

Pembuatan *Outlet* Listrik Cerdas dengan *Smart Meter* untuk *Monitoring* Daya Listrik dari Perangkat Komputasi di Laboratorium Program Studi Teknik Informatika Universitas Mataram

(Making Smart Electrical Outlets with Smart Meters for Monitoring Electrical Power from Computing Devices at the Laboratory of Informatics Engineering Study Program, University of Mataram)

Maidatun Izzati^[1], I Gde Putu Wirarama Wedashwara Wirawan^[1], Ariyan Zubaidi^[1]

^[1] Program Studi Teknik Informatika, Universitas Mataram

Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

Email: maidatun1224@gmail.com, wirarama@unram.ac.id, zubaidi13@unram.ac.id

Abstract Active lecture activities at the University of Mataram Informatics Engineering Study Program 100% have returned to offline lectures so that activities using facilities in the Laboratory such as the use of devices are active and normal again so that there will be an increase in electricity usage. Based on data obtained from the Center for Drafting Laws, Expertise Agency, House of Representatives of the Republic of Indonesia, in 2018 regarding the situation of energy demand in Indonesia from 2000 to 2030 there will be a decreasing supply of fossil energy and an increase in its use. Fossil energy is a non-renewable electricity fuel and natural resource. Based on these problems, it is necessary to apply renewable energy such as solar energy as an allocation of electricity sources that can be applied through the use of solar panels, but the price of solar panels is not small. So it is necessary to submit the budget to related parties. This application can be realized if there is power consumption data in the laboratory. Therefore, research was conducted on monitoring the use of electric power at the Laboratory of Informatics Engineering Study Program, University of Mataram which was applied to research entitled Making Smart Electrical Outlets with Smart Meters for Monitoring Electrical Power from Computing Devices at the Laboratory of Informatics Engineering Study Program, University of Mataram. This study uses the PZEM-004T sensor, with the MQTT data communication protocol and website as the system interface. The research is divided into 3 stages of testing, namely black box testing, system function feasibility testing, and feature function feasibility testing. Based on the test, it is known that the system can retrieve electricity usage data properly and apply smart concepts.

Key words: *PSTI Laboratory, Electricity, Declining Fossil Energy, Monitoring, Data.*

I. PENDAHULUAN

Kegiatan perkuliahan di Program Studi Teknik Informatika (PSTI) Universitas Mataram 100% telah kembali pada perkuliahan luring setelah menerapkan sistem blended learning. Aktifnya kegiatan perkuliahan tersebut membuat aktivitas di Laboratorium kembali aktif dan normal khususnya pada Laboratorium Sistem Cerdas dan Aplikasinya yang sering dikunjungi, sehingga penggunaan fasilitas seperti penggunaan perangkat akan meningkat.

Penggunaan fasilitas perangkat dapat memicu penggunaan daya listrik yang berlebihan setiap harinya. Fasilitas-fasilitas yang terdapat di Laboratorium Program Studi Teknik Informatika Universitas Mataram tentunya memiliki daya listrik yang berbeda-beda, jika penggunaan fasilitas tersebut dilakukan setiap hari, maka dapat dipastikan daya listrik yang terpakai sangat banyak. Penggunaan daya atau energi listrik yang berlebihan ini dapat membawa dampak negatif.

Berdasarkan data yang didapatkan dari Pusat Perancangan Undang-Undang, Badan Keahlian, Dewan Perwakilan Rakyat Republik Indonesia, Tahun 2018 mengenai situasi kebutuhan energi di Indonesia dari tahun 2000 sampai dengan 2030 akan mengalami pemasokan energi fosil yang semakin menurun dan mengalami peningkatan terhadap penggunaannya. Peningkatan penggunaan energi fosil tidak lepas sebagai bahan bakar dari energi listrik, karena energi fosil merupakan sumber daya alam yang tidak terbarukan, maka dengan peningkatan penggunaannya tersebut energi fosil dapat mengalami pemasokan yang menurun. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa perlunya meminimalisir pemakaian energi fosil sebagai bahan bakar energi listrik. Dari permasalahan tersebut, hal yang dapat dilakukan untuk meminimalisir penggunaan energi fosil sebagai bahan bakar energi listrik adalah dengan menggunakan

energi yang terbarukan seperti energi angin, energi surya, energi air, energi biomassa, dan energi panas bumi [1].

Dari pernyataan tersebut, cara yang bisa dilakukan berdasarkan permasalahan penelitian adalah menerapkan energi terbarukan seperti energi surya sebagai alokasi sumber listrik. Untuk menerapkannya, membutuhkan solar panel untuk mendapatkan energi listrik, tetapi harga yang dibutuhkan tidak sedikit. Solusi yang bisa dilakukan adalah dengan mengajukan penganggaran kepada pihak terkait. Namun, solusi tersebut bisa direalisasikan jika terdapat data konsumsi energi di Laboratorium. Oleh karena itu, untuk mendukung penerapan tersebut perlu dilakukan riset mengenai pemantauan terhadap konsumsi penggunaan daya listrik di Laboratorium Program Studi Teknik Informatika Universitas Mataram. Solusi permasalahan tersebut diterapkan dalam penelitian dengan judul “Pembuatan Outlet Listrik Cerdas dengan Smart Meter untuk Monitoring Daya Listrik dari Perangkat Komputasi di Laboratorium Program Studi Teknik Informatika Universitas Mataram”.

Konsep outlet listrik cerdas untuk mendapatkan data dari konsumsi penggunaan daya listrik yang terpakai di Laboratorium Program Studi Teknik Informatika serta cerdas dari segi pemecahan permasalahan. Tampilan dari sistem yang dibuat berbasis website karena memiliki fleksibilitas sistem operasi dan perangkat, serta proses monitoring yang dilakukan dilakukan secara real time. Dengan solusi yang diusulkan tersebut, tentunya dapat memantau penggunaan daya listrik yang digunakan di Laboratorium Program Studi Teknik Informatika Universitas Mataram sehingga dapat memperoleh data konsumsi penggunaan daya listrik.

Protokol komunikasi yang akan digunakan pada penelitian ini adalah Message Queue Telemetry Transport (MQTT) karena dapat bekerja di dalam lingkungan yang terbatas sumber dayanya seperti kecilnya bandwidth, dapat bekerja dengan energi dan penyimpanan yang minim, dan protokol menjamin terkirimnya semua pesan walaupun koneksi terputus sementara [2]. Teknis pengirimannya dengan mengirim publish ke ESP32 yang sudah terinstall MQTT dan di subscribe sehingga akan ditampilkan pada website dan SD Card melalui Module Micro SD. Dengan karakteristik yang dimiliki MQTT ini, maka dapat digunakan di dalam penerapan Internet of Things (IoT).

II. TINJAUAN PUSTAKA

Penelitian pada sitasi nomor [3] membuat sistem monitoring penggunaan daya listrik dengan menggunakan sensor arus SCT013-100 dan diakses dengan platform android. Cara kerjanya yaitu sensor arus SCT013-100 yang terhubung dengan Arduino Uno akan membaca gelombang arus kemudian akan mengirim data ke aplikasi smartphone melalui bluetooth [3]. Namun, pada penelitian ini sensor yang akan digunakan yaitu sensor arus PZEM-004T yang terhubung dengan Mikrokontroler ESP32 dan proses pengiriman datanya dikases dengan platform *website*.

Penelitian pada sitasi nomor [4] difokuskan untuk dapat mengontrol dan memonitoring pemakaian daya listrik, khususnya pada peralatan elektronika yang memiliki konsumsi daya tinggi dengan menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560. Sensor arus yang digunakan pada penelitian ini adalah ACS712, kemudian aplikasi yang digunakan untuk kontrol monitoring daya perangkat elektronika dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman php sebagai interface utama dan MySQL sebagai pengolah datanya yang kemudian dikonversi menjadi aplikasi Android [4]. Dalam hal ini perbedaannya terletak pada penggunaan mikrokontroler dimana pada penelitian ini mikrokontroler yang digunakan adalah ESP32. Selain itu sensor arus yang digunakan adalah sensor arus PZEM-004T yang bisa mengukur arus bolak balik dan monitoring penggunaan daya listrik pada penelitian yang diusulkan diakses melalui *website*.

Penelitian pada sitasi nomor [5] membuat sebuah alat kendali dan monitoring daya listrik pada peralatan rumah tangga dengan menggunakan alat ESP32 sebagai modul Wi-Fi untuk mengakses mikrokontroler ke jaringan sehingga dapat mengambil data yang akan ditampilkan pada Aplikasi Blynk [5]. Begitu pula pada penelitian yang diusulkan yaitu membuat alat pengukur energi atau daya listrik serta menggunakan NodeMCU ESP32 sebagai modul Wi-Fi untuk mengakses mikrokontroler ke jaringan. Perbedaan dengan penelitian yang diusulkan tidak menggunakan aplikasi pendukung seperti Blynk namun menggunakan *website*.

Penelitian pada sitasi nomor [6] diketahui bahwa pada penelitian tersebut digunakan Micro SD sebagai media penyimpanan laporan dan untuk hasil laporan yang didapatkan berupa TXT [6]. Begitu pula pada penelitian yang dilakukan menggunakan format TXT. Namun, pada penelitian yang diusulkan Micro SD hanya digunakan untuk merekap data penggunaan daya listrik ketika jaringan terputus sementara sehingga bisa dilakukan penyelarasan antara data dalam database dan dalam Micro SD.

Penelitian pada sitasi nomor [7] memiliki tujuan untuk mengefisiensi penggunaan energi listrik di gedung laboratorium dengan cara (i) Melakukan monitoring terhadap penggunaan listrik di gedung laboratorium, (ii) Melakukan manajemen energi untuk mengurangi penggunaan energi listrik [7]. Begitu pula pada penelitian yang diusulkan akan merancang suatu alat untuk melakukan monitoring terhadap penggunaan listrik di Laboratorium PSTI Universitas Mataram. Namun, perbedaannya adalah penelitian tersebut menerapkan manajemen energi untuk mengurangi penggunaan energi listrik, sedangkan penelitian yang diusulkan tidak menerapkannya dan hanya melakukan monitoring saja sebagai riset terhadap penggunaan daya listrik di Laboratorium PSTI Universitas Mataram.

Penelitian pada sitasi nomor [8] memiliki tujuan untuk menghasilkan sebuah alat yang dapat memberikan informasi terkait nilai Intensitas Konsumsi Energi agar dapat menerapkan penghematan energi. Mikrokontroler

yang digunakan dalam pembuatan sistem kontrol tersebut adalah Atmega328P yang dilengkapi dengan modul GSM untuk mengirimkan hasil konsumsi energi listrik [8]. Begitu pula pada penelitian yang diusulkan menghasilkan sebuah alat untuk monitoring penggunaan daya listrik di Laboratorium PSTI Universitas Mataram agar mendapatkan informasi mengenai konsumsi energi. Namun, perbedaannya adalah informasi mengenai Intensitas Konsumsi Energi yang didapatkan pada penelitian yang diusulkan digunakan sebagai riset untuk menerapkan energi surya sebagai alokasi sumber listrik. Kemudian, pada penelitian yang diusulkan tidak menggunakan mikrokontroler Atmega328P dan modul GSM untuk mengirimkan hasil konsumsi energi listrik tetapi menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 untuk mengirimkan data konsumsi daya listrik.

Penelitian pada sitasi nomor [9] diketahui bahwa komunikasi data yang digunakan adalah protokol MQTT dengan sensor arus yang digunakan PZEM-004T dan modul Wi-Fi yang digunakan adalah ESP8266-01 atau ESP01 [9]. Persamaan dengan penelitian yang diusulkan yaitu penggunaan protokol MQTT sebagai protokol komunikasi data, dan sensor PZEM-004T sebagai sensor arus. Namun, perbedaan dengan penelitian yang diusulkan terdapat pada penggunaan alat lainnya seperti, NodeMCU ESP32, Module Micro SD, dan Modul 1 Relay (Relay Module).

Penelitian pada sitasi nomor [10] diketahui bahwa tujuan penelitian tersebut adalah merancang bangun perangkat WSN untuk melakukan pengukuran listrik secara terdistribusi pada setiap ruangan yang ditunjuk untuk dilakukan audit oleh sistem. Penelitian tersebut merupakan project besar yang dilakukan bersama PLN distribusi Denpasar [10]. Namun, pada penelitian yang diusulkan melakukan monitoring listrik untuk mengetahui data dari penggunaan daya listrik dan data tersebut digunakan sebagai acuan bagi riset yang lain. Selain itu perbedaan dari penelitian yang diusulkan bukan merupakan project besar yang tidak dilakukan bersama PLN.

Relevansi antara penelitian terkait dengan penelitian yang akan dilakukan adalah memiliki posisi yang sama dalam monitoring konsumsi daya listrik, namun perbedaan yang terletak dari semua penelitian terkait yang telah dijelaskan bahwa penelitian yang akan dilakukan fokus dalam pengambilan data konsumsi daya listrik yang dapat menjadi acuan bagi riset yang lain.

III. METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat tahapan-tahapan yang dilakukan Pembuatan *Outlet* Listrik Cerdas dengan *Smart Meter* untuk *Monitoring* Daya Listrik dari Perangkat Komputasi di Laboratorium Program Studi Teknik Informatika Universitas Mataram” ini terdiri dari analisis kebutuhan sistem, perancangan arsitektur sistem, perancangan perangkat keras, perancangan perangkat lunak, pengujian dan evaluasi, serta dokumentasi dan laporan.

A. Analisis Kebutuhan Sistem

Pada tahap analisis kebutuhan sistem, persyaratan pengembangan akan dianalisis sistem. Analisis yang akan dilakukan meliputi analisis kebutuhan alat dan bahan. Adapun perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

1. Laptop digunakan sebagai media pengembangan dan alat pengujian sistem.
2. Sistem operasi yang digunakan adalah *Windows 10*.
3. Aplikasi *Visual Studio Code* sebagai pembuatan sistem *website*.
4. Aplikasi *Arduino IDE* untuk memprogramkan alat yang digunakan dalam penelitian.
5. ESP32 sebagai mikrokontroler dan modul Wi-Fi
6. 1 buah Sensor PZEM-004T sebagai deteksi arus listrik.
7. 1 *Module Micro SD* sebagai *module* untuk memasukkan *SD Card*.
8. 1 buah *SD Card*.
9. 1 buah *Relay Module* sebagai *switch on/off*.
10. Stop kontak untuk menyambungkan alat dengan perangkat elektronik yang ingin diukur

B. Rancangan Arsitektur Sistem



Gambar 1. Rancangan Arsitektur Sistem

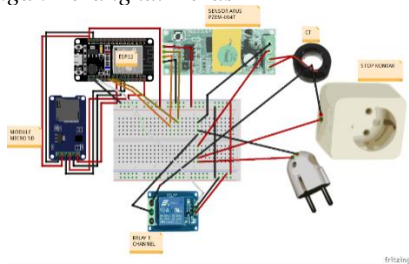
Arsitektur Pembuatan *Outlet* Listrik Cerdas dengan *Smart Meter* untuk *Monitoring* Daya Listrik dari Perangkat Komputasi di Laboratorium Program Studi Teknik Informatika Universitas Mataram dapat dilihat pada Gambar 1. Proses-proses yang berjalan yaitu:

1. Stop Kontak (A) digunakan sebagai penghubung antara perangkat keras yang sudah dirancang dan tersambung ke sensor PZEM-004T (B) dengan perangkat elektronik yang akan diambil datanya.
2. Sensor Arus PZEM-004T (B) digunakan sebagai sensor untuk mengukur arus dari perangkat elektronik yang akan diukur. Sensor akan digunakan untuk mendapatkan data penggunaan daya listrik dari perangkat-perangkat yang diujikan. Hasil pembacaan yang dilakukan sensor akan diterima oleh NodeMCU ESP32 (C) sebagai parameter mengeksekusi perintah

yang dilakukan untuk mendapatkan data penggunaan daya listrik.

3. NodeMCU ESP32 (C) yang merupakan mikrokontroler serta sebagai modul Wi-Fi digunakan untuk untuk mengeksekusi perintah dari sensor PZEM-004T kemudian akan disimpan ke SD Card (E) serta data tersebut akan dikirim menggunakan *protocol* MQTT (F) yang terinstall di laptop sehingga data tersebut dapat tersimpan ke dalam *database* kemudian akan ditampilkan ke *website* (G). Jika pada saat proses pengambilan data, mikrokontrolernya panas, maka bisa disambungkan dengan adapter (D).
4. *Relay Module* (H) berperan sebagai saklar otomatis untuk mengendalikan perangkat dengan tegangan tinggi serta berfungsi sebagai saklar otomatis untuk mengamankan komponen lain ketika terdapat arus yang berlebihan yang dideteksi oleh sensor PZEM-004T (B). *Relay Module* ini tersambung dengan sensor secara langsung.
5. *Module Micro SD* (E) digunakan untuk meletakkan SD Card agar merekap data penggunaan daya listrik jika terjadi gangguan listrik. Data penggunaan daya listrik yang sudah dikirimkan dengan NodeMCU ESP32 (C) kemudian disimpan ke SD Card (F).

C. Rancangan Perangkat Keras



Gambar 2. Rancangan Perangkat Keras

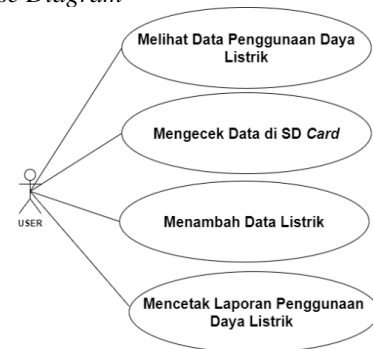
Rancangan perangkat keras untuk sistem yang dibuat, terdapat NodeMCU ESP32 yang terhubung dengan Sensor PZEM-004T, *Module Relay 1 Channel*, *Module Micro SD*, dan Stop Kontak melalui media *breadboard* sehingga menjadi satu perangkat. Sensor PZEM-004T yang terhubung ke NodeMCU ESP32 akan mengirimkan data penggunaan daya listrik dari perangkat-perangkat yang diujikan. Hasil pembacaan yang dilakukan sensor akan diterima oleh NodeMCU ESP32 dan akan dikirim melalui *protocol* MQTT ke dalam *database* sehingga dapat ditampilkan melalui *website*. NodeMCU ESP32 harus terkoneksi *internet* agar data dapat terkirim. Kemudian data yang didapatkan juga akan tersimpan di SD Card melalui *Module Micro SD* untuk merekap data ketika dalam kondisi gangguan jaringan. Dengan adanya SD card maka ketika kondisi gangguan listrik data tersebut tidak hilang dan dapat dilakukan penyalinan data.

Relay yang terhubung dengan sensor PZEM-004T berfungsi untuk mengendalikan perangkat dengan tegangan tinggi serta berfungsi sebagai saklar otomatis untuk mengamankan komponen lain ketika terdapat arus yang berlebihan yang dideteksi oleh sensor PZEM-004T. *Relay* akan tersambung ke ESP32 dengan menggunakan kabel *jumper*. Berikut adalah gambar rancangan perangkat keras sistem.

D. Rancangan Perangkat Lunak

Pada tahap perancangan perangkat lunak, dilakukan perancangan sistem untuk merancang *website* guna melakukan monitoring terhadap daya listrik. Dalam pembuatan sistem berbasis *web* dibangun menggunakan HTML, PHP, MySQL, *framework bootstrap* serta perancangan komunikasi MQTT.

D.1 Use Case Diagram



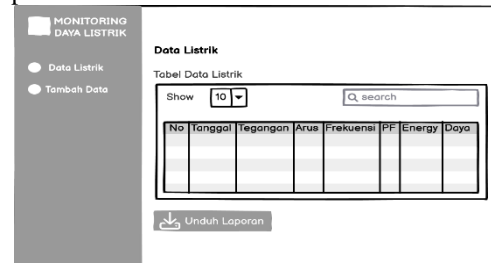
Gambar 3. Use Case Diagram

Gambar 3 merupakan rancangan *Use Case Diagram* dari sistem yang akan dibuat. *User* memiliki kendali untuk melihat data penggunaan daya listrik, mengecek data di SD Card, menambah data listrik, dan mencetak laporan penggunaan daya listrik.

D.2 Desain Interface

Gambar dibawah ini merupakan desain rancangan *interface* yang akan dibuat. Terdapat dua halaman pada sistem yang akan dibuat, diantaranya Halaman Data Listrik, dan Halaman Tambah Data.

1) Tampilan Halaman Data Listrik



Gambar 4. Tampilan Halaman Data Listrik

Gambar 4 merupakan desain dari halaman Data Listrik yang berisi tabel data tegangan, arus, frekuensi, pf, energy, dan daya listrik dari perangkat elektronik yang digunakan di Laboratorium PSTI Universitas Mataram.

2) Tampilan Halaman Tambah Data

MONITORING DATA LISTRIK

● Data Listrik

● Tambah Data

Tambah Data Listrik

Tambah Data

No

Nomor

Tanggal

Ed/mn/yr

Tegangan

Tegangan

Arus

Arus

Frekuensi

Frekuensi

pf

Energy

Energy

Daya

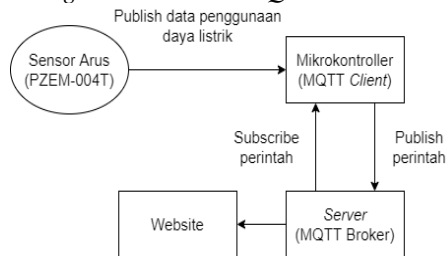
Daya

Simpan

Gambar 5. Tampilan Halaman Tambah Data

Gambar 5 merupakan desain dari halaman tambah data yang berisi berfungsi untuk memasukkan data tegangan, arus, frekuensi, pf, energy, dan daya listrik jika terdapat data yang tidak terbaca di *database* dan tersimpan di SD Card.

D.3 Rancangan Komunikasi MQTT



Gambar 6. Rancangan Komunikasi MQTT

Gambar 6 merupakan rancangan komunikasi MQTT sistem yang akan dibuat. Mikrokontroler akan membaca data atau informasi mengenai penggunaan daya listrik dari sensor arus. Berdasarkan informasi yang didapat, *user* mengirimkan perintah ke mikrokontroler (MQTT Client) untuk *publish* data penggunaan daya listrik, selanjutnya data tersebut akan ditampilkan ke dalam *website*.

E. Pengujian dan Evaluasi Sistem

Pada tahap pengujian dan evaluasi sistem akan dilakukan pengujian terhadap sistem yang telah dibangun. Pada penelitian ini, teknik pengujian yang digunakan yaitu metode *black box*, menguji kelayakan fungsi sistem, dan menguji kelayakan fungsi fitur. Adapun tahap pengujiannya adalah sebagai berikut:

E.1 Pengujian Black Box

Pengujian menggunakan metode *black box* dilakukan untuk mengamati dan menganalisa fungsionalitas fitur-fitur pada sistem *monitoring* penggunaan daya listrik, apakah sistem yang dibangun dapat mengambil data listrik dengan baik.

E.2 Pengujian Kelayakan Fungsi Sistem

Pengujian metode ini dibuat untuk mendapatkan data penggunaan daya listrik dan pengujian ini menentukan kesimpulan dari penelitian yang dilakukan. Pengujiannya dilakukan dengan melewati beberapa skema. Adapun skema pengujian yang dilakukan yaitu:

- 1) Membandingkan perangkat dengan spesifikasi perangkat.
- 2) Lamanya pengukuran dengan spesifikasi perangkat.

3) Kondisi gangguan listrik dan tersimpannya data ke SD Card.

4) Pengujian fitur *website*.

5) Pengujian perbandingan konsumsi antar perangkat.

E.3 Pengujian Kelayakan Fungsi Fitur

Pengujian metode ini dibuat dilakukan dengan *user* untuk memvalidasi manfaat dan kegunaan dari sistem monitoring penggunaan daya listrik yang telah dirancang. Pada pengujian ini dilakukan dengan melakukan pengecekan *website* diantaranya bisa melihat data penggunaan daya listrik, dan mencetak laporan. Selain pada *website*, *user* bisa memvalidasi data yang masuk ke dalam SD Card.

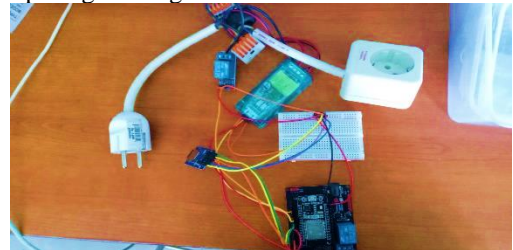
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Realisasi Sistem

Pada bab ini akan membahas hasil dari penelitian yang telah dirancang yaitu “Pembuatan *Outlet* Listrik Cerdas dengan *Smart Meter* untuk *Monitoring* Daya Listrik dari Perangkat Komputasi di Laboratorium Program Studi Teknik Informatika Universitas Mataram”.

A.1 Realisasi Penyusunan Perangkat Keras

Pada sub bab ini merupakan tahap realisasi penyusunan perangkat keras dari Pembuatan *Outlet* Listrik Cerdas dengan *Smart Meter* untuk *Monitoring* Daya Listrik dari Perangkat Komputasi di Laboratorium Program Studi Teknik Informatika Universitas Mataram berdasarkan rancangan perangkat keras pada bab sebelumnya. Implementasi perangkat keras yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar-gambar berikut:



Gambar 7. Realisasi Perangkat Keras

Gambar 7 di atas menunjukkan realisasi penyusunan perangkat keras dengan keterangan sebagai berikut:

- 1) NodeMCU ESP32, merupakan perangkat yang digunakan sebagai mikrokontroler yang menjadi inti dari kinerja keseluruhan alat. NodeMCU ESP32 berfungsi untuk menangkap nilai sensor arus yang telah di konversi oleh sensor PZEM-004T dan digunakan sebagai pengirim data menuju *broker* dengan menggunakan protokol komunikasi data MQTT berdasarkan topik tertentu.
- 2) Sensor PZEM-004T, merupakan sensor yang digunakan untuk membaca nilai tegangan, arus, frekuensi, pf, *energy*, dan daya pada perangkat elektronik.
- 3) Modul Relay, merupakan perangkat yang digunakan sebagai *switch on/off* dengan 1 channel untuk mengamankan komponen lain ketika terdapat arus

yang berlebihan yang dideteksi oleh sensor PZEM-004T.

- 4) Modul SD Card, merupakan modul yang digunakan untuk menempatkan SD Card yang berfungsi untuk menyimpan data penggunaan daya listrik.
- 5) Stop kontak, merupakan terminal untuk menghubungkan perangkat yang akan diuji dengan perangkat keras yang sudah dibuat.

A.2 Realisasi Interface Sistem

Pada sub bab ini merupakan tahap pembuatan *website* menggunakan bahasa pemrograman PHP. Berikut merupakan realisasi dari *interface* Pembuatan *Outlet Listrik Cerdas dengan Smart Meter untuk Monitoring Daya Listrik dari Perangkat Komputasi di Laboratorium Program Studi Teknik Informatika Universitas Mataram* yang terdiri dari dua halaman, yaitu halaman data listrik dan halaman tambah data.

Gambar 8. Halaman Data Listrik

Gambar 9. Halaman Tambah Data

B. Pengujian Sistem

Pada sub bab ini merupakan pengujian sistem yang dilakukan untuk mengetahui apakah sistem yang dibangun meliputi perangkat keras dan perangkat lunak dapat berjalan sesuai dengan yang direncanakan.

B.1 Pengujian Black Box

Pengujian *black box* dilakukan untuk mengamati dan menganalisa fungsionalitas dari fitur pada sistem monitoring penggunaan daya listrik. Hal ini dilakukan untuk memastikan apakah sistem dapat berjalan sesuai dengan yang diharapkan atau tidak. Berikut hasil pengujian *black box*:

TABLE 1. PENGUJIAN BLACK BOX

No	Skenario Pengujian	Hasil yang Diharapkan	Ya	Tidak
1	NodeMCU ESP32 dapat membaca <i>input</i> sensor	Terbaca	✓	✗

2	NodeMCU ESP32 dapat terhubung ke MQTT broker di laptop	Terhubung	✓	✗
3	NodeMCU ESP32 bisa mengirimkan data ke laptop	Terkirim	✓	✗
4	Sensor PZEM-004T bisa membaca data penggunaan daya listrik di Laboratorium PSTI	Terbaca	✓	✗
5	SD Card bisa menyimpan data penggunaan daya listrik	Tersimpan	✓	✗
6	Relay Module bisa berfungsi menjadi saklar jika terdapat arus yang berlebihan	Berfungsi	✓	✗
7	Aplikasi bisa menyimpan data pada <i>database</i> MySQL	Tersimpan di Database	✓	✗
8	Website bisa menampilkan data dari MySQL	Tertampil	✓	✗
9	Website bisa menambahkan data listrik	Berhasil	✓	✗

B.2 Hasil Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian fungsi sistem secara keseluruhan dilakukan pada tanggal **24 Januari 2023 – 13 Maret 2023** dengan menggunakan 3 jenis perangkat yaitu Laptop, PC, *Handphone* yang terdapat di Laboratorium PSTI Universitas Mataram. Adapun skenario pengujiannya dilakukan dengan 5 skema pengujian, yaitu:

- 1) Membandingkan perangkat dengan spesifikasi perangkat, pengujian tahap ini dilakukan dengan cara membandingkan daya yang tertera pada spesifikasi perangkat dengan daya yang digunakan per menit sehingga akan memperoleh hasil daya yang dihabiskan. Hasil tersebut diperoleh dari selisih antara daya yang tertera pada perangkat dengan daya per menitnya. Berikut adalah hasil pengujiannya yang menunjukkan perbedaan daya yang terbaca setiap 1 menit, 5 menit, dan 10 menit dari setiap perangkat:

TABLE 2. HASIL PENGUJIAN PERBANDINGAN PERANGKAT DENGAN SPESIFIKASI PERANGKAT

No	Nama Perangkat (W)	Daya yang Tertera (W)	Daya Terukur (W)	Jumlah Menit	Selisih (W)
1	HP	7.8	6,1	1	1,7

			8	5	0,2
			8,2	10	0,4
2	Laptop	65	19	1	46
			31,1	5	33,9
			22,6	10	42,4
3	PC	65	44,2	1	20,8
			32,9	5	32,1
			33,6	10	31,4

2) Lamanya pengukuran dengan spesifikasi perangkat, pengujian tahap ini dilakukan dengan cara mengukur daya per menit dari spesifikasi perangkat yang sama. Dari pengukuran tersebut akan dibandingkan apakah perangkat yang diukur akan selalu konstant dengan daya yang sama atau berubah-ubah. Berikut adalah hasil pengujiannya yang menunjukkan bahwa masing-masing perangkat memiliki daya yang berbeda dimana pengaruh pembukaan aplikasi yang cukup berat akan berpengaruh pada naik turunnya daya yang terukur terhadap lamanya waktu pengukuran. Selain itu, daya yang terukur selalu berubah yang bergantung pada lamanya waktu pengukuran:

TABLE 3. HASIL LAMANYA PENGUKURAN DENGAN SPESIFIKASI PERANGKAT

No	Nama Perangkat	Daya (W)	Waktu (Menit)	Skenario Pengujian		
1	Handphone	2,9	1	Hp dalam kondisi di charging dan tidak digunakan.		
		2,9	5			
		2,9	10			
		8	1	Hp dalam kondisi charging dan bermain game.		
		8,2	5			
		5,2	10			
		5,3	1	Hp dalam kondisi charging dan membuka beberapa aplikasi seperti WhatsApp dan Youtube		
		4,3	5			
		5,4	10			
		Rata-rata Daya Handphone		8 W		
		2	Laptop	27,6	1	Laptop dalam kondisi charging dan membuka beberapa aplikasi.
				30,7	5	
20,9	10					
18,5	1					

		17,3	5	Laptop dalam kondisi charging.
		16,1	10	
		19	1	Laptop dalam kondisi membuka aplikasi berat seperti game.
		31,1	5	
		22,6	10	
Rata-rata Daya Laptop		19 W		
3	PC	44,2	1	PC dalam kondisi membuka aplikasi pemrograman.
		32,9	5	
		28,9	10	
		33,6	1	PC dalam kondisi membuka beberapa aplikasi.
		30,6	5	
		46	10	
		28,8	1	PC dalam kondisi tidak digunakan.
		18,5	5	
32,9	10			
Rata-rata Daya PC		46 W		

3) Kondisi gangguan listrik dan tersimpannya data ke SD Card, pengujian tahap ini dilakukan dengan cara memetakan aliran listrik secara sengaja dengan tujuan mengetahui kondisi dari sensor PZEM-004T, apakah sensor tetap bekerja untuk membaca data dan apakah tersimpan ke SD Card atau tidak. Berikut adalah hasil pengujiannya yang menunjukkan bahwa hasilnya sesuai.

TABLE 4. HASIL PENGUJIAN KONDISI LISTRIK MATI DAN TERSIMPANNYA DATA KE SD CARD

No	Kondisi Listrik	Kondisi Sensor	Data Tersimpan Otomatis
1	Mati	Mati	Tersimpan

4) Pengujian fitur *website*, pengujian tahap ini dilakukan dengan cara melakukan semua pengujian di setiap fitur dari sistem yang dibuat diantaranya halaman data listrik, dan halaman tambah data. Berikut hasil pengujiannya yang menunjukkan bahwa kesimpulan pada tabel fitur pada *website* yang dibuat sudah berjalan sesuai dengan keinginan.

TABLE 5. HASIL PENGUJIAN FITUR WEBSITE

No	Fitur yang Diujikan	Hasil yang diharapkan	Ya	Tidak
1	Fitur Data Listrik	Bisa menampilkan data pada	✓	✗

		database ke dalam website		
2	Fitur Tambah Data	Bisa menambahkan data pada website	✓	✗
3	Fitur Download Data	Bisa mengunduh data pada website.	✓	✗

5) Perbandingan konsumsi antar perangkat, pengujian tahap ini dilakukan dengan cara membandingkan konsumsi antar perangkat yang di *charging* seperti *Handphone*, Laptop, dan PC terhadap daya total dari semua perangkat yang menyala. Hasil dari perbandingan tersebut akan menghasilkan daya total dari semua perangkat yang menyala melalui 1 stop kontak yaitu 93,2 W dan dari hasil tersebut diketahui bahwa PC memiliki persentase daya yang paling banyak digunakan diantara perangkat lainnya.

TABLE 6. HASIL PENGUJIAN PERBANDINGAN KONSUMSI ANTAR PERANGKAT

No	Nama Perangkat	Daya Perangkat (W)	Daya Total (W)	Persentase Daya Total terhadap Daya Perangkat (%)
1	<i>Handphone</i>	8	93,2	8,6
2	3 Buah PC	62,3		66,9

B.3 Hasil Pengujian Bersama User

Pada sub bab ini merupakan hasil pengujian sistem bersama user, dimana pengujian ini dilakukan dengan Bapak Dr. Eng. I Gde Putu Wirarama Wedashwara W. S.T., M.T selaku dosen Pembimbing sekaligus yang membutuhkan data penggunaan daya listrik. Pengujian dilakukan dengan menampilkan *video* pengujian sistem selama proses penelitian berlangsung dan memberikan hasil data-data pengujian kepada *user* dalam bentuk *file spreadsheet*. Adapun tanggapan yang diberikan oleh Bapak Wirarama terhadap sistem yang dibangun yaitu Beliau berpendapat bahwa sistem yang dibangun sudah sangat bagus dan data yang di dapatkan sudah tepat. Selain itu tanggapan dan arus yang terdeteksi sangat stabil yang dapat dilihat pada bagian lampiran.

Selain itu, melalui diskusi bersama user disimpulkan simulasi penggunaan energi terbarukan berbasis DC to DC. Perangkat yang diujikan memiliki batasan daya DC yang masih bisa di *cover* atau digantikan menggunakan Aki dengan tegangan yang sesuai. Sehingga sistem ini dapat digunakan untuk melakukan simulasi sistem DC to DC untuk ketiga perangkat yang diujikan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan pengujian yang telah dilaksanakan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Pengujian perbandingan perangkat dengan spesifikasi perangkat menunjukkan bahwa hasil yang diperoleh berdasarkan selisih antara daya yang terukur dengan daya yang tertera yang relatif naik dan turun.
- 2) Pada pengujian lamanya pengukuran dengan spesifikasi perangkat menunjukkan bahwa perangkat HP, Laptop, dan PC memiliki daya yang relatif lebih kecil jika perangkat tersebut hanya di *charging* saja.
- 3) Berdasarkan pengujian kondisi listrik mati dan tersimpannya data di SD Card menunjukkan bahwa pengujian yang dilakukan telah berhasil berdasarkan skenario pengujian.
- 4) Pengujian fitur *website* menunjukkan hasil yang valid berdasarkan hasil yang diharapkan.
- 5) Dari hasil pengujian tahap akhir yaitu pengujian perbandingan konsumsi antar perangkat menghasilkan daya total sebesar 93,2W dengan persentase HP = 8,6% dan PC = 66,9% dari semua perangkat yang menyala melalui 1 stop kontak.

REFERENCES

- [1] Badan Keahlian DPR RI, "Rancangan Undang-Undang Energi Baru Dan Terbarukan," 2018, p. 3.
- [2] Edy Supriyadi and S. Dinaryati, "Rancang Bangun System Monitoring dan Kendali Listrik Rumah Tangga Berbasis ESP8266 NodeMCU," *Sinusoida*, vol. 22, no. 4, p. 16, 2020.
- [3] S. Mustafa and U. Muhammad, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Di Rumah Tangga," *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., vol. 17, no. 3, pp. 6–27, 2020.
- [4] T. D. Hendrawati, Y. D. Wicaksono, and E. Andika, "Internet of Things: Sistem Kontrol-Monitoring Daya Perangkat Elektronika," *JTERA (Jurnal Teknol. Rekayasa)*, vol. 3, no. 2, p. 177, 2018.
- [5] A. P. W. Hendrawan and N. P. Agustini, "Simulasi Kendali Dan Monitoring Daya Listrik Peralatan Rumah Tangga Berbasis ESP32," *Wahyu Hendrawan A.P, Ni Putu Agustini*, vol. 3, p. 54, 2022.
- [6] Windi and Stephan, "Analisa Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik pada Ruangan Di Gedung Elektro Menggunakan Arduino Mega 2560 Berbasis SMS," *Politek. Negeri Bengkalis*, no. <https://eprosiding.snit-polbeng.org/index.php/snit/issue/view/1>, pp. 75–82, 2018.
- [7] D. Despa, M. A. Muhammad, A. Surinato, A. Hamni, G. F. Nama, and Y. Martin, "Monitoring dan Manajemen Energi Listrik Gedung Laboratorium Berbasis Internet of Things (IoT)," p. 3, 2018.
- [8] I. W. Sukadana, D. Prayoga, and I. W. Suriana,

- “Sistem Monitoring dan Audit Energi Listrik Berbasis Internet Of Things (IOT),” *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 7, no. 2, p. 139, Aug. 2021.
- [9] R. Z. Pratama and H. Nurwarsito, “Monitoring Penggunaan Daya Listrik menggunakan Protokol MQTT berbasis Web,” *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 3, no. 11, pp. 10820–10826, 2019.
- [10] I. G. P. W. W. Wirawan, C. Ahmadi, I. G. E. W. Putra, and M. Rusli, *Audit Energi Berbasis Artificial Internet of Things sebagai Pendukung Strategi Distribusi Listrik pada PLN Distribusi Denpasar*, vol. 2, no. January. 2018.
- [11] D. A. Putra and R. Mukhaiyar, “Monitoring Daya Listrik Secara Real Time,” *Voteteknika (Vocational Tek. Elektron. dan Inform.)*, vol. 8, no. 2, p. 26, 2020.
- [12] M. A. H. Saifuddin, I. A. Djufri, and M. N. Rahman, “Analisa Kebutuhan Daya Listrik Terpasang Pada Gedung Kantor Bupati Kabupaten Halmahera Barat,” *J. PROtek*, vol. 05, no. 1, pp. 49–57, 2018.
- [13] A. D. Pangestu, F. Ardianto, and B. Alfaresi, “Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266,” *J. Ampere*, vol. 4, no. 1, p. 187, 2019.
- [14] C. Stojescu-Crisan, C. Crisan, and B.-P. Butunoi, *Access Control and Surveillance in a Smart Home*. Elsevier B.V., 2021.
- [15] M. S. Hossain, M. Rahman, M. T. Sarker, M. E. Haque, and A. Jahid, “A smart IoT based system for monitoring and controlling the sub-station equipment,” *Internet of Things (Netherlands)*, vol. 7, p. 100085, 2019.
- [16] I. Anshori, G. F. Mufiddin, I. F. Ramadhan, E. Ariasena, S. Harimurti, H. Yunkins, and C. Kurniawan, “Design of smartphone-controlled low-cost potentiostat for cyclic voltammetry analysis based on ESP32 microcontroller,” *Sens. Bio-Sensing Res.*, vol. 36, no. March, p. 100490, 2022.
- [17] A. M. Alipudin, D. Notosudjono, and D. B. Fiddiansyah, “Rancang bangun alat monitoring biaya listrik terpakai berbasis internet of things (IOT),” *J. Eng.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–11, 2019.
- [18] A. Tanjung, R. Pramana, S. Nugraha, and M. Eng, “Prototipe Sistem Monitoring Daya Pada Kwh Meter 1 Phase Dan Sistem Kontrol on / Off Via Sms Module,” *Tek. Elektro Umr.*, pp. 1–7, 2017.
- [19] Mario, B. P. Lapanoro, and Muliadi, “Rancang Bangun Sistem Proteksi dan Monitoring Penggunaan Daya Listrik Pada Beban Skala Rumah Tangga Berbasis Mikrokontroler ATMega328P,” *ProQuest Diss. Theses*, vol. VI, no. 01, p. 329, 2018.
- [20] Syaifurrahman and A. Aula, “Sistem Monitoring dan Proteksi pada Stop Kontak Berbasis IoT,” *JEPIN (Jurnal Edukasi dan Penelit. Inform.)*, vol. 8, no. 1, pp. 104–110, 2022.