

PROTOTYPE SISTEM *MONITORING* KONSUMSI ENERGI LISTRIK SERTA ESTIMASI BIAYA PADA PERALATAN RUMAH TANGGA BERBASIS *INTERNET OF THINGS*

Mohamad Nursamsi Adiwiranto¹, Catur Budi Waluyo², Bambang Sudibya³

^{1,2,3} Institut Teknologi Dirgantara Adisutjipto

¹ adiwirantosamsi@gmail.com*, ² catur.waluyo@gmail.com

* corresponding author

ABSTRACT

Electricity has become a basic necessity for everyone. Household appliances using electricity have become a basic human need today. Monitoring equipment is needed to know how much power, energy, used and the estimated cost to be paid. The tool designed for this monitoring system uses a PZEM-004T sensor, the platform Ubidots and NodeMCU. The PZEM-004T sensor functions to measure the voltage, current, power, power factor, and energy contained in electrical loads. And NodeMCU is needed as a microcontroller. The results can be displayed on the platform Ubidots and the 16x2 LCD used. The test results obtained through measurements using the PZEM-004T sensor for designing a prototype energy monitoring system have a voltage accuracy value of 98.94%, 99.18% current, 98.87% power, 98.44% power factor, and 97 electrical energy consumption. , 89%. In household electrical appliances (led lights, televisions, fans, ricecookers, and laptop chargers) the results of electrical energy consumption in a month are 43.56 kWh and the estimated cost is Rp 114.781.52.

ABSTRAK

Listrik sudah menjadi kebutuhan dasar setiap orang. Peralatan rumah tangga dengan menggunakan listrik telah menjadi kebutuhan dasar manusia saat ini. Dibutuhkan alat monitoring agar diketahui berapa besar daya, energi, yang digunakan dan estimasi biaya yang harus dibayarkan. Alat yang dirancang untuk sistem monitoring ini menggunakan sensor PZEM-004T, platform Ubidots serta NodeMCU. Sensor PZEM-004T berfungsi untuk mengukur tegangan, arus, daya, faktor daya dan energi yang terdapat pada beban listrik. Serta dibutuhkan NodeMCU sebagai mikrokontroler. Hasilnya dapat ditampilkan pada platform Ubidots dan LCD 16x2 yang digunakan. Dari hasil pengujian yang didapat melalui pengukuran menggunakan sensor PZEM-004T untuk perancangan prototipe sistem monitoring energi memiliki nilai akurasi tegangan sebesar 98.94%, Arus 99.18%, daya 98.87%, faktor daya 98.44%, serta konsumsi energi listrik 97.89%. Selain daripada itu peralatan listrik rumah tangga (lampu led, televisi, kipas, ricecooker, dan charger laptop) didapatkan hasil konsumsi energi listrik dalam waktu sebulan sebesar 43.56 kWh dan estimasi biaya sebesar Rp 114.781.52.

Article Info

Article history

Received: Oct. 18th, 2021

Revised: May 10th, 2022

Accepted: May 30th, 2022

Keywords

Ubidots,
NodeMCU,
PZEM-004T Sensor,
Internet Of Things.

PENDAHULUAN

Dimasa pandemi covid-19 seperti sekarang ini masyarakat mengeluhkan tagihan

listrik yang membengkak saat Work from Home. Asumsi ini muncul karena masyarakat mengklaim konsumsi listrik yang mereka lakukan saat WFH samadengan hari-hari biasa.

Hal ini disampaikan terkait lonjakan tagihan listrik yang sangat signifikan dibandingkan tagihan-tagihan sebelumnya. Energi listrik dibutuhkan untuk menunjang segala kehidupan manusia pada saat sekarang ini. Mulai dari pekerjaan di rumah tangga, perjalanan dan didalam pekerjaan. Tetapi, jika dalam penggunaan terdapat pemborosan atau penggunaan yang diluar kebiasaan menyebabkan pembayaran rekening listrik melambung tinggi. penulis selalu dapat berkonsultasi dengan Dewan Redaksi mengenai pemuatan artikel jurnal.

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian sebelumnya oleh Nusa, (2015) berjudul: “Sistem *Monitoring* Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler”. Pada penelitian tersebut alat yang dirancang untuk memonitor konsumsi energi listrik ini memanfaatkan transformator *step-down* untuk mengukur tegangan sumber dari PLN, sementara untuk mengukur arus beban memanfaatkan sensor arus ACS712 dan mikrokontroler ATmega 328 buatan ATMEL, difungsikan untuk mengolah semua data dari parameter – parameter yang dibutuhkan untuk mendapatkan nilai konsumsi energi listrik, serta menampilkannya pada LCD karakter 20x4 untuk memberikan informasi kepada pengguna listrik.

Selanjutnya dari penelitian oleh Habibi, Setiawidayat, & Mukhsim, (2017) berjudul: “Alat Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Android Menggunakan Modul PZEM-004T. Pada penelitian tersebut alat monitoring dikoneksikan pada Smartphone Android yang digunakan sebagai media interface user yang menampilkan konsumsi energi listrik. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa hasil perancangan alat monitoring energi listrik memiliki angka simpangan (error) sebesar 1.07%, arus 3.45%, daya nyata 3.93%, dan energi yang dikonsumsi 18.7%.

Kemudian dari penelitian oleh (Handarly, 2018) berjudul: “Sistem Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (*Internet of Things*)”. Pada penelitian ini aplikasi *Wireless Energy*

Monitoring yang telah dirancang, Arduino sebagai client berhasil mengirimkan hasil pengukuran setiap saat ke Database Server. Pada pengujian dengan total beban nominal 120 watt menunjukkan bahwa nilai V_{rms} yang tampil di LCD *Wireless Energy Monitoring* sebesar 218 volt, nilai V_{rms} hasil pengukuran Clamp Meter sebesar 216 volt.

Penelitian ini merupakan pengembangan dari penelitian Habibi, (2017) dan Nusa, (2015) dengan optimalisasi dan efisiensi monitoring konsumsi energi untuk mempermudah konsumen energi listrik untuk mengontrol penggunaan daya dan energi pada peralatan listrik rumah tangga sehingga mampu manajemen penggunaan listrik dengan baik, serta dapat memperkirakan estimasi biaya pemakaian. Penelitian ini menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler berfungsi untuk menerima data dari sensor PZEM-004T dan mengirimkan data ke dalam database Ubidots sebagai platform IoT dan menampilkannya pada web browser.

Listrik Pascabayar yaitu pelanggan menggunakan energi listrik dulu dan membayar belakangan, pada bulan berikutnya. Setiap bulan PLN harus mencatat meter, menghitung dan menerbitkan rekening yang harus dibayar Pelanggan, melakukan penagihan kepada pelanggan yang terlambat atau tidak membayar, dan memutus aliran listrik jika pelanggan terlambat atau tidak membayar rekening listrik setelah waktu tertentu.

Daya Listrik atau dalam bahasa Inggris disebut dengan *Electrical Power* adalah ukuran energi per satuan waktu. Oleh karena itu, tenaga memberikan tingkat konsumsi atau produksi energi. Satuan daya umumnya adalah watt (W). Misalnya, peringkat watt suatu alat menunjukkan laju penggunaan energi. Jumlah total energi yang dikonsumsi oleh alat ini adalah watt dikalikan dengan lamanya waktu digunakan; energi ini dapat dinyatakan dalam satuan watt per jam (atau, lebih umum, kilowatt per jam) (Meier, (2006)).

Daya aktif atau daya nyata adalah daya sebenarnya yang dibutuhkan oleh beban. Daya

aktif menunjukkan adanya aliran energi listrik dari pembangkit listrik ke jaringan beban untuk dapat dikonversikan menjadi energi lain. Satuan daya aktif adalah Watt (Meier, (2006)). Daya aktif dapat dihitung dengan persamaan:

$$P = V.I \cos \phi \quad \text{Persamaan 1}$$

Daya reaktif adalah daya yang dibutuhkan untuk membangkitkan medan magnet di kumparan kumparan beban induktif. Seperti pada motor listrik induksi misalnya, medan magnet yang dibangkitkan oleh daya reaktif. Satuan dari daya reaktif adalah *Volt Ampere Reactive* (VAR) (Meier, (2006)). Daya aktif dapat dihitung dengan persamaan:

$$Q = V.I \sin \phi \quad \text{Persamaan 2}$$

Daya semu atau daya total (S), ataupun juga dikenal dalam Bahasa Inggris *Apparent Power*, adalah hasil perkalian antara tegangan efektif (*root-mean-square*) dengan arus efektif (*root-mean-square*). Satuan dari daya semu adalah *Volt Ampere* (VA) (Meier, (2006)). Daya semu dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$S = V.I. \quad \text{Persamaan 3}$$

Faktor daya atau *power factor* adalah perbandingan antara daya aktif (watt) dengan daya semu (VA), atau cosinus sudut antara daya aktif dan daya semu. Daya reaktif yang tinggi akan meningkatkan sudut ini dan sebagai hasilnya faktor daya akan menjadi lebih rendah. Faktor daya selalu lebih kecil atau sama dengan satu. Semakin rendah faktor daya maka semakin sedikit daya yang kita manfaatkan dari daya semu yang tersedia (Meier, (2006)). Faktor daya dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Faktor daya} = \frac{P (W)}{S (VA)} \quad \text{Persamaan 4}$$

Internet of Things (IoT) adalah sebuah gagasan dimana semua benda di dunia nyata

dapat berkomunikasi satu dengan yang lain sebagai bagian dari satu kesatuan sistem terpadu menggunakan jaringan internet sebagai penghubung. Dengan kata lain IoT merupakan sebuah konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk pengiriman data atau informasi melalui jaringan tanpa memerlukan campur tangan manusia. IoT sangat erat hubungannya dengan komunikasi mesin dengan mesin (M2M) tanpa campur tangan manusia ataupun komputer yang lebih dikenal dengan istilah cerdas (*smart*) (Shull, (1977)).

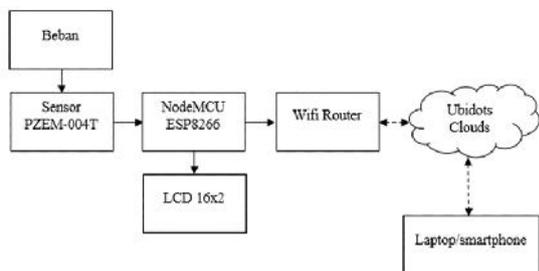
NodeMCU pada dasarnya adalah pengembangan dari ESP8266 dengan firmware berbasis e-Lua. Pada NodeMCU dilengkapi dengan micro usb port yang berfungsi untuk memprogram maupun *power supply*. Selain itu juga pada NodeMCU dilengkapi dengan tombol *push button* yaitu tombol *reset* dan *flash*. NodeMCU menggunakan bahasa program Lua yang merupakan paket dari ESP 8266. Bahasa Lua memiliki logika dan susunan program yang sama dengan c hanya berbeda syntax. Jika menggunakan bahasa Lua maka dapat menggunakan tool Lua loader maupun Lua uploader.

Sensor PZEM-004T adalah sebuah modul sensor multifungsi yang berfungsi untuk mengukur tegangan, arus, daya, faktor daya dan energi yang terdapat pada sebuah aliran listrik. Modul ini sudah dilengkapi sensor tegangan dan sensor arus (CT) yang sudah terintegrasi. Dalam penggunaannya, alat ini khusus untuk penggunaan dalam ruangan (*indoor*) dan beban yang terpasang tidak diperbolehkan melebihi daya yang sudah ditetapkan.

METODE

Secara garis besar sistem monitoring biaya listrik terpakai menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor PZEM-004T yang terintegrasi internet of things dengan aplikasi sistem monitoring, data hasil pembacaan disimpan ke aplikasi *cloud* Ubidots yang merupakan open IoT *platform*.

Dalam perancangan prototipe sistem *monitoring* energi, dibuat dalam bentuk diagram blok sistem yang dapat dilihat pada Gambar 1.



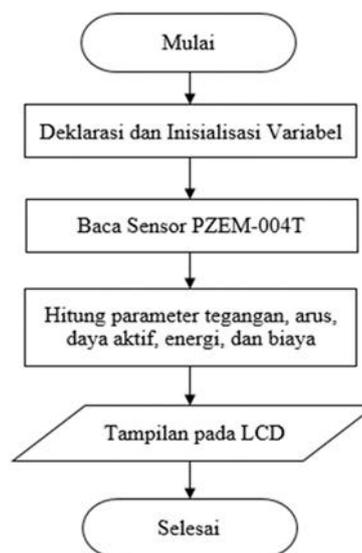
Gambar 1. Judul Gambar

Pada blok diagram diatas dapat dilihat bahwa beban yang digunakan adalah peralatan rumah tangga seperti: ricecooker, televisi, kipas angin dll. Beban yang diukur menggunakan sensor PZEM-004T. Data arus dan tegangan yang terbaca pada modul PZEM-004T dibaca NodeMCU melalui port komunikasi tersebut, Protokol komunikasi yang digunakan mengikuti format protokol yang dimiliki oleh PZEM sehingga diperlukan pustaka pemrograman yang diperlukan untuk berkomunikasi dengan modul PZEM.

Aplikasi sistem monitoring energi memerlukan aplikasi server untuk menampung data hasil pembacaan. Pada tahap awal pengembangan data hasil pembacaan disimpan ke aplikasi cloud Ubidots yang merupakan open IoT platform. Dengan aplikasi ini maka dapat dipastikan aplikasi firmware pada NodeMCU sudah bekerja dengan benar.

Selanjutnya adalah platform Ubidots yang menampilkan data parameter listrik serta konsumsi energi. Untuk memberikan efek psikologis pada pengguna maka pada platform Ubidots dan layar LCD ditampilkan data besarnya biaya yang harus dikeluarkan berdasarkan konsumsi energi yang telah digunakan dan prediksi besarnya biaya yang dikeluarkan selama pemakaian jika berdasarkan besarnya konsumsi energi hingga saat itu. Jika total konsumsi energi hingga waktu t (jam) dinyatakan sebagai $E_{total}(t)$ dan biaya per kWh sebagai biaya tagihan.

Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan NodeMCU ESP8266 sebagai mikrokontroler berfungsi untuk menerima data dari sensor dan mengirimkan data ke dalam *database* Ubidots sebagai *platform* IoT dan menampilkannya pada *web browser*. Sensor yang digunakan adalah PZEM-004T untuk mengetahui beberapa parameter listrik. Data yang telah didapatkan nantinya dapat diakses melalui *web* dan dapat dilihat juga pada LCD. Penggunaan *database* bertujuan untuk menyimpan data-data yang telah didapatkan pada sensor PZEM-004T yang nantinya ditampilkan pada LCD dan *web*. *Flowchart* sistem monitoring dapat dilihat pada Gambar 2.



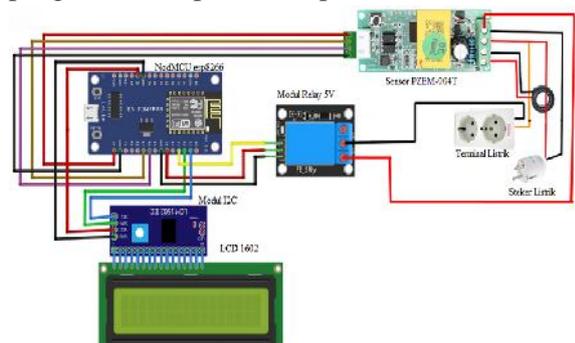
Gambar 2. *Flowchart* sistem monitoring

Data yang telah didapatkan dari sensor PZEM-004T nantinya akan ditampilkan di web dalam bentuk angka tabel dan grafik. Berdasarkan dari perancangan dan sistem kerja alat, Jika sitem tidak terhubung koneksi internet, maka dilakukan penghubungan ulang. Jika sudah terhubung, maka dapat menerima data dan mengirimkannya ke *database server*. Jika data telah terkirim ke *database server*, maka dilakukan penyimpanan data ke tabel yang tersedia pada aplikasi antarmuka.

Perancangan perangkat keras merupakan perancangan pengkabelan rangkaian dari alat yang dibuat. Perancangan perangkat keras

dimulai dengan pembuatan diagram blok sistem yang telah dirancang. Komponen utamanya menggunakan NodeMCU ESP8266. Sensor yang digunakan yaitu sensor PZEM-004T yang berfungsi untuk mengukur parameter listrik. Menggunakan LCD1602 yang berfungsi menampilkan nilai yang telah diukur pada parameter listrik.

Parameter listrik yang akan diukur diantaranya: VRMS (V), IRMS (A), Daya Aktif (W), Faktor Daya ($\cos \phi$), penggunaan energi listrik (kWh), dan estimasi biaya penggunaan listrik (Rp) dengan menggunakan sensor PZEM-004T. Data yang telah didapatkan akan ditampilkan di LCD dan web. Data tersebut selain ditampilkan di LCD dan Web langsung tersimpan di database Ubidots. Data yang telah tersimpan di database Ubidots dapat diakses melalui web browser. Gambar rangkaian pengkabelan dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. rangkaian pengkabelan

Perancangan Internet of Things (IoT) digunakan sebagai media *interface* alat dengan operator. Platform IoT yang digunakan adalah Ubidots. Berikut adalah langkah-langkah untuk koneksi sistem dengan Ubidots: Buka situs Ubidots pada alamat www.ubidots.com Klik *sign in* pada kolom atas dan masukkan username serta password. Tekan tombol sign in berwarna putih atau tekan enter pada keyboard setelah memasukkan *password*.

Setelah melakukan proses *log in* pilih *tab device* kemudian klik *add device* untuk menambah perangkat baru kedalam ubidots. Ganti nama perangkat sesuai yang diinginkan. Klik *device* yang baru saja dibuat untuk membuat variabel baru. Setelah *device* diklik

maka muncul tampilan. Klik *add variable* kemudian pilih default pada *toolbar* yang muncul. Ganti nama *variable* sesuai yang diinginkan.

Untuk menambahkan *variable* lain cukup ulangi langkah ini kembali pada ikon *Add Variable* yang muncul. Klik username pada pojok kanan atas. Pilih API Credentials pada *toolbar* yang muncul untuk menampilkan token. Copy token ke program arduino IDE. Selanjutnya pada tampilan *variable*, klik ikon info untuk menampilkan *variable ID*. Copy *variable ID* ke program arduino IDE.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat dilakukan untuk dapat mengetahui hasil perancangan dan pembuatan alat. Pada bab ini akan dibahas tentang pengujian hasil dan analisa data dari pengujian sistem monitoring terhadap beban pada peralatan rumah tangga. Adapun data yang dianalisis pada pengujian alat adalah:

Hasil Pengujian Beban Pada Alat Ukur Standar dan Rancangan

Pengujian dilakukan dengan menggunakan beberapa beban peralatan rumah tangga. Beban yang digunakan diantaranya: ricecooker 350W, lampu led 12W, kipas angin 35W, televisi tabung 55W, dan juga charger laptop 45W. Pengujian yang dilakukan dari masing-masing beban yang digunakan untuk mengetahui nilai dari akurasi alat ukur rancangan.

J) Hasil Pengujian Nilai Akurasi Pada Tegangan

Setelah dilakukan pengambilan data dari masing-masing beban pada peralatan rumah tangga dengan alat ukur rancangan, diperoleh data pengujian tegangan yang menggunakan alat ukur rancangan dan alat ukur standar. Maka diperoleh hasil nilai akurasi dari alat ukur rancangan yang dibandingkan dengan alat ukur standar. Hasil dari masing-masing beban pada

perangkat elektronik dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengujian Nilai Akurasi Pada Tegangan

NO	Beban	Tegangan RMS (V) Nilai Rata-Rata Alat Ukur Rancangan	Nilai Rata-Rata Alat Ukur Standar	Akurasi (%)
1	Lampu Led 12W	230.117	231.950	99.21
2	Kipas Angin 35W	230.700	229.083	99.29
3	Televisi 55W	228.850	230.850	99.13
4	Ricecooker 350W	226.583	226.683	99.96
5	Charger Laptop 45W	222.483	229.050	97.13
Akurasi Rata-Rata				98.94

Dari tabel diatas merupakan hasil dari pengujian menggunakan alat ukur rancangan dengan menggunakan beberapa beban, yang dibandingkan dengan alat ukur standar. dapat dilihat nilai tegangan rata-rata dari masing-masing beban yang terukur pada alat ukur rancangan dan juga alat ukur standar.

$$\% \text{ akurasi rata-rata} = \frac{\sum \% \text{ akurasi}}{n}$$

$$\% \text{ akurasi rata-rata} = \frac{494.71}{5}$$

$$\% \text{ akurasi rata-rata} = 98.94\%$$

Sebagai contoh perhitungan menggunakan beban charger laptop. Persentase akurasi tegangan sebesar 97.13%. persentase nilai kesalahan yang diakibatkan kesalahan pembacaan dari alat ukur rancangan terhadap alat ukur standar. Dan dapat juga disebabkan ketidakstabilan tegangan pada saat pengukuran tegangan sehingga terdapat selisih pengukuran yang masih dalam tahap yang wajar. Persentase nilai akurasi rata-rata dalam pengukuran alat ukur rancangan terhadap alat ukur standar sebesar 98.94%. Persentase kesalahan dalam pengujian pengukuran pembacaan tegangan yang terbaca pada alat ukur adalah sebesar 1.06%. Nilai kesalahan tersebut masih dalam

batas yang wajar karena kurang dari 5% (Sapiie, (1994)).

J Hasil Pengujian Nilai Akurasi Pada Arus Setelah dilakukan pengambilan data dari masing-masing beban pada peralatan rumah tangga dengan alat ukur rancangan, diperoleh data pengujian arus yang menggunakan alat ukur rancangan dan alat ukur standar. Hasil dari masing-masing beban pada perangkat elektronik dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Nilai Akurasi Pada Arus.

NO	Beban	Arus RMS(A) Nilai Rata-Rata Alat Ukur Rancangan	Nilai Rata-Rata Alat Ukur Standar	Akurasi (%)
1	Lampu Led 12W	0.072	0.073	98.63
2	Kipas Angin 35W	0.280	0.277	98.92
3	Televisi 55W	0.282	0.285	98.95
4	Ricecooker 350W	0.523	0.528	99.05
5	Charger Laptop 45W	0.218	0.217	99.54
Akurasi Rata-Rata				99.18

Dari tabel berikut merupakan hasil dari pengujian menggunakan alat ukur rancangan dengan menggunakan beberapa beban, yang dibandingkan dengan alat ukur standar. dapat dilihat nilai arus rata-rata dari masing-masing beban yang terukur pada alat ukur rancangan dan juga alat ukur standar. Untuk menghitung persentase nilai akurasi didapatkan sebagai berikut.

$$\% \text{ akurasi rata-rata} = \frac{\sum \% \text{ akurasi}}{n}$$

$$\% \text{ akurasi rata-rata} = \frac{495.05}{5}$$

$$\% \text{ akurasi rata-rata} = 99.18\%$$

Sebagai contoh perhitungan menggunakan beban Lampu led. Persentase akurasi arus sebesar 98.63%. persentase nilai

kesalahan yang diakibatkan kesalahan pembacaan dari alat ukur rancangan terhadap alat ukur standar. Dan dapat juga disebabkan karena nilai arus pada beban yang sangat kecil, pada saat pengukuran arus sehingga terdapat selisih pengukuran yang masih dalam tahap yang wajar. Persentase nilai akurasi rata-rata dalam pengukuran alat ukur rancangan terhadap alat ukur standar sebesar 99.18%. Persentase kesalahan dalam pengujian pengukuran pembacaan arus yang terbaca pada alat ukur adalah sebesar 0.82%. Dan berdasarkan referensi yang bersumber dari buku sudjana safiie nilai kesalahan tersebut masih dalam batas yang wajar karena kurang dari 5%.

J) Hasil Pengujian Nilai Akurasi Pada Faktor Daya

Setelah dilakukan pengambilan data dari masing-masing beban pada peralatan rumah tangga dengan alat ukur rancangan, diperoleh data dari rancangan dan alat ukur standar. Maka diperoleh hasil nilai akurasi dari alat ukur rancangan yang dibandingkan dengan alat ukur standar. Hasil dari masing-masing beban pada perangkat elektronik dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Nilai Akurasi Pada Faktor Daya

NO	Beban	Faktor Daya Nilai Rata- Rata Alat Ukur Rancangan	Nilai Rata-Rata Alat Ukur Standar	Akurasi (%)
1	Lampu Led 12W	0.637	0.630	98.89
2	Kipas Angin 35W	0.532	0.533	99.81
3	Televisi 55W	0.647	0.637	98.43
4	Ricecook er 350W	0.990	0.987	99.7
5	Charger Laptop 45W	0.542	0.518	95.37
Akurasi Rata- Rata				98.44

Dari tabel berikut 3 di atas merupakan hasil dari pengujian menggunakan alat ukur rancangan dengan menggunakan beberapa beban, yang dibandingkan dengan alat ukur standar. dapat dilihat nilai faktor daya rata-rata dari masing-masing beban yang terukur pada alat ukur rancangan dan juga alat ukur standar. Untuk menghitung persentase nilai akurasi didapatkan sebagai berikut.

$$\% \text{ akurasi rata-rata} = \frac{\sum \% \text{ akurasi}}{n}$$

$$\% \text{ akurasi rata-rata} = \frac{492.1}{5}$$

$$\% \text{ akurasi rata-rata} = 98.44\%$$

Sebagai contoh perhitungan menggunakan beban Lampu led. Persentase akurasi arus sebesar 98.89%. persentase nilai kesalahan yang diakibatkan kesalahan pembacaan dari alat ukur rancangan terhadap alat ukur standar. Dan dapat juga disebabkan karena nilai arus pada beban yang sangat kecil, pada saat pengukuran faktor daya sehingga terdapat selisih pengukuran yang masih dalam tahap yang wajar. Persentase nilai akurasi rata-rata dalam pengukuran alat ukur rancangan terhadap alat ukur standar sebesar 98.44%. Persentase kesalahan dalam pengujian pengukuran pembacaan arus yang terbaca pada alat ukur adalah sebesar 1.56%. Dan berdasarkan referensi yang bersumber dari buku sudjana safiie nilai kesalahan tersebut masih dalam batas yang wajar karena kurang dari 5%.

J) Hasil pengujian nilai akurasi konsumsi energi

Setelah dilakukan pengambilan data dari masing-masing beban yang berbeda dengan menggunakan alat ukur rancangan dan alat ukur standar, data yang telah diperoleh menghasilkan persentase nilai akurasi. Pengukuran persentase nilai akurasi dilakukan dengan waktu 60 menit. Hasil yang telah diperoleh dapat dilihat pada tabel 4 berikut.

Tabel 4 Hasil Pengujian Nilai Akurasi Pada Konsumsi Energi

Beban	Alat ukur rancangan (kWh) Pengukuran 60 menit	Alat ukur standar (kWh) Pengukuran 60 menit
Lampu Led 12W	0.010	0.010
Kipas Angin 35W	0.034	0.032
Televisi 55W	0.038	0.038
Ricecooker 350W	0.134	0.132
Charger Laptop 45W	0.026	0.025

Pada tabel 4 di atas, merupakan pengujian konsumsi energi listrik dari masing-masing beban yang berbeda dengan menggunakan alat ukur rancangan dengan alat ukur standar. Pengujian tersebut dilakukan dalam waktu 60 menit. Untuk menghitung nilai akurasi dapat dilihat menggunakan persamaan Persentase akurasi energi.

$$\text{Akurasi} = 100\% - \text{galat}$$

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{\text{Total UR}_{kWh} - \text{Total US}_{kWh}}{\text{Total US}_{kWh}} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = \left| \frac{0.242 - 0.237}{0.237} \right| \times 100\%$$

$$\% \text{ kesalahan} = 2.11\%$$

$$\text{Akurasi energi} = 100\% - 2.11\%$$

$$\text{Akurasi energi} = 97.89\%$$

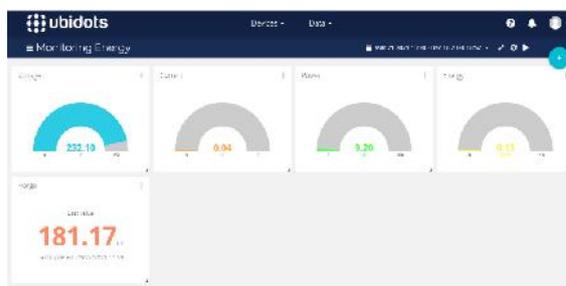
Dari hasil perhitungan di atas, didapatkan hasil persentase nilai akurasi pada masing-masing beban yang berbeda dengan konsumsi energi dalam waktu 60 menit. Hasil dari nilai simpangan energi total dalam waktu 60 menit sebesar 97.89%.

Prototipe sistem monitoring energi listrik ini mampu menghitung nilai kWh pada setiap bebannya. Tujuan dari monitoring kWh ini agar para konsumen energi listrik dapat menentukan estimasi biaya dari pemakaian beban-beban yang terpasang pada sumber listrik PLN. Adapun nilai kWh pada beban-beban yang berbeda bisa dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Grafik Nilai kWh Pada Beban

Hasil Pengujian Pada Ubidots
 Pengujian tampilan pada web Ubidots bertujuan untuk mengetahui data sensor dalam tampilan grafik serta mengetahui kerja infrastruktur pada Ubidots telah berfungsi baik atau tidak. Pengujian ini dilakukan dengan menampilkan hasil data pembacaan sensor yang diterima Ubidots. Pada gambar 5 merupakan contoh tampilan dari dashboard Ubidots yang mengukur beban dari ricecooker.



Gambar 5. Gambar Dashboard Ubidots

Prototipe sistem monitoring energi listrik ini menampilkan biaya pemakaian dari beban-beban yang terhubung pada sumber listrik PLN. Perhitungan tarif biaya pemakaian listrik dilakukan dengan cara nilai kWh pada beban dikalikan dengan tarif biaya konsumsi listrik yang telah ditetapkan pemerintah per-kWh nya. Adapun biaya pemakaian masing-masing beban dapat dilihat pada tabel 5 berikut:

Tabel 4 Tabel Daftar Biaya Pemakaian Pada Beban

N O	Beban	Daya (W)	Lama Pemakaian (jam)	Total kWh Sehari	Total kWh Sebulan	Biaya Pemakaian (Rp)
1	Lampu Led	12	6	0.06	1,8	2.438.2
2	Kipas Angin	35	6	0.204	6,12	8.274.24
3	Televisi	55	6	0.228	6,84	9.247.68
4	Ricecooker	350	6	0,084	24,12	32.610.24
5	Charger Laptop	45	6	0.156	4,68	6.327.36
			Total Sebulan		43.56	58.897.72

Pada gambar 5 menunjukkan bahwa biaya konsumsi energi listrik yang paling besar adalah ricecooker dan biaya terendah adalah lampu led. Pemakaian beban yang menyerap energi listrik paling besar akan menghasilkan nilai kWh yang besar juga, dan menyebabkan biaya konsumsi akan mengikuti besar dan kecilnya nilai kWh. Oleh sebab itu, penghematan energi harus dilakukan dengan meminimalisir pemakaian energi listrik dengan cara menggunakan energi listrik seperlunya saja. Alat monitoring daya listrik ini mampu menampilkan dari pembacaan nilai tegangan dan arus. Nilai tegangan dan arus tersebut dikalkulasikan menjadi nilai kWh dan biaya konsumsi listrik.



Gambar 5 Biaya Pemakaian Beban

Pengujian ini dilakukan pada rumah kontrakan dengan daya terpasang pada kWh meter 900 VA sistem satu fasa yang termasuk dalam golongan R-1M/TR (Rumah Tangga Mampu). Perhitungan penggunaan beban

peralatan rumah tangga diantaranya: *ricecooker*, lampu led, kipas angin, televisi tabung, dan juga *charger* laptop. Pengujian yang dilakukan dari masing-masing beban digunakan untuk mengetahui nilai dari parameter listrik dan konsumsi energi. Pengujian alat ini tidak dilakukan dengan menggunakan rekening minimum. Rekening minum menggunakan persamaan

Rekening Minimum:

$$RM1 = 40 \text{ jam nyala} \times \text{daya tersambung} \times \text{biaya pemakaian}$$

$$RM1 = 40 \times 0.9 \times 1352$$

$$RM1 = \text{Rp } 48.672$$

(Empat puluh delapan ribu enam ratus tujuh puluh dua rupiah)

Jumlah biaya administrasi bank menentukan dimana konsumen membayar tagihan listrik. Besarnya antara Rp 2000 s/d Rp 3500. PJJ ditentukan besarnya di dalam presentase misal 8% dari total kWh yang dibayar, dalam penelitian kali ini total kWh yang dibayar sebesar Rp 58.897.72. Besarnya PPJ berbeda di tiap penjuru daerah, karena diberlakukan oleh pemerintah daerah melalui perda yang diciptakan. Komponen ini merujuk pada TDL (Tarif Dasar Listrik) atau TTL (Tarif Tenaga Listrik) yang ditetapkan oleh pemerintah dan berlaku nasional. Biaya PJJ dapat dihitung dengan persamaan

$$\text{Biaya PPJ } 8\% = 0.08 \times 58.897.72$$

$$\text{Biaya PPJ } 8\% = \text{Rp } 4.711.8$$

Maka total estimasi biaya keseluruhan dari penggunaan beban peralatan rumah tangga yang harus dibayarkan dalam waktu satu bulan adalah Rp 114.781.52.

SIMPULAN

Prototipe sistem *monitoring* energi sudah dapat dibuat dengan baik dan terbukti sistem dapat mengukur dan menampilkan hasil pengukuran nilai tegangan, arus, daya aktif, faktor daya, konsumsi energi listrik dan estimasi biaya yang harus dibayarkan. Besar persentase nilai akurasi dari sistem yang dirancang terhadap alat ukur standar meliputi:

Tegangan sebesar 98.94%, arus sebesar 99.18%, daya aktif sebesar 98.87%, faktor daya sebesar 98.44%, dan perhitungan total konsumsi energi listrik sebesar 97.89%. Dari hasil perhitungan selama 30 hari didapatkan jumlah konsumsi energi sebesar 43.56 kWh dengan nominal pembayaran atau estimasi biaya sebesar Rp 114.781.52.

DAFTAR PUSTAKA

- Chapra, S., & Canale, R. (2015). *Numerical Methods for Engineers Seventh Edition*. United States of America: McGraw-Hill Education.
- Meier, A. V. (2006). *ELECTRIC POWER SYSTEMS*. New Jersey: EME Technologies.
- Sapiie, S., & Osamu, N. (1994). *Pengukuran dan alat Ukur Listrik*. Jakarta: Pradya Paramita
- yitnosumarto, S. (1993). *Percobaan Perancangan, Analisis, dan Interpretasinya*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Habibi, F. N., Setiawidayat, S., & Mukhsim, M. (2017). Alat Monitoring Pemakaian Energi Listrik Berbasis Android. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Elektro Terapan*, 01(01), 157-162.
- Nusa, T. (2015). Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Secara Real Time Berbasis Mikrokontroler. *E-journal Teknik Elektro dan Komputer*, 4(5), 19-26.
- Handarly, D. (2018). Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Jarak Jauh Berbasis Internet of Things. *Journal of Electrical Electronic Control and Automotive Engineering (JEECAE)*, 3(2), 205-208.
- Alipudin, A. M. (2018). Rancang bangun alat monitoring biaya listrik terpakai berbasis internet of things (iot). *Jurnal Online Mahasiswa (JOM) Bidang Teknik Elektro*, 1(1).
- Harahap, P., Pasaribu, F. I., & Adam, M. (2020). Prototype Measuring Device for Electric Load in Households. *Budapest International Research in Exact Sciences (BirEx)Journal*, 347-361.
- Shrivastava, A. (den 14 March 2019). *IoT and AI: Introduction to the Internet of Intelligent Things (IoIT)*. <https://dzone.com/>: <https://dzone.com/articles/iot-amp-ai-the-internet-of-intelligent-things-ioit>
- H. Shull, "SISTEM PENGAMANAN PINTU RUMAH BERBASIS Internet Of Things (IoT) Dengan ESP8266," *Science (80-.)*, vol. 195, no. 4279, p. 639, 1977, [Online]. Available