

Prototype Pemantauan Konsumsi Energi Listrik pada Firebase Menggunakan PZEM-004T

Kadek Amerta Yasa¹, I Made Purbhawa², I Made Sumerta Yasa³, I Wayan Teresna⁴, Aryo Nugroho⁵, Slamet Winardi⁶

¹²³⁴Jurusan Teknik Elektro, ⁵Jurusan Sistem Informasi, ⁶Jurusan Sistem Komputer

¹²³⁴Politeknik Negeri Bali, ⁵⁶Universitas Narotama

¹²³⁴Mangupura-Indonesia, ⁵⁶Surabaya-Indonesia

e-mail: ¹amerta.yasa@pnb.ac.id, ²purbhawa@pnb.ac.id, ³sumertayasa@pnb.ac.id,
⁴teresna1969@gmail.com, ⁵aryo.nugroho@narotama.ac.id, ⁶slamet.winardi@narotama.ac.id

Diajukan: 6 Agustus 2023 Direvisi: 4 Oktober 2023; Diterima: 10 Oktober 2023

Abstrak

Saat ini kWh meter konvensional masih digunakan untuk memantau konsumsi listrik di Indonesia, sehingga masih diperlukan petugas yang mengunjungi rumah pelanggan setiap bulannya. Hal ini mengakibatkan Perusahaan Listrik Negara (PLN) harus menyediakan pencatat meter yang menjadi beban biaya perusahaan. Sementara itu pencatat meter mengalami kendala ketika rumah pelanggan kosong dan tidak dapat dicatat meternya. Permasalahan ini dapat diselesaikan jika menggunakan teknologi pencatatan yang otomatis dan bisa dikendalikan dari jarak jauh. Saat ini kemajuan teknologi memungkinkan konvergensi antara saluran komunikasi dengan berbagai hal. Teknologi yang dikenal dengan Internet of Things (IoT). Penelitian ini bertujuan untuk membuat pemantauan konsumsi energi listrik berbasis Internet of Things (IoT). Alat ini akan membantu perusahaan (PLN) dalam memantau penggunaan listrik setiap pelanggan tanpa petugas pencatat meter. Prototype alat ini telah berhasil dikerjakan menggunakan PZEM-004T yang kemudian mampu menampilkan tegangan, arus daya, power factor dan waktu. Luaran dari alat kWh meter teknologi IoT ini kemudian dikirimkan ke basis data Firebase. Firebase memiliki keunggulan karena ditempatkan dalam cloud. Sehingga data yang diperoleh dapat juga ditampilkan dalam aplikasi android. Hasil pengujian dari prototype kemudian dilakukan pengujian beban dan dibandingkan dengan alat ukur sejenis yang ada di pasaran. Pengujian beban menghasilkan keakuratan sistem dengan rata-rata persentase akurasi tegangan: 99.25%, arus: 99.82%, daya: 97.50% dan factor daya: 98.78%. Penelitian ini menghasilkan prototipe menggunakan ESP32 dan PZEM-004T yang sangat akurat sehingga dapat direkomendasikan untuk pencatatan daya listrik yang mampu mengurangi beban biaya operasional PLN.

Kata kunci: kWh meter, Prototype, IoT, PZEM-004T.

Abstract

Currently, conventional kWh meters are still used to monitor electricity consumption in Indonesia, so officers are still needed to visit customers' homes every month. This resulted in the State Electricity Company (PLN) having to provide meter recorders which were at the company's expense. Meanwhile, meter loggers experience problems when the customer's house is empty, and the meter cannot be recorded. This problem can be solved if you use recording technology that is automatic and can be controlled remotely. Currently, technological advances enable convergence between communication channels and various things. Technology known as the Internet of Things (IoT). This research aims to monitor electrical energy consumption based on the Internet of Things (IoT). This tool will help the company (PLN) monitor each customer's electricity usage without meter recording staff. The prototype of this tool has been successfully carried out using the PZEM-004T which is then able to display voltage, power current, power factor and time. The output from the IoT technology kWh meter tool is then sent to the Firebase database. Firebase has the advantage of being placed in the cloud. So, the data obtained can also be displayed in the Android application. The test results from the prototype were then subjected to load testing and compared with similar measuring instruments on the market. Load testing resulted in system accuracy with an average percentage accuracy of voltage: 99.25%, current: 99.82%, power: 97.50% and power factor: 98.78%. This research produces a prototype using ESP32 and PZEM-004T which is so accurate that it can be recommended for recording electrical power which can reduce the operational cost burden of PLN.

Keywords: kWh meter, Prototype, IoT, PZEM-004T.

1. Pendahuluan

Perusahaan Listrik Negara (PLN) adalah Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang memiliki kewajiban dalam menyediakan kebutuhan listrik bagi masyarakat. PLN menjalankan peran ini dengan melaksanakan keputusan dan kebijakan yang diambil bersama oleh pemerintah dan DPR guna kepentingan rakyat. Melalui PT PLN (Persero) Pemerintah berkomitmen dalam menyediakan listrik yang mencukupi secara terus menerus dan harganya terjangkau untuk kalangan masyarakat di seluruh Indonesia [1]. Dalam melindungi masyarakat yang kurang mampu, pemerintah menjamin kepada masyarakat dengan memberi bantuan yang berupa subsidi listrik supaya masyarakat dapat membayar tarif listrik dengan harga lebih terjangkau dari tarif normal yang telah ditetapkan oleh pemerintah.

Amanah Undang-Undang (UU) Nomor 30 Tahun 2007 tentang Energi menyebutkan, Pemerintah dan Pemerintah Daerah mengalokasikan dana subsidi yang diperuntukkan bagi kelompok masyarakat yang tidak mampu. Masyarakat pelanggan listrik yang memperoleh bantuan dari pemerintah merupakan kategori pelanggan bersubsidi, sedangkan masyarakat di luar itu semua adalah pelanggan nonsubsidi. Menurut Pasal 2 ayat 1 Peraturan Menteri ESDM Nomor 29 Tahun 2016, subsidi tarif listrik untuk rumah tangga dengan daya 450 volt ampere (VA) dan 900 VA merupakan masyarakat prasejahtera yang masuk dalam kategori Data Terpadu Kesejahteraan Sosial (DTKS) [2]. Bila jumlah pemakaian listrik sama dengan konsumen yang lain memperoleh tarif subsidi akan membayar tagihan listrik lebih murah dibanding dengan konsumen non subsidi. Perbedaan antara tarif bersubsidi dengan tarif non subsidi. Masyarakat penerima subsidi pada tahun 2021 sebesar 24,3 juta konsumen rumah tangga dengan daya listrik 450 VA dan daya 900 VA sebesar 8,2 juta konsumen rumah tangga. Dana subsidi yang diberikan kepada konsumen rumah tangga mencapai Rp 39,65 triliun atau 79,6% dari total subsidi listrik yang diberikan sebesar Rp 49,76 triliun pada tahun anggaran 2021.

Di samping pelanggan rumah tangga 450-900 VA, subsidi listrik kepada juga diberikan seluruh kelompok pelanggan sosial. Adapaun pelanggan sosial mencakup sekolah dan rumah ibadah yang diberikan kode golongan S1, S2 dan S3. Pelanggan golongan S1 merupakan konsumen pelanggan sosial dengan daya terpasang sebesar 220 VA. Sedangkan S2 merupakan konsumen pelanggan sosial dengan daya terpasang 450 VA sampai dengan 200 kVA dan S3 merupakan pelanggan sosial dengan daya di atas 200 kVA. Subsidi untuk kelompok industri (I) dan bisnis (B) juga diberikan dalam golongan subsidi listrik ini. Mereka merupakan pelanggan yang terdata dalam kelompok golongan tarif I1 (kapasitas daya 450 VA – 14 kVA), golongan tarif I2 (14 kVA – 200 kVA) dan golongan tarif B1 (kapasitas daya 450 VA – 5.500 VA). Subsidi listrik juga diberikan oleh pemerintah kepada fasilitas publik dan fasilitas umum seperti Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) dengan kapasitas daya 450 VA hingga 5.500 VA.

Penelitian [3] menunjukkan bahwa teknologi IoT memberikan kemudahan dalam penggunaan listrik di rumah-rumah menggunakan sakelar pintar, yang akan dapat menghemat pemakaian listrik. Sakelar pintar merupakan sistem otomasi yang mudah diterapkan dan dikembangkan. Sebagian pengguna listrik membiarkan peralatan mereka diisi daya dalam waktu yang lama, sehingga arus listrik pada peralatan tersebut terjadi kelebihan daya (*overcharge*) yang bisa merusak peralatan. Untuk menghubungkan stop kontak pengatur waktu menggunakan *relay* yang berfungsi untuk memutus kontak agar aliran listrik ke perangkat dapat diputus setelah sekian waktu yang diset.

Peneliti [4] membuat peralatan sistem kWh meter digital untuk membantu pelanggan mengetahui berapa besar biaya pemakaian energi listrik di rumah sehingga pelanggan dapat melakukan antisipasi dalam penghematan listrik. Sensor yang digunakan adalah PZEM-004T yang membaca nilai arus, tegangan, daya, dan energi. WeMos D1 Mini Pro digunakan sebagai pengendali utama yang akan mengolah nilai arus, tegangan, daya, dan energi sehingga dapat diketahui biaya yang terpakai dengan menghitung konversi nilai kWh ke nilai rupiah yang telah ditetapkan. Alat yang dibangun dapat menampilkan besar pemakaian energi listrik beserta biayanya secara *realtime* pada *display* LCD dan aplikasi Blynk. Pengujian dilakukan menggunakan beban berupa televisi, laptop, kipas angin, dispenser, rice cooker, setrika, powerbank dan smartphone.

Penelitian [5] menunjukkan keberhasilan penggunaan Firebase dalam menempatkan data pemantauan konsumsi listrik. Penelitian ini dirancang untuk membaca jumlah pemakaian energi listrik yang meliputi meliputi tegangan, arus, daya aktif dan akumulasi energi. Selanjutnya dibuat aplikasi berbasis android. Aplikasi ini dapat diinstalasi pada smartphone android yang digunakan sebagai media *interface* user yang menampilkan konsumsi energi listrik. Penelitian berbasis Internet of Think (IoT) banyak dilakukan seperti yang dikembangkan untuk menganalisis efisiensi penggunaan energi listrik [6]. Analisis ini dikembangkan dengan membangun asisten TV berbasis *IoT*.

Penelitian ini akan membangun sebuah alat monitoring yang mampu secara terus menerus memantau konsumsi listrik yang digunakan pelanggan. Beberapa penelitian sebelumnya akan dijadikan

sebagai rujukan dan pengembangan dalam *prototype* yang dikembangkan. Dari hasil analisis maka direncanakan sebuah *prototype* yang memiliki karakteristik kombinasi dari penelitian sebelumnya. Karakteristik yang akan dikembangkan adalah alat ini harus memiliki sensor dengan akurasi yang baik, modul yang digunakan cukup sederhana dan memiliki kemampuan mengirim dan menyimpan data berbasis *cloud*. Hasil penelitian ini juga akan diuji dengan perangkat monitoring yang telah ada untuk mendapatkan akurasi dari *prototype* yang dibuat. Penelitian akan dikerjakan dengan metode *prototype* yang merupakan metode sederhana dalam memandu urutan proses penelitian ini. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat monitoring pemakaian energi listrik dapat mengukur dan menampilkan nilai arus, tegangan, daya aktif serta akumulasi energi, selain itu alat monitoring pemakaian energi listrik menggunakan modul PZEM- 004T dapat memonitor secara real time serta tersimpan pada basis data.

Kontribusi pada penelitian ini adalah menghasilkan *prototype* alat kWh meter berbasis *Internet of Things (IoT)* yang nantinya dapat memudahkan perusahaan PLN dalam memantau penggunaan listrik setiap pelanggan sehingga dapat mengurangi beban biaya operasional PLN.

2. Metode Penelitian



Gambar 1. Metode *Prototype*

Penelitian dilakukan menggunakan metode *prototype*. Metode ini menggunakan pendekatan yang sistematis dan sederhana [7]. Tahapan dalam metode ini sangat sederhana yaitu:

1. Pengumpulan Kebutuhan
Pada tahapan ini adalah mengumpulkan kebutuhan dari pengguna, khususnya berkaitan dengan kebutuhan untuk mendapatkan data konsumsi listrik secara akurat dan mudah diakses. Sehingga diusulkan suatu cara mengumpulkan data kWh meter menggunakan teknologi *Internet of Things (IoT)*.
2. Perancangan *Prototype*
Pada tahapan ini dilakukan dengan merancang sebuah blok diagram sebagai *prototype* dari sistem pemantauan kWh berbasis IoT. Selanjutnya *prototype* dikerjakan dengan memasukkan berbagai komponen seperti mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-004T, modul *relay*, LED indikator dan lainnya. Kemudian dikerjakan pula pengkodean aplikasi berbasis android yang dilengkapi database untuk mengambil data dari *prototype* dan ditampilkan dalam aplikasi.
3. Evaluasi
Setelah rangkaian dari *prototype* dikerjakan maka selanjutnya dilakukan evaluasi. Evaluasi dilakukan dengan menguji sensor, LED Indikator, *Buzzer* dan *Relay*, pengujian pergantian SSID dan password serta pengujian pada beban terputus.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Pengumpulan Kebutuhan

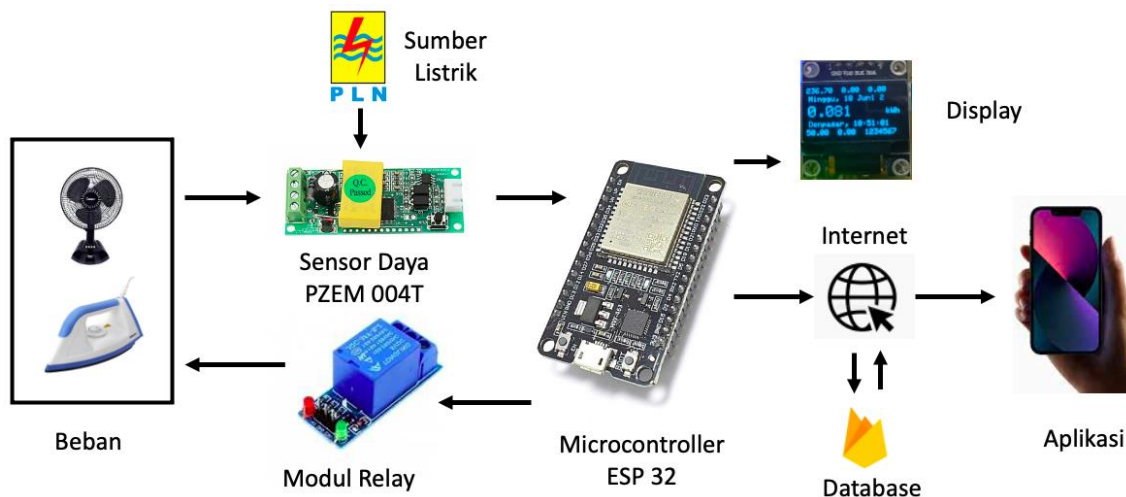
Tahapan ini dilakukan dengan merangkum kebutuhan alat yang bersumber dari permasalahan pokok yang didapatkan pada awal penelitian. Penelitian ini mengusulkan suatu perangkat yang akan memberikan solusi pada kebutuhan sebagai berikut:

- Perangkat memiliki kemampuan untuk memantau penggunaan listrik secara digital
- Perangkat memiliki kemampuan terhubung dengan database sehingga memiliki rekaman digital

- Perangkat memiliki akurasi yang cukup baik sebagai pengganti kWh meter konvensional

3.2. Perancangan *Prototype*

Prototype akan dibangun berdasarkan diagram blok penelitian pada Gambar 2. Diagram Blok Penelitian yang dibuat dalam penelitian ini terdiri dari atas beban listrik yang akan diukur dayanya. Beban listrik dinyalakan oleh *relay* dari *smartphone* kemudian dibaca data oleh sensor PZEM-004T. Data hasil pembacaan ditampilkan oleh display OLED 0.96” dan dikirimkan ke database *firebase* oleh mikrokontroler ESP32. Kemudian *smartphone* mengakses realtime database yang ada di cloud untuk mengambil data sensor dan menampilkan pada layar *smartphone*.



Gambar 2. Diagram Blok

Gambar 2 menunjukkan diagram Blok penelitian. Beban yang digunakan dalam penelitian ini adalah beberapa peralatan listrik rumah tangga yang diasumsikan sebagai beban listrik [8]. Langkah berikut adalah mengukur daya listrik menggunakan modul sensor PZEM-004T ke mikrokontroler ESP32 menggunakan pin 16 dan 17 serta menghubungkan *Current Transformer* ke terminal dari modul sensor yang akan mengukur arus dari beban yang terpasang. Daya yang digunakan dihubungkan ke modul sensor dan ke beban dengan salah satu kabelnya di masukkan dalam lubang *Current Transformer* agar setiap beban yang dihidupkan akan terbaca arus yang mengalir. Kabel yang masuk ke *Current Transformer* kemudian dimasukkan ke modul *relay* yang akan memutus dan menyambungkan aliran listrik ke beban. Modul *relay* ini dikontrol oleh mikrokontroler ESP32 yang mendapatkan perintah dari *smartphone*.

Pada program mikrokontroler ESP32 yang dilakukan pertama adalah melakukan inisialisasi komunikasi serial yaitu komunikasi antara mikrokontroler ESP32 dengan komputer yang digunakan untuk proses pengecekan program [9], apakah algoritmanya sudah sesuai atau belum dengan melihat hasil yang dikirimkan lewat serial monitor. Kemudian inisialisasi waktu dengan menggunakan library *EzTime* yaitu library yang digunakan membaca jam internet, sehingga alat dipindahkan dimanapun maka alat ini akan secara otomatis menyesuaikan waktunya saat terkoneksi dengan internet. Untuk dapat bekerja secara *online* mikrokontroler ini harus terkoneksi dengan akses *point* yang terdekat dengan menyesuaikan SSID dan *password* dari akses *point* tersebut. Inisialisasi berikutnya adalah *database* yang difungsikan untuk menampung variabel data yang dihasilkan oleh sensor PZEM-004T dan terakhir adalah inisialisasi Display OLED 0.96” yang digunakan untuk menampilkan parameter yang dihasilkan oleh sensor agar kWh meter juga dapat menampilkan datanya ditampilkan yang terpasang pada sistemnya.

Sensor PZEM-004T akan membaca parameter kWh listrik yang terpasang pada terminal *input*, parameter yang terbaca yaitu tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan power faktor [10]. Semua parameter yang terbaca akan ditempatkan dalam sebuah variabel untuk setiap parameternya. Kemudian sistem akan menampilkan pada *display* OLED dari semua parameter PZEM-004T ditambah dengan Hari, Tanggal, Kota dan ID Pelanggan. Setelah ditampilkan semua parameter tersebut disimpan dalam sebuah *database*, *database* yang digunakan adalah *Firestore* miliknya Google, sehingga *database* tersebut sudah ditampung dalam sebuah *cloud* yang dapat diakses dimanapun asal terkoneksi dengan internet. Di sini juga disimulasikan sebuah tombol yang digunakan untuk memutus dan menyambung aliran daya listrik ke beban pelanggan, Jika *database* berisi status sama dengan “DIPUTUS” maka *relay* pada sistem akan

diputus kontaktornya sedangkan kalau statusnya “SAMBUNG” maka *relay* akan tersambung dan daya listrik akan mengalir ke beban pelanggan.

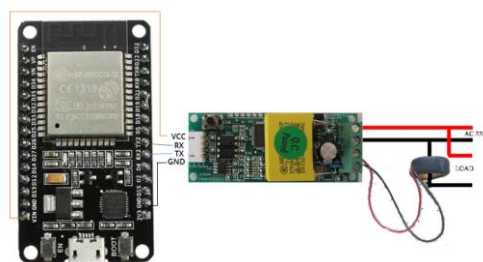
Inisialisasi tampilan layar *Android* dilakukan dengan mengatur *layout* tampilan dari sistem yang didesain, sedemikian rupa sehingga mendapatkan tampilan yang diinginkan. Kemudian menginisialisasi *database* dengan memasukkan komponen *Firestore* dan menyiapkan URL dan *token database* agar dapat diakses oleh *Kodular* sebagai IDE dari *Android programming*. Setelah inisialisasi selesai berikutnya adalah mengecek status tombol, awalnya adalah “DIPUTUS” maka hardware kWh meter akan terputus oleh *relay* sehingga saat awal instalasi daya belum mengalir ke beban pelanggan. Setelah instalasi *hardware* kWh meternya selesai maka tombol ditekan dan status tombol akan berubah menjadi “SAMBUNG” yang akan tersimpan dalam *database* dan diakses oleh mikrokontroler *ESP32* yang akan menghubungkan kontak *relay* sehingga daya listrik mengalir ke beban pelanggan. Proses dilanjutkan ke subprogram akses *database* dan menampilkan data parameter listrik ke layar *smartphone Android*. Untuk hari, Kota, tanggal dan jam dihasilkan dari *ESP32* yang kemudian disimpan dalam sebuah *database*.

Database menggunakan *Realtime Database Firestore* milik *Google* yang diakses pada alamat website *firebase.google.com* kemudian ikuti petunjuk yang ditunjukkan oleh sistem [11]. Untuk dapat mengakses *database* tersebut digunakan alamat URL dan *Token database* yang ditempatkan pada *software* untuk mikrokontroler *ESP32* dan *Kodular* (untuk *smartphone Android*). Sebelum digunakan *database*nya maka didesain terlebih dahulu *TAG (variabel database)* dari semua parameter yang dihasilkan oleh sensor *PZEM-004T*, untuk menyimpan tegangan dibuat variabel *TAG* adalah “tegangan” dan jika diakses maka akan mengeluarkan isi data tegangan ditambah dengan teks “Volt”, untuk menyimpan arus listrik dibuat variabel *TAG* nya adalah “arus” dan jika diakses untuk diambil datanya maka akan mengeluarkan data arus ditambahkan dengan teks “ampere”, semua proses sama untuk daya listrik dengan variabel *TAG* “daya” dan mengeluarkan data daya dan teks “Watt”, energi dengan kWh, frekuensi dengan variabel *TAG* “frekuensi” dan satuannya Hz, dan terakhir *power factor* dengan variabel *TAG* “pf” dan menyimpan variabel *ID* pelanggan yang berasal dari *hardware* kWh meternya.

3.3. Pengujian

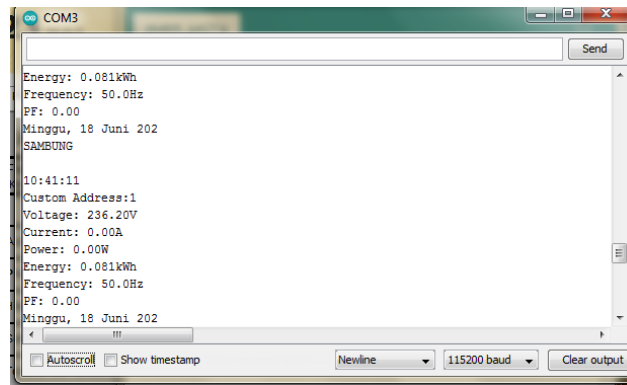
3.3.1. Pengujian Sensor PZEM-004T

Untuk membaca data sensor dilakukan pengujian awal, memastikan bahwa sensor telah bekerja dengan baik. Pin output sensor terdiri dari 4 pin yaitu VCC, GND, TX, dan RX yang dihubungkan dengan mikrokontroler *ESP32* pada pin 16 dan 17 berupa serial hardware yang kedua dari mikrokontroler. Pada input sensor terdiri dari 4 pin juga yang terhubung dengan kumparan induksi untuk mengukur arus yang lewat kumparan (2 pin) dan terhubung dengan jaringan PLN sebagai sumber daya modul sensor *PZEM-004T*.



Gambar 3. Pengujian Sensor

Gambar 3 menunjukkan pengujian sensor *PZEM004t* dengan menghubungkan pin *output* ke mikrokontroler *ESP32*, kemudian pin *input* dimasukkan ke jala-jala PLN dan ke beban namun salah satu kabel beban dimasukkan dalam kumparan toroid untuk mengukur besaran arus beban yang sedang diukur [9]. Hasil ujicoba sensor tersebut menghasilkan parameter berupa tegangan input AC, arus, daya beban, frekuensi, faktor kerja, dan energi pemakaian (kWh). Hasil pengujian sensor dapat dibaca melalui tampilan luaran *software* *Arduino* pada Gambar 4.

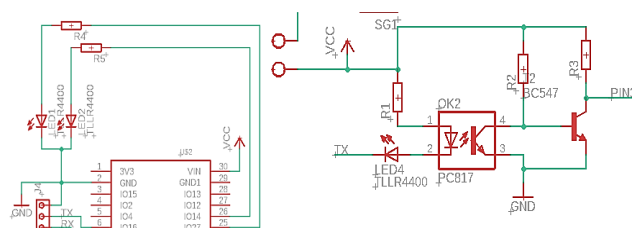


Gambar 4. Hasil Pembacaan Sensor di Serial Monitor

Hasil pengujian ini menampilkan pembacaan tegangan, arus, daya, *energy*, frekuensi, *power factor*, dan waktu (tanggal bulan dan tahun). Nilai pengujian yang diampikan masih bernilai nol karena sistem yang dibuat belum diberikan beban.

3.3.2. Pengujian LED Indikator, Buzzer, dan Relay

LED indikator yang digunakan ada 3 buah yaitu LED warna merah digunakan sebagai indikator *impulse* dipasang seri dengan LED TX pada output sensor PZEM-004T atau pin 16 dari mikrokontroler ESP32, kemudian LED warna kuning digunakan sebagai indikator jika terjadi tegangan yang over voltage (> 260 Volt) atau under voltage (< 80 Volt), selanjutnya satu lagi warna hijau digunakan sebagai LED power yaitu menandakan bahwa beban siap diukur oleh sensor PZEM-004T yang dihubungkan oleh *relay* (pemutus arus beban). Skema pengujian LED Indikator dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengujian LED Indikator

Pengujian berikutnya adalah menguji rangkaian *relay* dan beban lebih. Untuk indikator suara dipasang pada pin 23 yang digunakan untuk memberi peringatan jika terjadi *over* dan *under voltage*. Bunyi beep dikeluarkan oleh *buzzer* untuk memberi peringatan dan *relay* beban dinaikkan agar peralatan yang dipasang tidak mengalami kerusakan.

Tabel 1. Pengujian LED Indikator, Relay dan Buzzer

Modul Yang Diuji	Hasil Pengujian
LED Indikator	Passed
Relay	Passed
Buzzer	Passed

3.3.3. Pengujian Display OLED

Parameter kWh meter berbasis IoT juga ditampilkan pada *display* di sistem peralatannya menggunakan display OLED 128 X 64, display menampilkan parameter dalam lima baris. Baris pertama menampilkan tegangan, arus, dan daya listrik yang sedang digunakan. Baris kedua menampilkan hari dan tanggal sistem yang didapatkan dari internet. Baris ketiga adalah energi yang digunakan oleh beban yang terpasang pada sistem kWh. Baris keempat menampilkan Kota dimana alat kWh meter itu terpasang, dan baris terakhir menampilkan frekuensi, power faktor dan ID pelanggan dari kWh meter berbasis IoT tersebut. Hasil pengujian sistem kWh meter berbasis IoT ditunjukkan seperti gambar 6.



Gambar 6. Display OLED Saat Menampilkan Data Sensor

Gambar 6 menunjukkan *display* OLED saat menampilkan data sensor. Pada *display* pada baris pertama menampilkan tegangan sebesar 236.7 volt, arus sebesar 0, dan daya listrik sebesar 0, nilai 0 ini karena sistem kWh meter belum diberikan beban. Baris kedua menampilkan hari Minggu dan tanggal 18 Juni 2023 data waktu ini didapatkan dari internet. Baris ketiga adalah energi yang digunakan oleh beban yang terpasang sebesar 0.081 KWh. Baris keempat menampilkan Kota Denpasar. Baris kelima menampilkan frekuensi sebesar 50Hz, *power factor* sebesar nol dan terakhir adalah ID pelanggan 1234567.

3.3.4. Pengujian Database Firebase

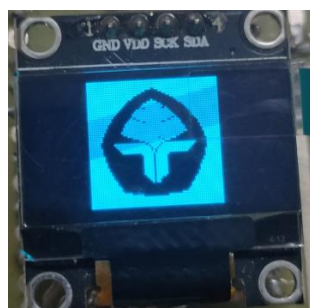
Data parameter kWh meter IoT disimpan dalam sebuah *database cloud* agar dapat diakses dimanapun. Data disimpan dalam bentuk Json yang dibentuk menggunakan *library #include <FirebaseESP32.h>* dengan menggunakan obyek data FirebaseJson json. Pada tahapan ini *database* telah berhasil terhubung dengan sempurna.

3.3.5. Pengujian Ganti SSID dan Password

Pada pengujian koneksi mikrokontroler ESP32 ke internet melalui *wifi* diperlukan nama SSID dan memasukkan password *wifi*. Untuk melakukan penggantian SSID dan password diperlukan alokasi memori yang tersedia di ESP32. Pengujian dilakukan dengan menjalankan mikrokontroler ESP32, kemudian membuka serial monitor dan mengetikkan sesuai format data yang telah ditentukan. Format datanya mengikuti ketentuan: SSID, password, kota, ID dan dituliskan dalam sebuah EEPROM. Pengujian pada tahapan ini juga telah berhasil dengan baik.

3.3.6. Pengujian Kondisi Beban Terputus

Pada saat beban diputus atau *relay* dimatikan dari jarak jauh menggunakan aplikasi, maka *display* akan menampilkan logo Politeknik Negeri Bali. Tahap pengujian ini dilakukan dengan mencoba tombol di aplikasi yang dapat memutus dan menyambungkan aliran daya listrik pelanggan melalui sebuah *relay* internal. Hasil uji coba di atas menghasilkan sebuah logo Politeknik Negeri Bali bila *relay* beban diputus atau terputus. Sehingga pengujian ini juga telah berhasil dengan baik.



Gambar 7. Display OLED Saat Menampilkan Logo

3.3.7. Pengujian Beban

Tahapan pengujian terakhir adalah menguji keberhasilan sistem secara keseluruhan. Tahapan ini pengujian ini dilakukan menggunakan beban listrik peralatan rumah tangga. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat ukur standar dibandingkan dengan sistem yang dibuat. Beban listrik peralatan rumah tangga yang digunakan adalah: lampu led 11W, kipas angin 35W, *ricecooker* 350W, setrika 50W. Pengujian yang dilakukan terhadap masing-masing beban peralatan listrik rumah tangga yang digunakan

untuk mengetahui nilai dari akurasi alat ukur sistem. Adapun hasil pengukuran seperti ditunjukkan dalam tabel 1.

Tabel 2. Hasil pengukuran alat ukur standar dan pengukuran pada sistem kWh meter

Beban	Alat ukur standar				Alat ukur sistem			
	Teg (V)	Arus (I)	Daya (W)	Fator daya (pf)	Teg (V)	Arus (I)	Daya (W)	Fator daya (pf)
Lampu Led 11W	231.950	0.073	0.010	0.630	230.117	0.072	0.010	0.637
Kipas Angin 35W	229.083	0.277	0.032	0.533	230.700	0.280	0.034	0.532
Ricecooker 350W	226.683	0.528	0.132	0.987	226.583	0.523	0.134	0.990
Setrika 50W	229.050	0.217	0.025	0.518	222.483	0.218	0.026	0.542

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran alat ukur standar dan pengukuran pada sistem kWh meter. Pertama untuk pengukuran tegangan, rata-rata persentase akurasi tegangan sebesar 99.25%. Kedua untuk pengukuran arus, rata-rata persentase akurasi arus sebesar 99.82%. Ketiga untuk pengukuran daya, rata-rata persentase akurasi daya sebesar 97.50%. Keempat untuk pengukuran *factor* daya, rata-rata persentase akurasi *factor* daya sebesar 98.78%. Persentase kesalahan dalam pengujian pengukuran pembacaan rata-rata tegangan yang terbaca pada alat ukur adalah sebesar 0.75%. Persentase nilai kesalahan dapat diakibatkan oleh kurang akuratnya alat ukur standar. Selain itu dapat juga disebabkan ketidakstabilan tegangan pada saat pengukuran tegangan sehingga terdapat selisih pengukuran yang masih dalam tahap yang wajar kurang dari 5% [12].

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah *prototype* konsumsi energi listrik dengan kWh meter berbasis *Internet of Things (IoT)* ini telah berhasil dilakukan dengan tahapan merangkai modul sensor PZEM004T, mikrokontroler ESP32, Display OLED, dan modul *Relay*. Selanjutnya dibuatkan kode program ESP32 untuk membaca data modul sensor : tegangan, arus, daya, energi, power faktor, dan frekuensi. Hasil pengujian berdasarkan perencanaan alat yang dibuat adalah sangat baik. Adapun pengujian yang dilakukan terhadap *prototype* ini adalah pertama; pengujian sensor, kedua; pengujian LED Indikator, *Buzzer*, dan *Relay*, ketiga; pengujian *display* OLED, keempat; pengujian *database firebase*, kelima; pengujian ganti SSID dan *password*, keenam; pengujian beban terputus, ketujuh; pengujian beban. Hasil pengujian sangat memuaskan sehingga dapat disimpulkan bahwa *prototype* konsumsi energi listrik dengan kWh meter berbasis *Internet of Things (IoT)* ini berjalan sesuai rencana. Penelitian ini menghasilkan prototipe menggunakan ESP32 dan PZEM-004T dapat digunakan untuk mengurangi beban biaya operasional PLN dalam pencatatan daya listrik.

Daftar Pustaka

- [1] Hidayah, M.N., R. Alfita, and K. Aji, "Implementasi Internet of Thing Untuk Kontrol dan Monitoring KWH Meter Pascabayar". *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro*, 2020. 9(3): p. 161-170.
- [2] Pratama, F.A., K.B. Adam, and S. Sumaryo, "Real Time Data Logger Untuk KWH Meter Digital Tiga Fasa Berbasis Internet Of Things (IOT) Dan Cloud Storage". *Jurnal Telkatika*, 2021. 1(1): p. 1-8.
- [3] Andriana, A., Z. Zuklarnain, and H. Baehaqi, "Sistem kWh Meter Digital Menggunakan Modul PZEM-004T". *Jurnal Tiarsie*, 2019(1): p. 29-34% V 16.
- [4] Chairunnisa, I. and W. Wildian, "Rancang Bangun Alat Pemantau Biaya Pemakaian Energi Listrik Menggunakan Sensor PZEM-004T dan Aplikasi Blynk". *Jurnal Fisika Unand*, 2022. 11(2): p. 249-255.
- [5] Jokanan, J.W., et al., "Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase Dan Aplikasi". *11*, 2022. 1.
- [6] Herpendi, A. Noor, and R. Sayyidati, "Pengembangan Asisten TV Berbasis Internet of Things (IoT) untuk Efisiensi Penggunaan Energi Listrik". *Jurnal Eksplora Informatika*, 2020. 9(2): p. 96-104.
- [7] Khosrow-Pou, M., "Encyclopedia of Information Science and Technology, Fourth Edition "2005, Florida, USA: IGI Global
- [8] Rajkumarsingh, B. and R. Purraho, "Electrical Load Identification for Household Appliances". *Journal of Electrical Engineering, Electronics, Control and Computer Science*, 2021. 7(1): p. 21-31.

-
- [9] Setiawan, A. and A.I. Purnamasari, "Pengembangan Smart Home Dengan Microcontrollers ESP32 Dan MC-38 Door Magnetic Switch Sensor Berbasis Internet of Things (IoT) Untuk Meningkatkan Deteksi Dini Keamanan Perumahan". *Jurnal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*, 2019. 3(3): p. 451-457.
- [10] Nuryawan and M. Jannah, "Electrical Energy Monitoring and Control System in Boarding Rooms Based on The Internet of Things". *International Journal of Engineering, Science and Information Technology (IJESTY)* 2022. 2(4): p. 76-83.
- [11] Ohyver, M., et al., "The Comparison Firebase Realtime Database and MySQL Database Performance using Wilcoxon Signed-Rank Test". *Procedia Computer Science*, 2019. 157: p. 396-405.
- [12] Sapile, S., "Pengukuran Dan Alat-Alat Ukur Listrik". *cet. 72005*, Jakarta: Pradnya Paramita.