

**PERANCANGAN SISTEM *MONITORING* KELISTRIKAN
BANGUNAN RESIDENSIAL BERBASIS *INTERNET OF THINGS***



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I
pada Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik**

Oleh:

INDRA GUNAWAN

D400211133

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
2023**

HALAMAN PENGESAHAN

**PERANCANGAN SISTEM MONITORING KELISTRIKAN
BANGUNAN RESIDENSIAL BERBASIS INTERNET OF THINGS**

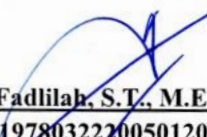
Oleh

INDRA GUNAWAN

D400211133

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Dosen Pembimbing


Umi Fadlilah, S.T., M.Eng
NIP. 197803222005012002

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Kamis, 19 Januari 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Umi Fadlilah, S.T., M.Eng
(Ketua Dewan Penguji)
2. Dr. Muhammad Kusban, S.T., M.T
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Pratomo Budi Santosa, M.T
(Anggota II Dewan Penguji)


(.....)

(.....)

(.....)



Dekan,


Edris Eroni, S.T., M. Sc., Ph. D

NIK. 892

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 19 Januari 2023

Penulis


INDRA GUNAWAN
D400211133

PERANCANGAN SISTEM *MONITORING* KELISTRIKAN BANGUNAN RESIDENSIAL BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Abstrak

Tenaga listrik merupakan salah satu produk penting yang mempengaruhi kebutuhan hidup manusia, sehingga pelayanan penyediaan tenaga listrik perlu memperhatikan kualitas dan keandalan. Saat ini penggunaan tenaga listrik tak jarang yang menggunakan listrik secara sempurna dan efisien, sehingga rakyat kurang sadar akan penghematan listrik lantaran pengendalian tidak dilakukan secara pribadi mengontrol tenaga listrik yang digunakannya. Berdasarkan pemikiran tersebut, telah dirancang suatu alat yang dapat memantau konsumsi tenaga listrik secara langsung dan menunjukkan biaya penggunaan tenaga listrik. Monitor konsumsi daya ini bekerja ketika catu daya sumber memasok tegangan ke jaringan untuk menyalakan sensor PZEM-004T, layar LCD, dan NodeMCU yang dilengkapi modul WiFi esp8266. Kemudian besaran nilai listrik yang dibaca oleh sensor PZEM-004T dikirim ke mikrokontroler, pada mikrokontroler besaran listrik diubah menjadi harga dalam rupiah dan ditampilkan di layar LCD. Seiring waktu, semakin mudah dan cepat untuk mengakses segala sesuatu melalui Internet, mulai dari informasi hingga memenuhi kebutuhan hidup. Berdasarkan data diatas, penulis mendapatkan ide untuk membuat alat yang dapat memonitor daya listrik, sistem dapat terkoneksi dengan internet. Beberapa *tools* sebelumnya mungkin telah dibuat. Namun, penulis mengembangkannya dengan menambahkan pemantauan daya menggunakan modul Wi-Fi Esp8266. Penulis juga melengkapinya dengan aplikasi *smartphone* yang memungkinkan pengguna dapat dengan mudah mengakses aplikasi kapan saja dan di mana saja selama ada koneksi internet. Alat tersebut menggunakan sejumlah komponen antara lain sensor PZEM 004t, modul WiFi NodeMCU, adaptor, dan layar LCD I2C dengan kemampuan pemantauan daya. Selain itu, aplikasi yang digunakan untuk memantau dari jarak jauh menggunakan aplikasi *blynk*.

Kata Kunci : Daya listrik, *Internet of Things*, Monitoring, Residensial

Abstract

Electric power is one of the important products that affect the needs of human life, so that electricity supply services need to pay attention to quality and reliability. Currently, the use of electric power is not uncommon to use electricity perfectly and efficiently, people are less aware of saving electricity because control is not carried out directly to control the electricity used. Based on this thought, a tool has been designed that can monitor electricity consumption directly and show the cost of using electricity. This power consumption monitor works when the source power supply supplies voltage to the network to power the PZEM-004T sensor, LCD screen, and NodeMCU equipped with the esp8266 WiFi module. Then the electrical value that is read by the PZEM-004T sensor is sent to the microcontroller, on the microcontroller the electricity is converted into a price in rupiah and displayed on the LCD screen. Over time, it has become easier and faster to access everything via the Internet, from information to making ends meet. Based on the data above, the authors got the idea to make a tool that can monitor electrical power, the system can be connected to the internet. Several previous tools may have been made, but the author develops them by adding power monitoring using the Esp8266 Wi-Fi module.

The author also completes it with a smartphone application that allows users to easily access the application anytime and anywhere as long as there is an internet connection. The tool uses a number of components including the PZEM 004t sensor, NodeMCU WiFi module, adapter, and I2C LCD screen with power monitoring capabilities. In addition, the application used to monitor remotely uses the blynk application.

Keywords: Electricity, Internet of Things, Monitoring, Residential

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan pertumbuhan penduduk, pembangunan wilayah dan pembangunan infrastruktur kebutuhan listrik di Indonesia semakin meningkat dan tidak ter pikirkan tanpanya. Saat ini penggunaan tenaga listrik tak jarang yang menggunakan listrik secara sempurna dan efisien, rakyat kurang sadar akan penghematan listrik lantaran pengendalian tidak dilakukan secara pribadi mengontrol tenaga listrik yg digunakannya.

Pertumbuhan kosumsi listrik dunia mengalami percepatan dari tahun ke tahun. Di Indonesia, penggunaan listrik oleh konsumen terus meningkat, terbukti dengan penambahan yang sangat besar pada data penggunaan konsumsi, hal ini disebabkan meningkatnya akses terhadap elektrifikasi dan pertumbuhan ekonomi. Berdasarkan data Departemen Ketenagalistrikan Kementerian ESDM RI, tercatat konsumsi listrik pada akhir tahun 2018 mencapai 1064 kWh dan pada triwulan II tahun 2019 mencapai 1077 kWh per kapita dan pada akhir tahun 2019. target awal akhir tahun 2019 sebesar 1200 kWh, konsumsi listrik per kapita tahun 2020 sebesar 1142 kWh, tahun 2021 sebesar 1208 kWh, tahun 2022 sebesar 1268 kWh, tahun Tahun 2023 dan 2024 konsumsi listrik diharapkan mencapai 1408 kWh (Arifin Tasrif, 2019).

Untuk mencapai tujuan elektrifikasi, pemerintah berupaya meningkatkan penyediaan tenaga listrik atau pembangkit tenaga listrik, untuk mencapai tujuan elektrifikasi dapat dilakukan dengan tepat. Dalam upaya tersebut, pemerintah telah menetapkan target pada tahun 2020 untuk menyelesaikan proyek 35.000 MW, yang meliputi total pembangkit listrik sebesar 8.823 MW. Berdasarkan data Dirjen Ketenagalistrikan, telah ditetapkan kapasitas produksi akan meningkat sebesar 5.066 MW pada tahun 2021, selanjutnya sebesar 4.109 MW pada tahun 2022 dan tahun 2023 sebesar 3.907 MW, 3.592 MW (2024), 1.275 MW (2025), 200 MW (2026), 505 MW (2027), 835 MW (2028) dan 300 MW (2029). Dari data tersebut terlihat bahwa konsumsi bahan bakar fosil untuk mendukung kinerja sistem produksi juga semakin meningkat, maka diperlukan penggunaan energi listrik secara efisien dan tepat (Rida Mulyana, 2020).

Setiap rumah yang dialiri listrik harus memiliki kWh meter PLN sendiri, baik kWh meter digital maupun kWh meter analog. Meteran ini berguna untuk memberikan informasi konsumsi daya pada konsumen. Catatan penggunaan meteran kWh analog konsumsi listrik ini dalam watt jam, yang

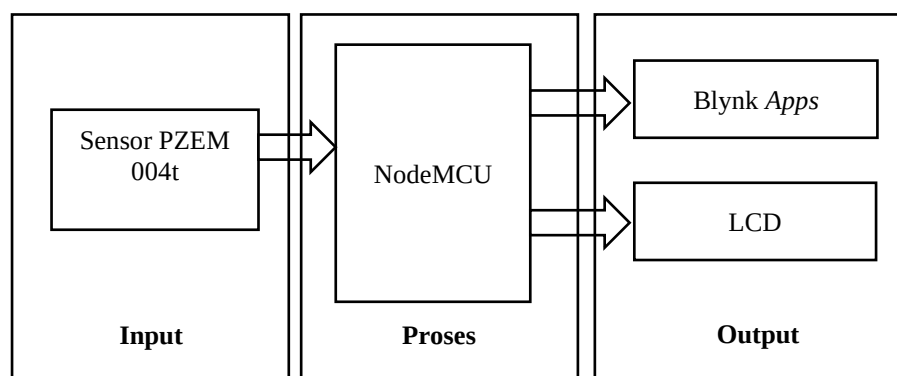
sebagian orang tidak mengerti dengan mengubahnya menjadi biaya rupiah, sehingga masyarakat tidak dapat mengontrol konsumsi listriknya secara langsung. Meskipun kWh meter digital dapat memantau konsumsi listrik, sebagian masyarakat masih enggan beralih ke kWh meter digital. Saat ini, pengecekan daya listrik terutama dilakukan dengan memasang alat ukur di sirkuit sebelum menghubungkannya ke beban. Metode ini memiliki kelemahan yaitu jika ingin mengetahui letaknya harus melihat langsung ke tempat pemasangan alat ukur tersebut dan tidak langsung mengetahui hasilnya. Untuk itu diperlukan alat tambahan untuk pemantauan secara *real-time* dan jarak jauh. Teknologi *IoT* ini membantu memantau besaran listrik yang digunakan yaitu tegangan, arus, daya, energi dan harga konsumsi listrik dalam rupiah. Oleh karena itu, untuk penelitian tugas akhir Program Studi S1 Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta dikembangkan alat pemantau biaya listrik yang dapat memberikan hasil pemantauan secara *real-time*.

2. METODE

Perancangan ini menciptakan alat monitoring kelistrikan bangunan rumah residensial berbasis *Internet of Things* dengan beberapa langkah yang mengacu pada model pengembangan ADDIE (metode ADDIE) yang dikembangkan oleh Dick and Carey (1996). Penulis telah merancang alat yang mengukur tegangan, arus, energi, dan daya secara otomatis. Hasil pengukuran disimpan ke dalam aplikasi dan dapat dilihat kapanpun untuk dapat menggunakan listrik secara hemat dan efisien.

2.1 Perancangan Sistem

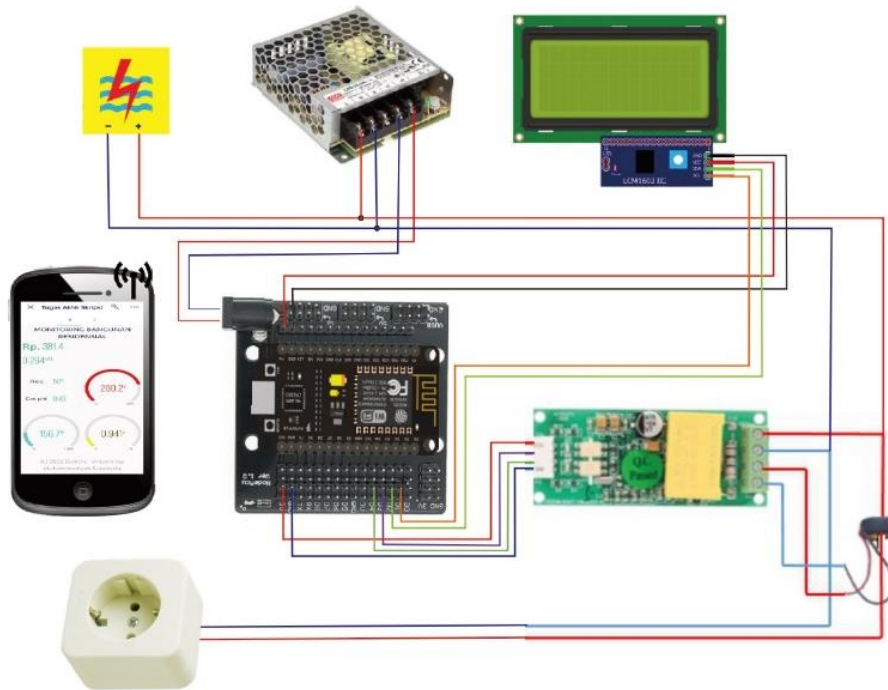
Pada perancangan Alat *Monitoring Kelistrikan Bangunan Residensial Berbasis Internet of Things* pada Gambar 1. Alat ini memakai beberapa komponen yg terdiri dari sensor PZEM 004t, modul WiFi NodeMCU, Catu Daya 12V 3A, dan LCD I2C yang mampu memantau besaran listrik dan biaya listrik yang digunakan. Selain itu, aplikasi yang digunakan untuk memonitoring pada alat ini menggunakan aplikasi *blynk*.



Gambar 1. Blok Diagram

2.2 Rangkaian Elektronika Alat

Pembuatan skematik rangkaian Gambar 2 menggunakan *software corelDraw*. Pembuatan skematik rangkaian ini digunakan untuk menentukan tata letak rangkaian elektronik yang bertujuan memudahkan dalam penyambungan setiap komponen.

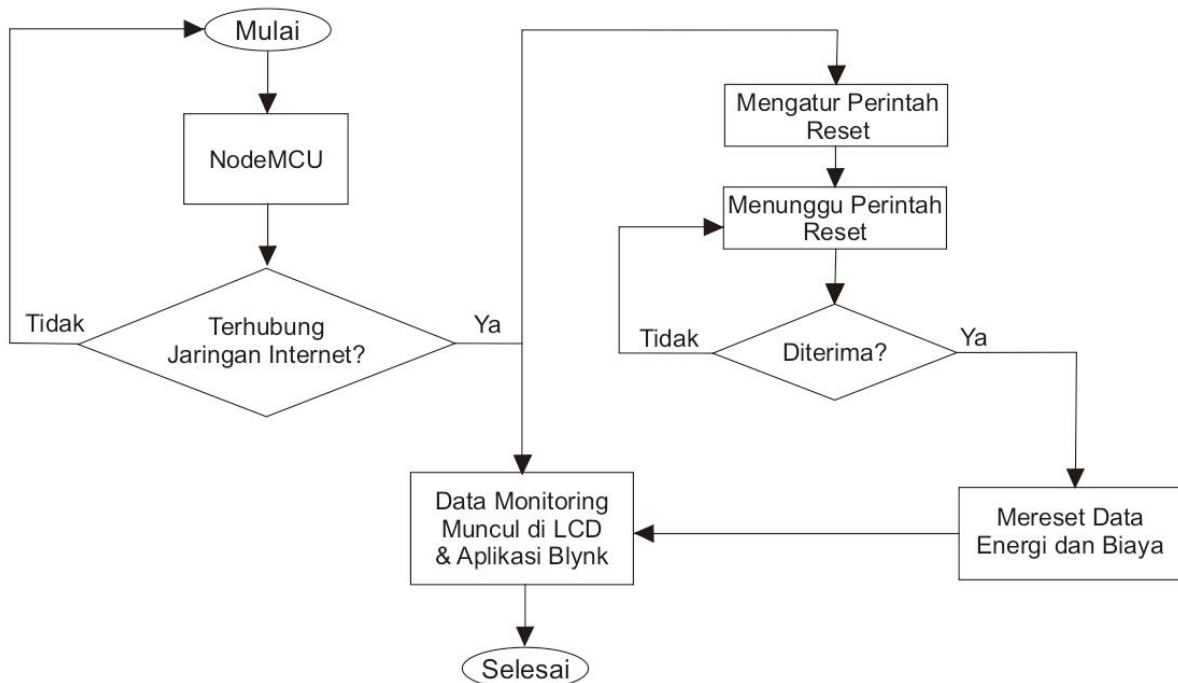


Gambar 2. Rangkaian Elektronika Alat

Perancangan alat yang terdapat pada Gambar 2 memperlihatkan bahwa komponen utama penyusun yang digunakan untuk mengoperasikan PZEM 004t dan LCD I2C yaitu modul WiFi NodeMCU, sedangkan pengoperasian untuk menampilkan hasil data sensor di LCD 20x4 yaitu menggunakan NodeMCU esp8266. NodeMCU esp8266 berfungsi juga untuk mengirimkan hasil data PZEM 004t ke aplikasi *blynk* yang nantinya menampilkan besaran listrik yang dapat dimonitor melalui *smartphone*.

2.3 Flowchart

Berikut adalah cara kerja alat yang dirancang bangun dengan diagram alur seperti yang digambarkan pada *flowchart* Gambar 3.



Gambar 3. *Flowchart* Cara Kerja

Gambar 3 merupakan *flowchart* cara kerja dari keseluruhan Perancangan Sistem *Monitoring* Kelistrikan Bangunan Residensial Berbasis *Internet of Things*. Alat menyala saat terhubung ke sumber listrik bersama dengan adaptor. NodeMCU akan memproses dan mengolah data inputan dari pembacaan sensor PZEM-004t ketika *hotspot* dari *smartphone* terkoneksi. Setelah itu layar LCD yang terdapat pada alat baru akan menampilkan data untuk dapat dilihat pengguna dari jarak dekat, dan di sisi lain aplikasi *blynk* juga akan menampilkan data pada layar *smartphone* untuk dapat dipantau dari jarak jauh. Alat melakukan monitoring terhadap beban yang terpasang.

2.4 Perhitungan biaya per kWh

Metode pengukuran biaya per kWh ini menggunakan sensor PZEM-004t dengan tambahan NodeMCU, dimana modul ini berfungsi sebagai add-on mikrokontroler untuk terhubung ke jaringan Wi-Fi dan membentuk koneksi TCP/IP yang dapat terhubung ke Internet. Penggunaan sensor PZEM-004t diperuntukan untuk mendapatkan data besaran listrik yang nantinya untuk menghitung biaya listrik seperti pada Persamaan 1, 2, dan 3.

$$\text{Daya} = V \times I \times \cos \varphi \quad (1)$$

$$\text{Energi} = (\text{Daya} \times \text{Jam}) / 1.000 \quad (2)$$

$$\text{Biaya} = (\text{Energi} \times \text{Harga per kWh}) + (3\% \times (\text{Energi} \times \text{Harga per kWh})) \quad (3)$$

Pada perhitungan Biaya (Rp.-) menggunakan rumus pada Persamaan 3 sedangkan perhitungan mengkonversi menjadi Energi (kWh) pada Persamaan 2 yang dimana harus menghitung terlebih

dahulu Daya listrik (Watt) pada Persamaan 1. Kemudian menghitung presentase akurasi perhitungan biaya dalam rupiah.

$$\frac{\text{Selisih biaya rata – rata yang terbaca pada alat dan hasil perhitungan}}{\text{Biaya rata – rata hasil perhitungan}} \times 100\% \quad (4)$$

2.5 Perhitungan dan analisis tegangan catu daya

Untuk menentukan tegangan operasi catu daya, dilakukan perhitungan dan analisis tegangan listrik. Pengujian dilakukan pada tegangan input dan output catu daya, yaitu tegangan suplai (catu daya utama) dan rangkaian keluaran catu daya. Tujuan dari pengujian yang dilakukan pada catu daya adalah untuk mengukur tegangan input dan tegangan output masing-masing pin konektor *power output*. Persamaan 5 diperuntukan untuk mengetahui presentasi akurasi tegangan yang digunakan.

$$\frac{\text{Tegangan yg terbaca pada alat ukur}}{\text{Tegangan yang seharusnya}} \times 100\% \quad (5)$$

2.6 Perhitungan selisih dan peresentase *error* besaran listrik

Perhitungan selisih dan peresentase *error* besaran listrik dapat dilihat dari hasil baca sensor PZEM-004t yang nantinya dibandingkan dengan hasil baca alat ukur atau dengan perhitungan manual.

- *Error (%)* =

$$\frac{\text{Selisih pembacaan alat ukur dengan alat yang dibuat}}{\text{Nilai pada alat ukur}} \times 100\% \quad (6)$$

- Rata-Rata *Error (%)* =

$$\frac{\text{Jumlah nilai persentase } error \text{ data ke-1 sampai ke-5}}{\text{Banyaknya data}} \times 100\% \quad (7)$$

2.7 Desain *Software Aplikasi*

Pembuatan data hasil alat monitoring kelistrikan rumah residensial ini menggunakan 2 *software* yang pertama untuk memogram kerja alat dan yang kedua untuk menampilkan indikator dan grafik sesuai dengan yang ingin dimonitor dari jarak jauh.

1. Aplikasi Arduino IDE

Aplikasi yang digunakan untuk memprogram tugas akhir ini adalah Arduino IDE. Aplikasi ini merupakan penghubung antara pemikiran manusia dan NodeMCU. Bahasa yang dipakai sederhana dan gampang dipahami, serta dalam program ini terdapat *library* yang memudahkan pengenalan program. Gambar 4 adalah tampilan program yang dibuat dengan Arduino IDE.

```

BismillahProgramFix2
#define BLYNK_PRINT Serial
#include <LiquidCrystal_I2C.h> //Library LCD
#include <PZEM004Tv30.h> //LIBRARY SENSOR/
#include <ESP8266WiFi.h> //Library ESP8266
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPLf18Nkizb"
#define BLYNK_DEVICE_NAME "Quickstart Template"
#define BLYNK_AUTH_TOKEN "qxjgt6Dviz5_nF7L4IxlcKh6bhgtsMOK"

#include <BlynkSimpleEsp8266.h> //Library Blynk
/* Comment this out to disable prints and save space */

// You should get Auth Token in the Blynk App.
// Go to the Project Settings (nut icon).
// Auth Token dari email

// Your WiFi credentials.
// Set password to "" for open networks.
char ssid[] = "vivo l8l9";
char pass[] = "8karakter";
float kwh_pln, kwh_inv, max_irms, harga, harga_kwh, v_bat = 0, min_bat = 0, max_bat = 0;
float energy;
bool FirstTime = 1;
/* Use software serial for the PZEM
 * Pin 13 Rx (Connects to the Tx pin on the PZEM)
 * Pin 15 Tx (Connects to the Rx pin on the PZEM)
 */

PZEM004Tv30 pzem(D3,D4);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 20, 4); //Deklarasi LCD
//0x27 -> alamat i2c
//20 -> panjang lcd (kolom)
//4 -> lebar lcd (baris)

```

Gambar 4. Tampilan *Software* Arduino IDE

2. Aplikasi *Blynk IoT*

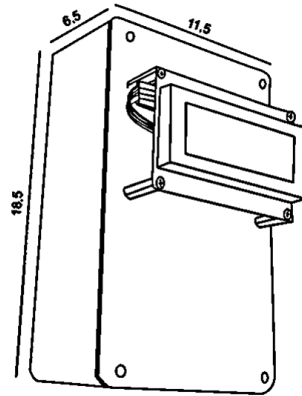
Pada penerapan aplikasi menggunakan *blynk* sebagai penunjang kinerja alat ini yang melibatkan tampilan data angka dan kondisi alat yang ditampilkan pada aplikasi yang telah dibuat. Gambar 5 adalah tangkapan layar dari dasbor aplikasi *blynk* pemantauan energi.



Gambar 5. Tampilan *Software Blynk*

2.8 Desain Hardware

Pada alat monitoring kelistrikan bangunan residensial ini digunakan desain *box* berbentuk balok. Setelah mengetahui dimensi dan karakteristik komponen yang akan digunakan, maka dilakukan pembuatan desain *cover* alat. Rancangan *box* ini menggunakan tipe X6 yang dibuat sebagai tempat untuk komponen yang digunakan. Dimana ukuran dan bentuknya direncanakan sesuai dengan ukuran komponen. Rancangan ini dibuat menggunakan *CorelDRAW X8* seperti pada Gambar 6.

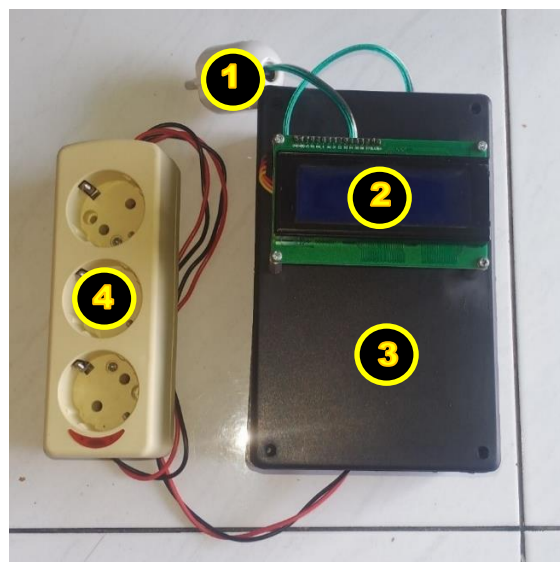


Gambar 6. Rancangan *Box*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

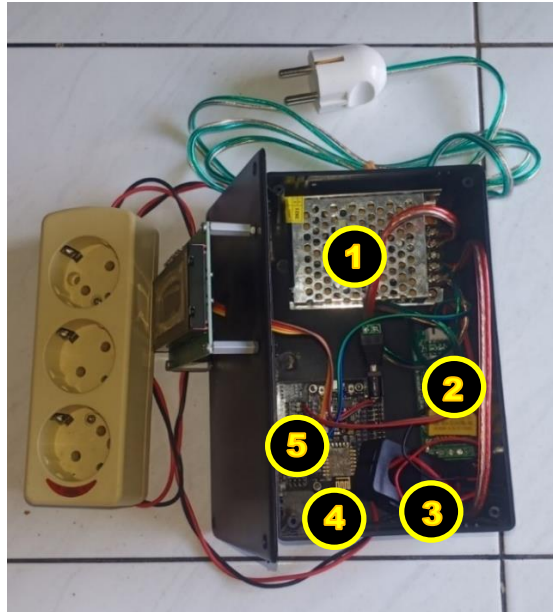
3.1 Hasil Realita Alat

Pada implementasi perangkat keras ini merupakan hasil pengembangan dari desain fisik alat dan desain elektronik pada tahap sebelumnya. Hal yang perlu diperhatikan pada penerapan ini yaitu penerapan *frame* alat dan fungsi elektronik.



Gambar 7. Alat Tampak Luar

Untuk menghindari kesalahan dalam pengoperasian alat seperti pada Gambar 7, komponen diuji terlebih dahulu tanpa menggunakan bodi rangka, setelah itu dipasang rangkaian elektronik dan diuji pada bodi rangka sesuai fungsinya. Berikut ini adalah bagian-bagian dari bentuk fisik alat : (1) Kabel *Incoming*; (2) LCD I2C; (3) Box Komponen; (4) Stop Kontak.



Gambar 8. Alat Tampak Dalam

Beberapa komponen rangkaian elektronik dalam *box* yaitu : (1) Adaptor 12V 3A; (2) PZEM 004T; (3) Sensor CT; (4) NodeMCU; (5) ESP8266 *Shield*.

3.2 Pengujian Alat

3.2.1 Pengukuran dan analisis tegangan *power suplai*

Tes catu daya dilakukan untuk menentukan tegangan operasi catu daya, dilakukan perhitungan dan analisis tegangan listrik. Pengujian dilakukan pada tegangan input dan output catu daya, yaitu tegangan suplai (catu daya utama) dan rangkaian keluaran catu daya. Tujuan dari pengujian yang dilakukan pada catu daya adalah untuk mengukur tegangan input dan tegangan output masing-masing pin konektor *power output*. Pada pengujian ini dilakukan tanpa beban, hasil dapat ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Tes Tegangan Rangkaian *Power Suplai*

Objek yang Diukur	Hasil Ukur 1 (V)	Hasil Ukur 2 (V)	Hasil Ukur 3 (V)	Hasil Ukur 4 (V)	Hasil Ukur 5 (V)	Rata-Rata (V)	Persentase (%)
Sumber Teg. AC	224,2	222,1	221,7	221,2	221,5	222,1	99,05
Output 12V DC	12,33	12,04	11,92	11,74	11,83	11,97	99,75

Hasil dari pengujian ditunjukkan pada Tabel 1 memakai multimeter clamp, tegangan inputan AC yang terukur antara 221,2-224,4 Volt, sedangkan pada tegangan output DC menghasilkan tegangan yang stabil sebesar 11,97 V DC atau sekitar 99,75%. Perbedaan voltase yang ditampilkan pada tampilan voltase meter disebabkan oleh teknik penyambungan yang tidak sempurna. Namun, sumber listrik ini dapat digunakan untuk mentenagai komponen yang dibutuhkan oleh sistem yaitu 7 sampai 12 volt.

3.2.2 Pengukuran dan analisis sensor PZEM-004T

Saat mengukur sensor PZEM-004T, nilai voltase yang dibutuhkan adalah 3 sampai 5 V DC. Hasil uji voltase inputan ke sensor PZEM-004T ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Tes Tegangan Input Sensor PZEM-004T

Objek yang Diukur	Hasil Ukur 1 (V)	Hasil Ukur 2 (V)	Hasil Ukur 3 (V)	Hasil Ukur 4 (V)	Hasil Ukur 5 (V)	Rata-Rata (V)	Persentase (%)
Input 5V DC	3,31	4,97	4,83	4,91	3,97	4,39	87,9

Analisis hasil pengukuran sensor PZEM-004T menunjukkan pembacaan voltase rata-rata sebesar 4,39 VDC atau sekitar 87,9%. Penurunan tegangan sebesar 0,61 VDC dikarenakan teknik penyambungan kabel yang kurang sempurna, sehingga terjadi penurunan voltase yang terukur. Namun, voltase ini masih dapat mengoperasikan modul sensor PZEM-004T sesuai kebutuhan sistem yaitu antara 3 dan 5 volt.

3.2.3 Pengukuran dan analisis kinerja alat

Pengukuran besaran listrik dan pengujian kinerja alat monitoring kelistrikan bangunan residensial berbasis *Internet of Things (IoT)* menggunakan multimeter selama 10 menit dan menjalankan 5 pengambilan data.

3.2.3.1 Pengujian memakai lampu 13 Watt LED

Hasil pengujian dengan menggunakan lampu daya 13 Watt LED ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Tes Menggunakan Lampu 13 Watt LED

Pengujian ke-	Vak (V)	Va (V)	Persentase V (%)	Iak (A)	Ia (A)	Persentase I (%)	Pfa (Lag)	Pfak (Lag)	Persentase Pf (%)	Pa (W)	Pak (W)	Persentase P (%)
1	221,3	221,6	0,14	0,07	0,069	1,429	0,84	0,839	0,10	12,84	13,0	0,92
2	221,2	221,4	0,09	0,07	0,068	2,857	0,84	0,840	0,05	12,65	13,0	2,72
3	220,5	220,8	0,14	0,06	0,059	1,667	0,98	0,983	0,27	12,77	13,0	1,79
4	221,1	221,5	0,18	0,07	0,069	1,429	0,85	0,840	1,20	12,99	13,0	0,07
5	220,9	220,7	0,09	0,06	0,061	1,667	0,96	0,981	2,12	12,92	13,0	0,58
Rata-rata			0,13	Rata rata		1,810	Rata rata		0,75	Rata rata		1,22

Keterangan :

V_{ak} = nilai voltase yang terbaca pada alat ukur (Volt)

V_a = nilai voltase yang terbaca pada alat yang dibuat (Volt)

I_{ak} = nilai ampere yang terbaca pada alat ukur (Ampere)

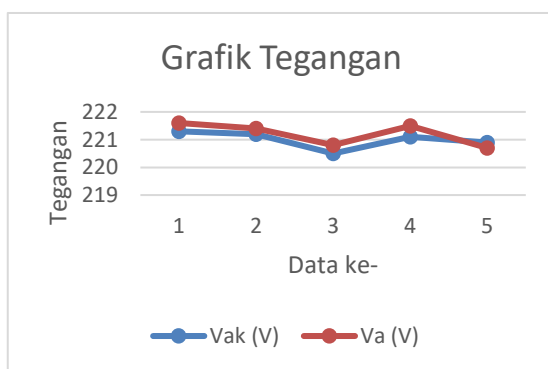
I_a = nilai ampere yang terbaca pada alat yang dibuat (Ampere)

P_{fa} = nilai *power factor* yang terbaca pada alat yang dibuat (Lag)

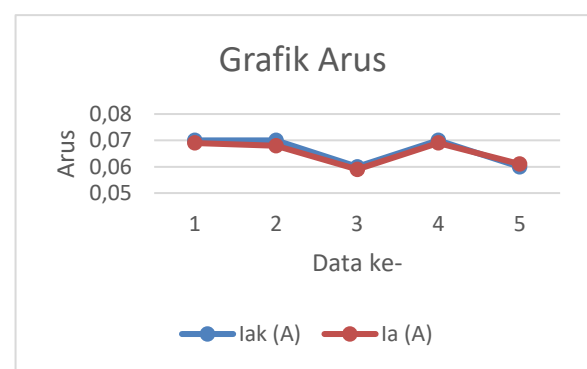
P_{fak} = nilai *power factor* melalui perhitungan (Lag)

P_a = nilai daya yang terbaca pada alat yang dibuat (Watt)

P_{ak} = nilai daya melalui perhitungan (Watt)



Gambar 9. Grafik Tegangan



Gambar 10. Grafik Arus

Dari Grafik 9 dan 10, dapat diketahui bahwa tegangan dan arus rata-rata antara alat ukur dengan alat yang dibuat tidak terlalu jauh perbedaannya. Untuk lebih jelasnya akan dibuktikan menggunakan perhitungan seperti pada Persamaan 1-7.

- Tegangan

$$\begin{aligned} \text{Error pengujian ke-1 (\%)} &= \frac{221,6 - 221,3}{221,3} \times 100\% \\ &= 0,14\% \end{aligned}$$

Dan seterusnya, perhitungan persentase *error* pengujian ke-2 sampai ke-5 dapat dihitung menggunakan rumus persamaan yang sama. Selanjutnya, untuk menghitung rata-rata persentase *error* melalui rumus berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata error (\%)} &= \frac{(0,14+0,09+0,14+0,18+0,09)}{5} \times 100\% \\ &= 0,13\% \end{aligned}$$

- Arus

$$\begin{aligned} \text{Error pengujian ke-1 (\%)} &= \frac{0,07 - 0,069}{0,07} \times 100\% \\ &= 1,42\% \end{aligned}$$

Dan seterusnya, perhitungan persentase *error* pengujian ke-2 sampai ke-5 dapat dihitung menggunakan rumus persamaan yang sama. Selanjutnya, untuk menghitung rata-rata persentase *error* melalui rumus berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata error (\%)} &= \frac{(1,42+2,85+1,66+1,42+1,66)}{5} \times 100\% \\ &= 1,81\% \end{aligned}$$

- *Power Factor*

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan manual Pfak (Cos phi)} &= \frac{\text{Daya Lampu (W)}}{\text{Vak (V) x Iak (A)}} \\ &= \frac{13}{221,3 \times 0,07} \\ &= 0,839 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Error pengujian ke-1 (\%)} &= \frac{0,84 - 0,839}{0,839} \times 100\% \\ &= 0,10\% \end{aligned}$$

Dan seterusnya, perhitungan persentase *error* pengujian ke-2 sampai ke-5 dapat dihitung menggunakan rumus persamaan yang sama. Selanjutnya, untuk menghitung rata-rata persentase *error* melalui rumus berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata error (\%)} &= \frac{(0,10+0,05+0,27+1,20+2,12)}{5} \times 100\% \\ &= 0,75\% \end{aligned}$$

- Daya

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan manual Pak (Whatt)} &= \text{Vak} \times \text{Iak} \times \text{Pfaf} \\ &= 221,3 \times 0,07 \times 0,839 \\ &= 13,0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Error pengujian ke-1 (\%)} &= \frac{13,0 - 12,84}{13,0} \times 100\% \\ &= 0,92\% \end{aligned}$$

Dan seterusnya, perhitungan persentase *error* pengujian ke-2 sampai ke-5 dapat dihitung menggunakan rumus persamaan yang sama. Selanjutnya, untuk menghitung rata-rata persentase *error* melalui rumus berikut.

$$\text{Rata-rata error (\%)} = \frac{(0,92+2,72+1,79+0,07+0,58)}{5} \times 100\%$$

$$= 1,22\%$$

Dari perhitungan di atas terlihat bahwa nilai *error* pembacaan hasil yang tertampil oleh alat adalah 0,13% untuk tegangan; 1,8% untuk arus; 0,75% untuk *power factor*; dan 1,22% untuk daya listrik. Berdasarkan referensi Standar IEC No. 13B-23, nilai kesalahannya masih dalam batas wajar yaitu kurang dari 5%.

3.2.3.2 Pengujian menggunakan beban peralatan kos

Hasil pengujian menggunakan beban peralatan kos dapat dilihat pada Tabel 4, beban peralatan kos di sini diantaranya yaitu kipas angin, dispenser, dan magicom.

Tabel 4. Hasil Tes Menggunakan Peralatan Kos

Pengujian ke-	Pa (W)	Ea (kWh)	Eak (kWh)	Persentase E (%)	Rpa (Rp)	Rpak (Rp)	Persentase Rp (%)
1	118,4	0,020	0,019	1,35	29,76082	29,364	1,35
2	118,2	0,019	0,020	3,55	28,272779	29,314	3,55
3	117,9	0,019	0,020	3,31	28,272779	29,240	3,31
4	116,7	0,019	0,019	2,31	28,272779	28,942	2,31
5	117,8	0,019	0,020	3,23	28,272779	29,215	3,23
Rata-rata				2,75	Rata-rata		2,75

Keterangan:

- Pa = nilai daya yang terbaca pada alat yang dibuat (Watt)
- Ea = nilai energi yang terbaca pada alat yang dibuat (kWh)
- Eak = nilai energi melalui perhitungan (kWh)
- Rpa = harga yang terbaca pada alat yang dibuat (Rupiah)
- Rpak = harga melalui perhitungan (Rupiah)

Dari Tabel 4, dapat diketahui nilai daya, energi, dan biaya dari alat yang dibuat. Dari data tersebut dapat menghasilkan perhitungan seperti pada Persamaan 1-7.

- Energi

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan manual Eak (kWh)} &= (\text{Pa1} \times \text{Jam}) / 1000 \\ &= (118,4 \times 10/60) / 1000 \\ &= 0,0197 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Error pengujian ke-1 (\%)} &= \frac{0,020 - 0,0197}{0,0197} \times 100\% \\ &= 1,35\% \end{aligned}$$

Dan seterusnya, perhitungan persentase *error* pengujian ke-2 sampai ke-5 dapat dihitung menggunakan rumus persamaan yang sama. Selanjutnya, untuk menghitung rata-rata persentase *error* melalui rumus berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata error (\%)} &= \frac{(1,35+3,55+3,31+2,31+3,23)}{5} \times 100\% \\ &= 2,75\% \end{aligned}$$

- Biaya

$$\begin{aligned} \text{Perhitungan manual Rpak (Rupiah)} &= (\text{Eak1} \times \text{Harga per kWh}) + (3\% \times \text{Eak1} \\ &\quad \times \text{Harga per kWh}) \\ &= 0,0197 \times 1444,70 + (3/100 \times 0,0197 \times 1444,70) \\ &= 29.364 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Error pengujian ke-1 (\%)} &= \frac{29,76 - 29,36}{29,36} \times 100\% \\ &= 1,35\% \end{aligned}$$

Dan seterusnya, perhitungan persentase *error* pengujian ke-2 sampai ke-5 dapat dihitung menggunakan rumus persamaan yang sama. Selanjutnya, untuk menghitung rata-rata persentase *error* melalui rumus berikut.

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata error (\%)} &= \frac{(1,35+3,55+3,31+2,31+3,23)}{5} \times 100\% \\ &= 2,75\% \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas terlihat bahwa nilai *error* pembacaan hasil yang tertampil oleh alat adalah 2,75% untuk energi dan 2,75% untuk biaya listrik. Berdasarkan referensi Standar IEC No. 13B-23, nilai kesalahannya masih dalam batas wajar yaitu kurang dari 5%.

3.3 Pengujian Hasil Tampil

Proses hasil data besaran listrik bangunan residensial berbasis *Internet of Things* yang ditampilkan dengan 2 hasil tampilan yaitu:

1. Aplikasi *Blynk*

Gambar 11 (a) merupakan hasil *monitoring* kelistrikan yang menggunakan aplikasi *blynk*. Pengukuran parameter besaran listrik yang diolah dari sensos PZEM-004t melalui *coding*

pemograman arduino kemudian diserialkan ke NodeMCU yang terhubung oleh jaringan *hospot* kemudian terlihat pada layar Android untuk dapat dimonitor dari jarak jauh.

2. LCD 20x4

Gambar 11 (b) merupakan tampilan hasil sensor yang terdiri atas nilai hasil pembacaan dari *coding* pemograman arduino yang ditampilkan pada LCD 20x4. Tampilan pada Gambar 9 ini digunakan untuk melihat secara *real-time* langsung pada alat.



Gambar 11. Tampilan pada (a) *Blynk* dan (b) LCD 20x4

Penggunaan LCD ukuran 20x4 dan diperuntukan supaya dapat menampung banyak data yang tertampil pada layar diantaranya yaitu volt, arus, daya, energi, frekuensi, *power factor*, dan biaya listrik. Sedangkan penggunaan aplikasi *Blynk* diperuntukan supaya dapat dipantau dari jarak jauh.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian tugas akhir “Perancangan Sistem *Monitoring* Kelistrikan Bangunan Residensial Berbasis *Internet of Things*” dapat diselesaikan sesuai dengan rencana penulis, sehingga dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Alat monitoring ini mempunyai fitur utama yaitu mampu melakukan pengukuran besaran listrik berupa arus, tegangan, frekuensi, daya, cos phi, energi kWh, dan biaya pengeluaran listrik yang dilengkapi fitur *Internet of Things* yang hasil pengukuran dapat dipantau melalui aplikasi blynk di *smartphone* secara *real-time* yang terdiri atas rangkaian NodeMCU, ESP8266 *Shield*, LCD yang disertai I2C, sensor PZEM-004t sebagai sensor besaran listrik, dan *Box Project* sebagai wadah komponen pelindung untuk sensor.
2. Hasil pengujian fungsional meliputi pengujian komponen apakah secara keseluruhan berfungsi baik dengan menguji fungsi dari NodeMCU, LCD I2C, dan sensor PZEM 004t dengan hasil pengujian menunjukkan fungsional dari komponen tersebut berfungsi dengan baik. Pada pengujian unjuk kerja menggunakan 6 data yang diambil mendapatkan hasil *error* pengujian pembacaan sebesar 0,13% untuk tegangan; 1,81% untuk arus; 0,75% untuk *power factor*; 1,22% untuk daya; 2,75% untuk energi; dan 2,75% untuk biaya listrik. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa proses pengukuran alat dapat berfungsi dengan baik dan memenuhi standar karena setiap besaran listrik memenuhi standar IEC no. 13B-23.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil tugas akhir, perancangan alat masih banyak kekurangan karena keterbatasan dana dan waktu, serta keterampilan penulis. Oleh karena itu, diharapkan mahasiswa dan peneliti dapat mengembangkan alat ini agar lebih sempurna. Dari pembahasan hasil pengujian dan keterbatasan alat, maka penulis memberikan saran berupa penambahan sensor pengukuran daya 2 buah sehingga alat dapat memungkinkan digunakan untuk mengukur beban 3 fasa sekaligus serta penambahan mikrokontroler, serta perlu dibuatkannya *localserver* tersendiri agar data bisa ditampilkan dan diakses dari *smartphone* maupun *website*. Selain itu, desain tampilan aplikasi masih terlalu sederhana, maka perlu dikembangkan agar nyaman jika diakses oleh orang banyak.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan Alhamdulillah dan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendorong dan membantu dalam penyelesaian karya ini sebagai berikut :

1. Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan inayah-Nya.
2. Orang Tua yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan dalam pengerjaan tugas akhir ini.
3. Ibu Umi Fadlilah, S.T., M.Eng, sebagai pembimbing Tugas Akhir ini yang selalu memberikan pengarahan dan motivasi kepada penulis.

4. Bapak dan Ibu dosen Teknik Elektro UMS yang telah memberikan ilmunya yang sangat bermanfaat
5. Teman Mahasiswa Transfer Teknik Elektro 2021 yang selalu memberikan semangat dan dukungan

DAFTAR PUSTAKA

- 14026, I. S. O. (2014). International Standard. 61010-1 © Iec:2001, 2014, 13.
- Aggista, J. L. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Daya Menggunakan Sensor PZEM-004T Berbasis *Internet of Things*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Andari, R. (2021). *Sistem Monitoring Penggunaan Beban Pada Proses Pengosongan Baterai 100WP Menggunakan Sensor PZEM-004T*. Jurnal Amplifier : Jurnal Ilmiah Bidang Teknik Elektro Dan Komputer, 11(1), 29–36.
- Habibi, Nur, F., Setiawidayat, S., & Mukhsim, M. (2017). *Alat Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Android Menggunakan Modul PZEM-004T*. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan 2017, 01(01), 157–162.
- Junaidi, & Prabowo, Y. D. (2018). *Project sistem kendali elektronik Berbasis Arduino*. Bandar Lampung: Anugrah Utama Raharja
- Madjid, A. R., & Suprianto, B. (2019). *PROTOTYPE MONITORING ARUS , DAN SUHU PADA TRANSFORMATOR DISTRIBUSI BERBASIS INTERNET OF THINGS (IoT)*. Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya, 111–119.
- Nusa, T., Sompie, S. R. U. A., & Rumbayan, E. M. (2015). *Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler*. E-Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer, 4(5), 19–26.
- Parhan, N. (2013). *Teknik Listrik*. Jakarta : Direktorat Jenderal Peningkatan Mutu Pendidik & Tenaga Kependidikan.
- Santos, L., Bautista, J. C., Estanque, M. W., Paloa, C. J., & Villaran, A. B. (2021). Development of an IoT-based water and power monitoring system for residential building. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 22(2), 744.
- Sri Waluyati. (2008). Alat Ukur dan Teknik Pengukuran. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).