mandiri. Dalam *Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Peradaban (JSITP)* (Vol. 2, Nomor 1). www.journal.peradaban.ac.id
- Kurniawan, B., Lomi, A., & Faisol, A. (2020). RANCANG BANGUN SISTEM SMART POWER UNTUK MENGONTROL DAN MEMONITOR ENERGI LISTRIK BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT). *Jurnal Teknik Elektro SI ITN Malang*. www.reopan.com
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2016). *PERATURAN MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA NOMOR 20 TAHUN 2016 TENTANG ATURAN JARINGAN SISTEM TENAGA LISTRIK (GRID CODE)*.
- Prayitno, B., Palupiningsih, P., Agtriadi, H. B., Tinggi, S., & Pln, T. (2019). PROTOTIPE SISTEM MONITORING PENGGUNAAN DAYA LISTRIK PERALATAN ELEKTRONIK RUMAH TANGGA BERBASIS INTERNET OF THINGS. *Jurnal PETIR*, 12(1).
- Suganda, Iriandi Ilyas, Sugianto, & Hendra Yulianto. (2022). Analisis Tegangan Drop Jaringan Tegangan Rendah Dengan Metode Pembagian Beban. *SAINTECH*, 34(4).
- Susanto, F., Komang Prasiani, N., & Darmawan, P. (2022). IMPLEMENTASI INTERNET OF THINGS DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI. Dalam *Jurnal IMAGINE* (Vol. 2, Nomor 1). Online. <https://jurnal.std-bali.ac.id/index.PHP/imagine>
- Zulfa, I., & Wanda, R. (2023). Rancangan Sistem Informasi Akademik Berbasis Website Menggunakan PHP dan MySQL. *Media Online*, 3(4), 393–399. <https://djournals.com/klik>
- PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero), "SPLN 1: 1995 Tegangan-Tegangan Standar," Jakarta, Indonesia: PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero), 1995.