

Rancang Bangun Sistem Meteran Listrik (Kwh Meter) Berbasis Iot Dengan Sistem Token *Online*

(*Design of IoT-Based Electricity Meter System (KWh Meter) with Online Token System*)

M Audi Adyan^[1], I Wayan Agus Arimbawa^[2], I Gde Putu Wirarama Wedashwara Wirawan^[3]

^[1] Program Studi Teknik Informatika, Universitas Mataram

Jl. Majapahit 62, Mataram, Lombok NTB, INDONESIA

Email: audiadyan123@gmail.com, [arimbawa, wirarama]@unram.ac.id

Abstract The need for electricity has become crucial in daily life, not only in households but also in the business sector, including room rentals or boarding houses. In the context of room rentals, the electricity consumption by occupants is a primary concern, especially with the abundance of electronic devices brought in and varying power consumption levels. However, the installation of electricity meters by the national electricity company (PLN) often faces challenges, such as a lack of transformer supply, double registrations, and slow installation processes. This leads many landlords not to install electricity meters in each room, causing them to include electricity usage costs in the room rent. This issue becomes more complex as each occupant has different levels of electricity consumption, which can result in losses for landlords if electricity usage is not controlled. As an alternative solution, the use of the Internet of Things (IoT) can be leveraged. This research utilizes the PZEM-004T sensor as a measuring device, NodeMCU V3 ESP8266 as a data processor and transmitter, and a website for monitoring. The research results show that the created device works well. The feature to add token will fail if the device cannot access the API for confirmation, and the current measurement accuracy from the used sensor is quite high, at 97.235%.

Keywords: Electric Meter, Monitoring System, IoT, NodeMCU V3, ESP8266, PZEM-004T.

I. PENDAHULUAN

Listrik merupakan salah satu kebutuhan yang sangat penting bagi umat manusia pada masa sekarang ini. Listrik digunakan untuk menggerakkan berbagai peralatan seperti peralatan elektronik yang sering dijumpai pada rumah tangga. Di Indonesia, kebutuhan listrik ini disediakan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN). Setiap konsumen akan membayar biaya sesuai dengan berapa banyak daya listrik yang dipakai. Alat yang digunakan untuk melakukan pengukuran konsumsi daya listrik yaitu *kilo Watt hour* (kWh) Meter atau biasa dikenal dengan nama meteran listrik [1].

Sektor bisnis juga tidak lepas dari penggunaan meteran listrik, contohnya saja bisnis penyewaan kamar atau kos-an. Hal ini dimaksudkan untuk memantauan penggunaan listrik pada setiap penghuni atau kamar kos. Karena dalam penyewaan kos tersebut tentunya tidak

sedikit penghuni kos yang membawa berbagai macam barang elektronik dengan daya yang tinggi untuk kebutuhan mereka.

Namun dalam praktiknya, seringkali terjadi kendala dalam pemasangan meteran listrik oleh PLN. Kendala yang sering ditemui antara lain kurangnya suplai trafo pada gardu distribusi, adanya pelanggan yang mendaftar ganda, dan lambatnya proses pemasangan. Akibat hal tersebut, banyak pemilik kos yang tidak memasang meteran listrik di setiap kamar. Sehingga pemilik kos cenderung memasukkan biaya penggunaan listrik ke dalam tarif sewa kamar. Namun, karena setiap kamar memiliki konsumsi listrik yang berbeda-beda, hal ini tentu saja dapat merugikan pemilik kos jika terjadi penggunaan listrik yang tidak terkontrol [2].

Oleh karena itu, salah satu solusi alternatif yaitu dengan memanfaatkan *Internet of Things* (IoT). IoT adalah sebuah konsep dimana suatu objek yang memiliki kemampuan untuk dapat melakukan pengiriman informasi melalui jaringan tanpa memerlukan campur tangan manusia. Dengan sistem yang sudah terkoneksi ke jaringan internet dapat memudahkan dalam melakukan pengontrolan dan *monitoring* dari jarak jauh secara *online* [3].

Berdasarkan permasalahan yang ada, terdapat solusi alternatif untuk menyelesaikan permasalahan tersebut. Yaitu dengan membuat meteran listrik yang sudah terintegrasi melalui jaringan internet dan dapat melakukan kontrol dan *monitoring* terhadap penggunaan daya listrik melalui *website*. Sistem ini menggunakan prinsip kerja IoT dimana memungkinkan terjadinya komunikasi antar perangkat yang terhubung untuk mengontrol ataupun melakukan *monitoring*. Dengan adanya sistem ini, diharapkan dapat membantu pemilik kos dalam mengontrol dan *me-monitoring* penggunaan listrik masing-masing penghuni kos.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Berikut ini beberapa penelitian terkait yang pernah dilakukan sebelumnya sebagai acuan untuk melakukan penelitian ini.

Penelitian tentang sistem *Monitoring* kWh Meter untuk Pembayaran Kos-Kosan dengan Menggunakan

Aplikasi Blynk dan ESP32 oleh Dimas Febryansyah. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem *monitoring* kWh meter untuk mengontrol kebutuhan listrik kos dengan memanfaatkan NodeMCU ESP32 dan sensor PZEM-004T. Hasil *monitoring* pada proyek ini berupa tegangan, arus, *power*, dan energi yang hanya dapat dilihat melalui aplikasi *android* Blynk [4].

Penelitian tentang Rancang Bangun Sistem *Monitoring* Panel Listrik dan Kontrol Listrik Kos berbasis IoT oleh I Made Agus Iwan Wisnawa, Ayu Manik Dirgayusari, I Gede Made Yudi Antara, Anak Agung Gede Ekayana, dan I Wayan Sudiarsa. Penelitian ini bertujuan untuk membuat sistem yang memudahkan pemilik kos untuk *me-monitoring* penggunaan listrik setiap kamar dan mengetahui perkiraan biaya. Alat yang dibuat sudah dapat di-*monitoring* melalui *website* dan terdapat riwayat data yang berhasil disimpan di *database*. Tingkat akurasi dari sensor PZEM-004T yang digunakan juga tinggi yaitu sebesar 100% untuk tegangan, arus 93%, dan daya 94%. Selain itu, *relay* yang digunakan dapat memutus tegangan yang memiliki daya melebihi 5A [5].

Penelitian tentang kWh Meter Listrik Digital berbasis IoT yang dibuat oleh Bintang Manggala Aji, Ahmad Fauzi Satria Negara, dan Hanny Fauzan Permana. Pada penelitian ini berhasil dikembangkan sistem meteran listrik yang di-*monitoring* melalui aplikasi *android*. Data yang ditampilkan berupa arus, daya terpakai, dan total biaya yang dibayarkan. Selain itu, sensor PZEM-004T yang digunakan mendapatkan akurasi yang cukup tinggi [6].

Penelitian terkait dengan Perancangan Alat Sistem *Monitoring* Energi Listrik Kos-Kosan berbasis *Internet of Things* (IoT) oleh Hario Pinandhito, Erwin Susanto, dan Agung Surya Wibowo. Penelitian ini bertujuan untuk *me-monitoring* penggunaan energi listrik kamar kos dari jarak jauh dengan menggunakan mikrokontroler NodeMCU ESP32 dan sensor PZEM-004T. Data berupa tegangan, arus, daya, energi, dan biaya dapat di-*monitoring* melalui aplikasi. Selain itu, disimpulkan bahwa sensor layak digunakan untuk *monitoring* energi listrik karena memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi [2].

Penelitian tentang Sistem *Monitoring* Pemakaian Energi Listrik Rumah Tangga Berbasis Web oleh Siska Ludfi Zaen, Solekhan, dan Imam Abdul Rozaq. Pada penelitian ini menggunakan NodeMCU ESP8266 dan sensor PZEM-004T. Sensor PZEM-004T digunakan untuk mengukur pemakaian energi listrik. Kemudian NodeMCU ESP8266 digunakan untuk melakukan pengolahan data yang didapat dari sensor dan dikirim ke *database* untuk ditampilkan ke *web*. Hasil pengujian yang didapatkan bahwa pengukuran yang dilakukan menggunakan sensor PZEM-004T memiliki tingkat akurasi yang tinggi, yakni sekitar 99,84% untuk tegangan, arus 99,84%, dan daya 98,62%. Selain itu, penelitian ini berhasil melakukan pengiriman data ke *database* dan ditampilkan pada *web* yang telah dirancang [7].

Penelitian tentang Perancangan Sistem *Monitoring* Konsumsi Daya Listrik Berbasis Android oleh Edi Kurniawan, Swi Songgo Pangaudi, dan Eko Nugroho Widjatmoko. Penelitian ini bertujuan membuat sistem yang dapat memantau penggunaan daya listrik untuk mengatasi masalah kesalahan pencatatan petugas PLN yang menyebabkan tagihan listrik tidak sesuai. Digunakan NodeMCU untuk pengolahan data, PZEM-004T untuk sensor arus dan tegangan, serta aplikasi *Blynk* untuk melakukan kontrol dan *monitoring*. Sensor PZEM-004T yang digunakan memiliki tingkat akurasi yang cukup tinggi [1].

Penelitian tentang Alat *Monitoring* Pemakaian Listrik Menggunakan Arduino Uno oleh Ya'aro Jose Sebastian Zega, Benefit Narasiang, dan Sherwin Sompie. Proyek yang dibuat sudah berhasil melakukan *monitoring* terhadap penggunaan listrik dan biaya dibayarkan. Tingkat akurasi sensor arus SCT-013-000 dan sensor tegangan ZMPT101B memiliki hasil yang cukup baik. Dimana perhitungan daya yang didapatkan dari sensor arus dan tegangan memperoleh persentase *error* sekitar 0,065% [8].

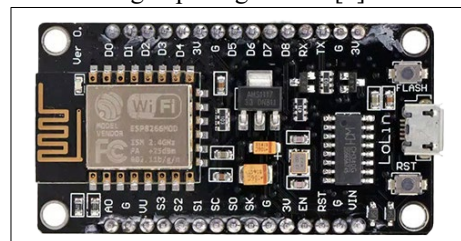
Penelitian tentang Prototipe Sistem *Monitoring* Konsumsi Energi Listrik serta Estimasi Biaya pada Peralatan Rumah Tangga berbasis *Internet of Things* oleh Mohamad Nursamsi Adiwiranto, Catur Budi Waluyo, dan Bambang Sudibya. Hasil pengujian, tingkat akurasi dari sensor PZEM-004T yang digunakan memiliki nilai yang tinggi yaitu tegangan 98,94%, arus 99,18%, dan daya 98,87%. Selain itu, prototipe sistem *monitoring* berhasil dibuat dan menampilkan data tegangan, arus, daya, dan estimasi biaya yang harus dibayar [3].

A. *Internet of Things* (IoT)

Internet of things (IoT) merupakan sebuah gagasan dimana semua benda yang ada di dunia nyata dapat saling berkomunikasi satu sama lain melalui jaringan internet sebagai penghubung. Dengan kata lain, IoT adalah sebuah konsep dimana suatu objek memiliki kemampuan untuk melakukan komunikasi data tanpa ada campur tangan manusia melalui suatu jaringan [3].

B. *NodeMCU V3 ESP8266*

NodeMCU V3 ESP8266 adalah sebuah platform IoT yang bersifat open-source yang menggunakan modul ESP8266 sebagai mikrokontrolernya. ESP8266 merupakan sistem-on-a-chip (SoC) yang terintegrasi dengan fungsi Wi-Fi. Modul ini memiliki tiga mode Wi-Fi yaitu station, access point, dan keduanya. Sehingga memungkinkan NodeMCU untuk membuat jaringan Wi-Fi sendiri, terhubung ke jaringan Wi-Fi, dan berkomunikasi dengan perangkat lain [1].



Gambar 1. NodeMCU V3 ESP8266

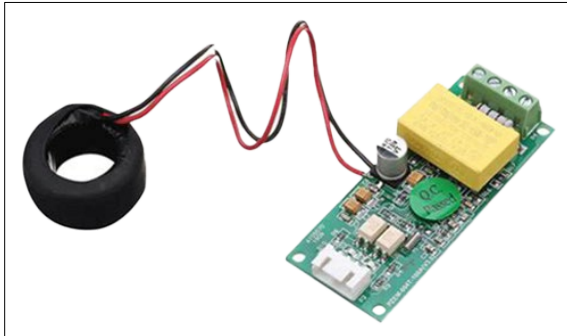
Dalam pengoperasiannya, NodeMCU perlu dimasukkan suatu program agar bekerja sesuai dengan apa yang diinginkan. Aplikasi yang dapat melakukan hal tersebut adalah Arduino.



Gambar 2. Aplikasi Arduino IDE

C. PZEM-004T

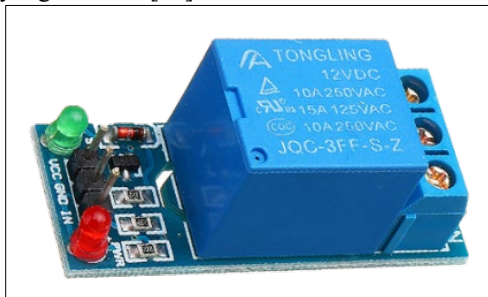
PZEM-004T merupakan sebuah modul yang berfungsi untuk melakukan pengukuran tegangan, arus, daya, frekuensi, energi, dan faktor daya yang dapat dihubungkan dengan berbagai jenis mikrokontroler. Modul ini terdapat 2 model, yaitu 10 ampere dan 100 ampere [1].



Gambar 3. PZEM-004T

D. Relay

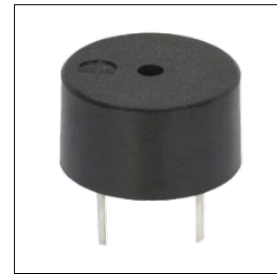
Relay merupakan komponen yang fungsinya seperti saklar. Relay dapat bekerja apabila terdapat arus pada pin input yang dimiliki [10].



Gambar 4. Relay 1 Channel

E. Buzzer Mini

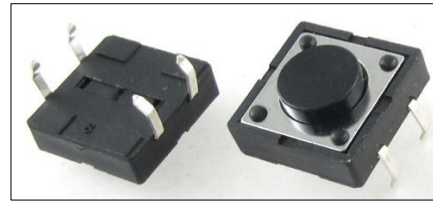
Buzzer mini merupakan komponen yang dapat mengeluarkan suara jika dialiri arus listrik. Dengan kata lain, komponen ini berfungsi layaknya speaker yang ukurannya kecil.



Gambar 5. Buzzer Mini

F. Push Button

Push button merupakan sebuah perangkat yang berfungsi untuk menghubungkan atau memutus aliran arus listrik. Cara kerjanya yaitu aliran listrik akan terhubung jika tombol ditekan dan terputus jika tombol tidak ditekan (dilepas) [11].



Gambar 6. Push button

G. Terminal Blok

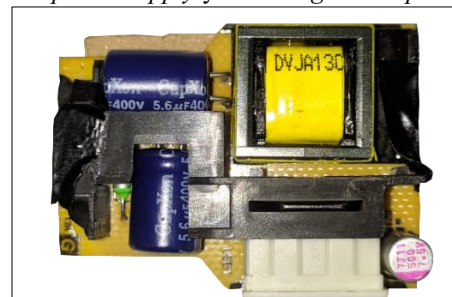
Terminal blok merupakan suatu komponen yang berfungsi sebagai tempat penghentian sementara arus listrik yang nantinya akan dihubungkan ke perangkat atau komponen lainnya.



Gambar 7. Terminal Blok

H. Power Supply

Power supply (catu daya) merupakan suatu rangkaian elektronik yang berfungsi untuk mengubah arus listrik AC (bolak – balik) menjadi arus listrik DC (searah) [12]. Salah satu contoh power supply yaitu charger handphone.



Gambar 8. Power supply (charger)

I. Multimeter

Multimeter adalah suatu alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur arus listrik, tegangan listrik,

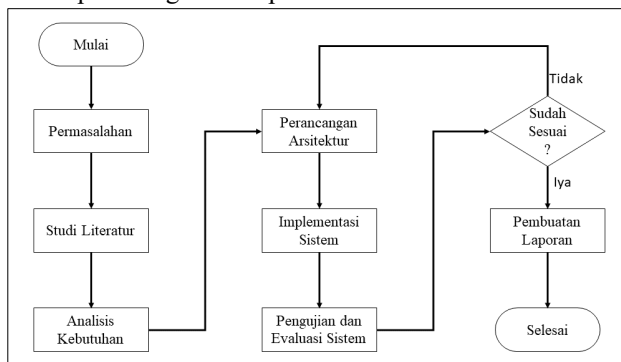
dan hambatan listrik. Multimeter terbagi menjadi dua jenis yaitu multimeter analog dan multimeter digital.



Gambar 9. Multimeter digital

III. METODE PENELITIAN

Untuk melakukan penelitian rancang bangun sistem meteran listrik (kWh meter) berbasis IoT dengan sistem token *online* dilakukan beberapa tahapan. Tahapan – tahapan yang dilakukan dalam proses penelitian dapat dilihat pada diagram alir pada Gambar 10.



Gambar 10. Diagram Alir Penelitian

Penelitian dimulai dengan mencari dan mengidentifikasi permasalahan atau kebutuhan yang akan diberikan solusi berdasarkan sistem yang akan dibuat. Pada tahap inilah dilakukan pengumpulan berbagai informasi yang dibutuhkan guna membantu untuk memahami masalah atau kebutuhan yang akan diselesaikan.

Selanjutnya melakukan studi literatur dengan mencari, memahami, mempelajari informasi yang dibutuhkan atau dengan kata lain melakukan riset terkait dengan informasi-informasi terkait dengan permasalahan yang akan diselesaikan oleh sistem yang akan dibuat. Informasi diperoleh dari berbagai sumber seperti jurnal, artikel, dan sumber penelitian lain yang berhubungan dengan penelitian ini.

Dilakukan analisis kebutuhan guna menentukan apa saja alat dan bahan yang dibutuhkan untuk dapat merancang dan membangun sistem. Setelah kebutuhan terpenuhi, perancangan arsitektur dari sistem dilakukan. Hal ini tentu saja untuk menentukan seperti apa dan bagaimana sistem tersebut akan dikembangkan. Mulai dari

bagaimana rancangan komponen-komponen alat sehingga berjalan sesuai dengan tujuan yang telah ditentukan. Serta rancangan mekanisme sistem yang diinginkan.

Setelah rancangan sudah selesai dilakukan, maka selanjutnya akan diwujudkan menjadi sistem yang dapat digunakan. Pada tahap inilah, perangkat keras dibuat beserta sistem yang digunakan untuk berkomunikasi sesuai dengan rancangan yang sudah dibuat sebelumnya.

Selanjutnya pengujian dan evaluasi perangkat sistem yang dibuat untuk memastikan bahwa sistem yang sudah dibuat dapat bekerja dan sesuai dengan apa yang diharapkan. Jika masih belum, maka akan dilakukan perbaikan dengan melakukan perancangan kembali sampai perangkat dan sistem benar-benar bekerja dengan baik.

Langkah terakhir yaitu melakukan penyusunan laporan yang berisikan penjelasan terkait dengan proses pembuatan perangkat sistem yang telah dilakukan sebelumnya. Laporan ini mencakup semua tahapan yang telah dilakukan sesuai dengan diagram alir yang ada, seperti studi literatur, analisis kebutuhan, hingga penyusunan laporan hasil penelitian

A. Analisis Kebutuhan Sistem

Pada tahap analisis kebutuhan sistem, dilakukan analisis dalam kebutuhan untuk merancang sistem meteran listrik. Analisis yang akan dilakukan terdiri dari alat dan bahan. Adapun perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*) yang dibutuhkan untuk merancang sistem, dapat dilihat sebagai berikut.

1. Perangkat Keras

Tabel 1. Perangkat Keras

No	Nama Perangkat	Keterangan
1	NodeMCU V3 ESP8266	Mikrokontroler yang berfungsi sebagai pusat pengendali dan kontrol alat
2	PZEM-004T	Modul sensor arus dan tegangan listrik AC
3	Relay 1 channel	Berfungsi sebagai <i>switch</i> (saklar)
4	Power Supply	Berfungsi sebagai penyedia listrik untuk mikrokontroler
5	Buzzer mini active	Speaker kecil
6	Push button	Tombol
7	Terminal blok	Penghubung kabel

2. Perangkat Lunak

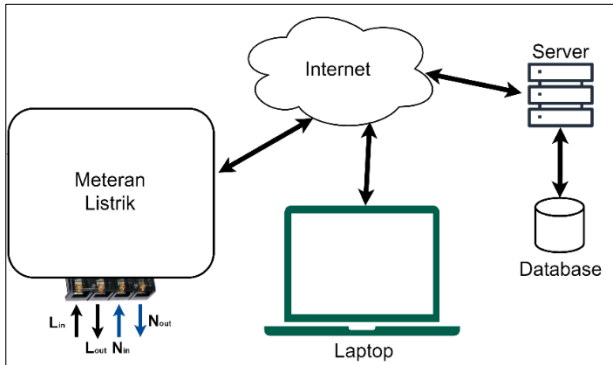
Tabel 2. Perangkat Lunak

No	Nama Perangkat	Keterangan
1	Arduino IDE	Aplikasi untuk membuat dan memasukkan <i>code</i> ke dalam mikrokontroler

2	Visual Studio Code	Aplikasi teks editor untuk membuat <i>code</i>
3	Google Chrome	Aplikasi <i>browser</i> untuk pengujian <i>website</i> (sistem <i>monitoring</i>)

B. Rancangan Arsitektur Sistem

Pada rancangan arsitektur sistem mengenai desain serta jalur komunikasi data dari sistem yang ditunjukkan pada Gambar 11.

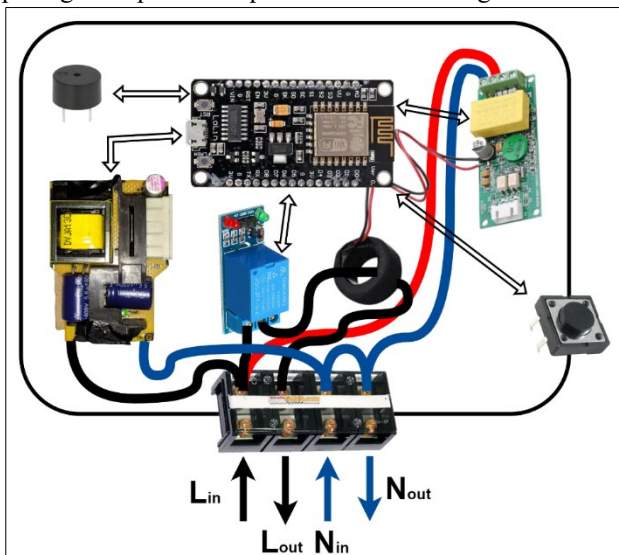


Gambar 11. Rancangan Arsitektur Sistem

Pada Gambar 11 dapat dilihat bahwa meteran listrik dapat mengirim atau menerima data dari internet yang nantinya akan dikirimkan ke *server* untuk disimpan ke *database* maupun ke pengguna untuk menampilkan data secara *realtime*. Selain mendapatkan data *realtime* dari meteran listrik, pengguna juga mendapatkan data dari *database*.

C. Rancangan Perangkat Keras

Pada tahap perancangan perangkat keras merupakan tahap untuk memulai penyusunan perangkat yang akan digunakan sebagai meteran listrik. Gambaran rancangan perangkat dapat dilihat pada Gambar 12 sebagai berikut.



Gambar 12. Rancangan Perangkat Keras

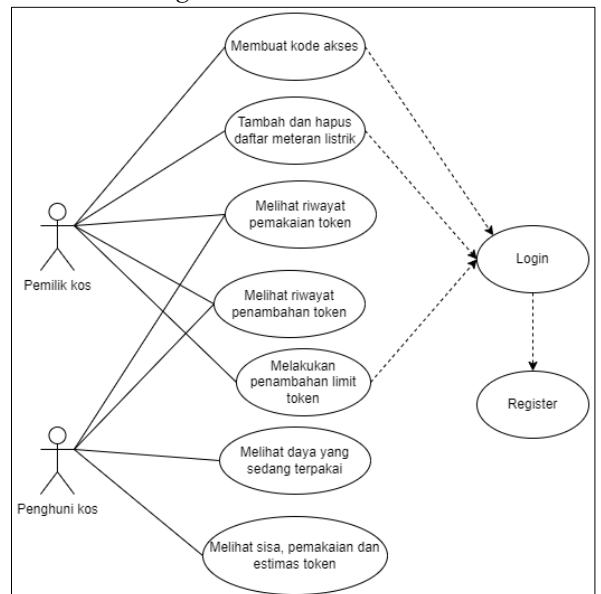
Pada Gambar 12, dapat dilihat komponen-komponen yang digunakan dalam perancangan perangkat keras yaitu NodeMCU V3 ESP8266, PZEM-004T, *relay*, *power supply*, LCD, *buzzer*, *button*, dan terminal blok. Adapun proses dan fungsi komponen, yaitu.

1. PZEM-004T akan mendeteksi arus, tegangan, dan daya listrik yang mengalir untuk dikirimkan ke mikrokontroler.
2. Mikrokontroler akan mengelola data yang didapatkan dari sensor arus dan tegangan untuk dikirimkan ke *website* maupun *database*.
3. Mikrokontroler akan melakukan pengurangan sisa token berdasarkan data yang didapatkan sebelumnya. Jika sisa token sudah dibawah batas nilai kWh yang ditentukan maka *buzzer* akan diaktifkan.
4. Jika pengisian tidak dilakukan sampai token habis. Maka *relay* akan diaktifkan oleh mikrokontroler, sehingga akan memutuskan arus yang mengalir.
5. *Button* digunakan untuk melakukan *reset* konfigurasi data, salah satunya yaitu konfigurasi *Wi-Fi* pada mikrokontroler.
6. Terminal blok berfungsi untuk menghubungkan arus listrik dari luar ke bagian dalam alat.

D. Rancangan Website

Pada tahap ini, dilakukan perancangan sistem *website* yang akan digunakan untuk melakukan *monitoring*. Fitur-fitur yang dibuat seperti melihat sisa token, riwayat pemakaian dan lainnya dapat dilihat melalui *website* ini.

D.1 Use Case Diagram



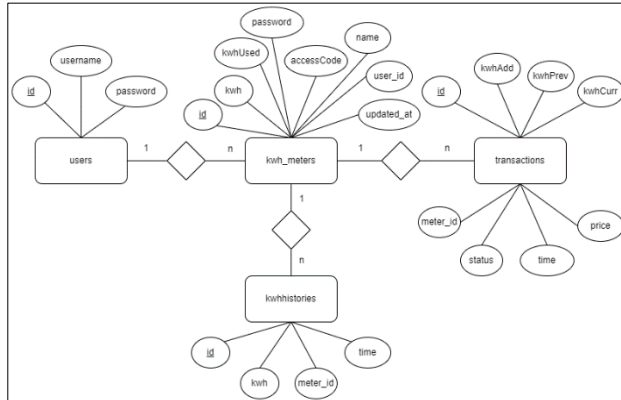
Gambar 13. Use Case Diagram

Pada gambar di atas, terdapat *user* sebagai pemilik kos dan penghuni kos. Pemilik kos dapat melakukan penambahan daftar meteran listrik yang akan dikontrol, melihat riwayat pemakaian dan penambahan token, serta melakukan penambahan limit token pada alat. Selain itu, pemilik kos juga dapat membuat kode akses yang nantinya dapat digunakan oleh penghuni kos untuk melakukan

monitoring. Namun pemilik kos harus melakukan *login* terlebih dahulu pada *website*.

Sedangkan penghuni kos hanya dapat melakukan monitoring dan tidak perlu melakukan *login* namun harus mengetahui kode akses dari meteran listrik yang ingin di-*monitoring*. Penghuni kos dapat melihat sisa, pemakaian, riwayat pemakaian, riwayat penambahan, dan waktu estimasi kapan token akan habis.

D.2 Entity Relationship Diagram



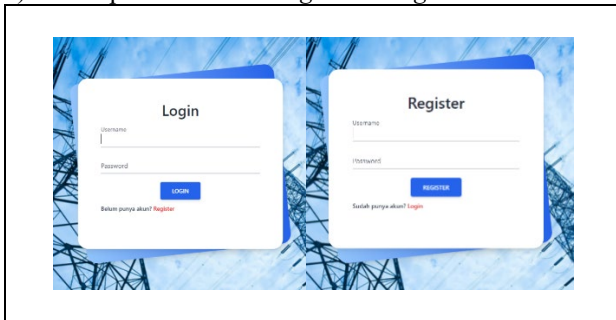
Gambar 14. Entity Relationship Diagram

Gambar 14 merupakan desain *database* yang akan digunakan untuk menyimpan data-data yang diperlukan. Terdapat data *user* (pemilik kos), data meteran listrik, daftar meteran yang ditambahkan, riwayat penambahan token yang dilakukan, serta riwayat pemakaian listrik akan disimpan pada *database*.

D.3 Desain Interface

Gambar dibawah ini merupakan desain rancangan *interface* yang akan dibuat. Terdapat 7 halaman pada sistem yang akan dibuat, diantaranya halaman *login*, *register*, halaman pemilik kos, *pop-up* tambah list meteran, *pop-up* kode akses, halaman awal, dan halaman untuk penghuni kos.

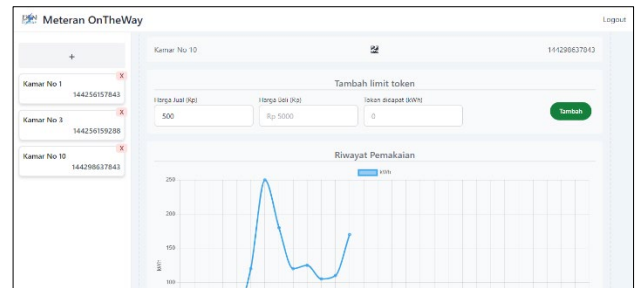
1) Tampilan Halaman Login dan Register



Gambar 15. Halaman login dan register

Gambar 15 merupakan tampilan halaman *login* dan *register*. *User* (pemilik kos) harus *login* terlebih dahulu sebelum dapat mengontrol meteran listrik. Jika belum memiliki akun, maka dapat melakukan pendaftaran akun terlebih dahulu.

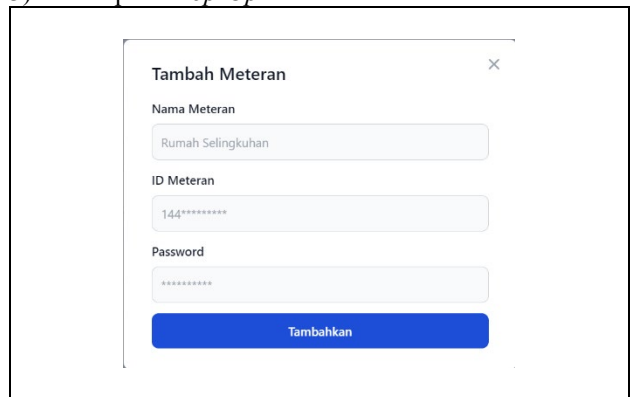
2) Tampilan Halaman Untuk Pemilik Kos



Gambar 16. Halaman untuk Pemilik Kos

Gambar 16 merupakan tampilan dari *website* untuk pemilik kos. Terdapat daftar meteran listrik yang dikontrol pada bagian sebelah kiri. Pemilik kos dapat melakukan penambahan token melalui halaman ini. Harga jual untuk penambahan token sudah ditentukan, namun dapat diubah sewaktu-waktu bila diperlukan. Selain itu, terdapat riwayat pemakaian dan penambahan kWh (token) listrik pada bagian bawah.

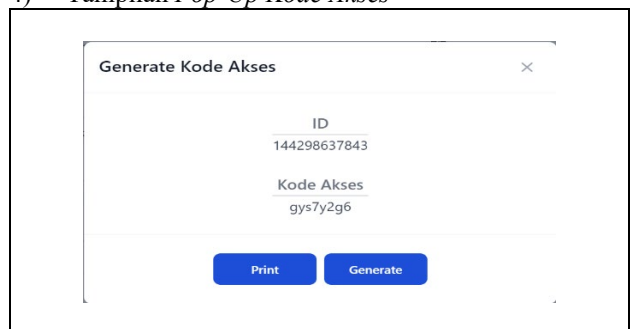
3) Tampilan Pop-Up Tambah List Meteran



Gambar 17. Pop-up Tambah List Meteran

Gambar 17 merupakan tampilan *pop-up* saat pemilik kos ingin melakukan penambahan data meteran listrik yang akan dikontrol. *User* (pemilik kos) harus mengetahui *password* dari meteran listrik yang dimiliki. Hal ini untuk mencegah agar meteran listrik tidak bisa ditambahkan oleh sembarang user.

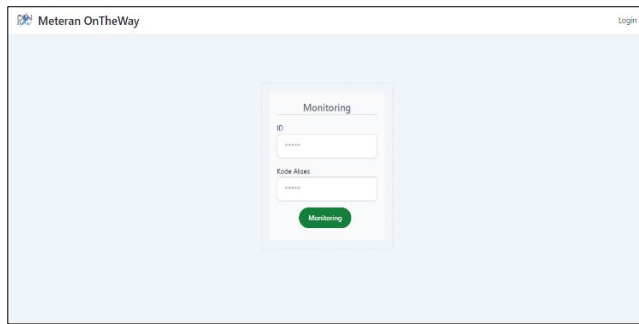
4) Tampilan Pop-Up Kode Akses



Gambar 18. Pop-up Kode Akses

Gambar 18 merupakan tampilan *pop-up* yang akan muncul jika memiliki kos mengklik ikon kode QR pada bagian atas seperti pada Gambar 3.7. Kode inilah yang akan diberikan kepada penghuni kos agar bisa melakukan *monitoring* meteran listrik yang digunakan.

5) Tampilan Halaman Awal



Gambar 19. Halaman Awal

Gambar 19 merupakan tampilan halaman awal saat mengakses *website* jika belum *login*. Di halaman ini, penghuni kos bisa memasukkan data meteran listrik yang ingin di-*monitoring* yang didapatkan dari pemilik kos.

6) Tampilan Halaman untuk Penghuni Kos



Gambar 20. Halaman untuk Penghuni Kos

Gambar 20 merupakan tampilan dari *website* untuk penghuni kos. Berbeda dengan pemilik kos, penghuni kos dapat melihat sisa token, pemakaian harian, estimasi pemakaian, dan daya yang sedang digunakan. Bagian riwayat pemakaian dan penambahan kWh (token) listrik sama seperti pada halaman pemilik kos.

E. Pengujian dan Evaluasi sistem

Pada tahap pengujian dan evaluasi sistem, dilakukan uji coba terhadap sistem yang sudah diimplementasikan. Tujuan dari pengujian ini yaitu memastikan bahwa sistem dapat digunakan dan berfungsi sesuai dengan apa yang diharapkan, serta melakukan evaluasi sistem secara menyeluruh berdasarkan pengujian yang dilakukan. *Black box* merupakan metode yang digunakan untuk melakukan pengujian, dimana dilakukan tanpa memperhatikan implementasi internal sistem [14]. Adapun beberapa pengujian yang akan dilakukan sebagai berikut.

E.1 Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan untuk memastikan bahwa alat dapat bekerja sesuai dengan ketentuan yang sudah ditetapkan. Hasil pengujian dapat dimanfaatkan untuk melakukan evaluasi dan perbaikan alat. Adapun pengujian yang akan dilakukan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengujian Alat

Pengujian	Hal yang diharapkan
Mati listrik	Sisa token tidak hilang saat alat kembali menyala.

Perhitungan token	Token berkurang saat listrik digunakan dan dapat dilihat pada <i>website</i> .
Sisa token sedikit	<i>Buzzer</i> berbunyi sebagai alarm peringatan.
Token habis	<i>Relay</i> aktif dan memutuskan aliran listrik.
Penambahan token	Limit token pada meteran listrik bertambah dan alarm berbunyi menandakan token sudah masuk.

E.1 Pengujian Website

Pengujian *website* dilakukan untuk memastikan bahwa fitur-fitur yang ada dapat berjalan dengan baik dan sesuai dengan rancangan yang ada. Adapun fitur-fitur yang akan diuji dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian Website

Pengujian	Hal yang diharapkan
Tambah meteran listrik	Daftar meteran listrik di menu pengguna bertambah.
Hapus meteran listrik	Daftar meteran listrik di menu pengguna berkurang.
Tambah token	Limit token bertambah pada meteran yang dipilih dan riwayat penambahan token berubah.
Menggunakan kode akses	Tidak bisa melakukan <i>monitoring</i> jika kode akses salah.

E.1 Pengujian Akurasi Sensor Alat

Pengujian sensor alat (arus dan tegangan) dilakukan untuk mengetahui apakah pembacaan dari sensor sesuai dengan pengukuran. Hasil pengukuran dari sensor akan dibandingkan dengan pengukuran yang didapatkan dari multimeter. Setelah itu, akan diuji tingkat kesalahan untuk mengetahui akurasi dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\%Kesalahan = \left| \frac{\text{Pengukuran multimeter} - \text{pengukuran sensor}}{\text{Pengukuran multimeter}} \right| \times 100\% \quad [10]$$

$$\%Kesalahan \text{ rata-rata} = \frac{\sum \% Kesalahan}{n} \quad [10]$$

$$\%Akurasi = 100\% - \%Kesalahan \text{ rata-rata} \quad [10]$$

Dimana n adalah banyaknya pengujian yang dilakukan.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Implementasi Sistem

Pada tahap ini, akan membahas tentang bagaimana implementasi perancangan perangkat keras dan pembuatan dari sistem dari hasil perancangan yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya.

A.1 Implementasi Rancangan Perangkat Keras

Terdapat beberapa kendala saat mengimplementasikan rancangan pada Gambar 12. Dimana ukuran dari alat terlalu lebar dan memakan terlalu banyak ruang. Sehingga dilakukan perubahan letak komponen menjadi 2 tingkat yang dapat dilihat pada Gambar 21 dan Gambar 22.

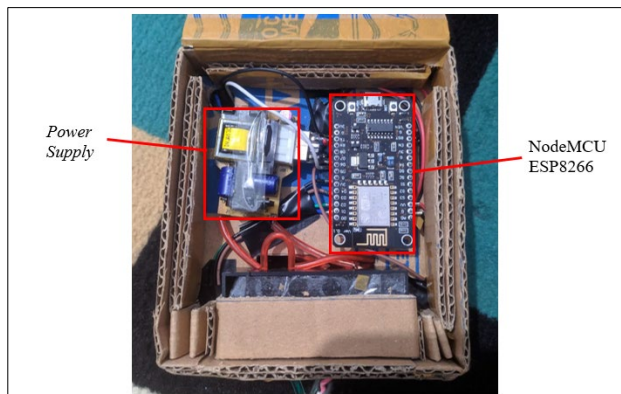
Kendala lainnya yaitu *relay* tidak berfungsi dengan cukup baik. Hal ini besar kemungkinan disebabkan karena tegangan yang diterima *relay* dari *microcontroller* tidak terlalu sesuai. Namun hal ini dapat diatasi dengan menambahkan 1 komponen yaitu transistor dan *relay* sudah berfungsi dengan baik.

Selain *relay*, *buzzer* juga memiliki beberapa kendala. Dimana suara dari *buzzer* tidak terlalu besar karena berada di dalam tempat yang tertutup. Oleh karena itu, dibuatkan lubang pada bagian samping alat agar *buzzer* dapat berbunyi dengan keras dan nyaring.



Gambar 21. Alat Bagian Dalam Depan

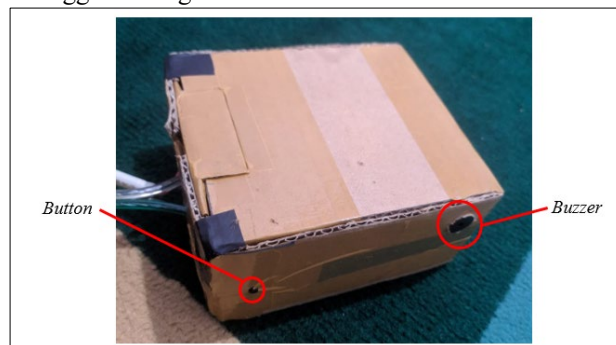
Pada Gambar 21 dapat dilihat komponen-komponen yang ditempatkan pada tingkat atas (bagian depan). Terdapat sensor tegangan dan arus PZEM-004T, *buzzer* untuk mengeluarkan suara sebagai tanda ke pengguna, *relay* sebagai pemutus arus, transistor untuk membantu agar *relay* berfungsi dengan baik, serta terminal blok yang berfungsi sebagai penyalur aliran listrik dari luar ke dalam alat.



Gambar 22. Alat Bagian Dalam Belakang

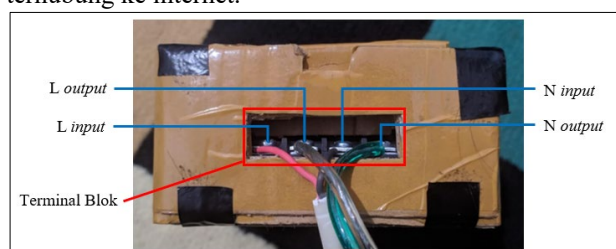
Gambar 22 merupakan tampilan untuk tingkat bawah (bagian belakang). Terdapat 2 komponen yaitu *microcontroller* NodeMCU ESP8266 yang bertindak sebagai otak dari alat dan *power supply* yang berfungsi

juga sangat penting untuk mengubah daya yang ada sehingga bisa digunakan oleh *microcontroller*.



Gambar 23. Alat Tampak Samping

Gambar 23 merupakan tampak samping dari alat yang dibuat. Terlihat *buzzer* menonjol keluar dan terdapat 1 tombol yang berfungsi untuk melakukan *reset* atau pengaturan ulang konfigurasi *Wi-Fi* yang digunakan untuk terhubung ke internet.



Gambar 24. Alat Tampak Bawah

Gambar 24 dimana terlihat terminal blok tempat untuk menyambungkan kabel (aliran listrik) dari luar alat. Terdapat 4 pin, dimana pin pertama dari kiri diperuntukkan untuk *input* dari kabel yang memiliki tegangan (*phase*) dan pin ketiga untuk input kabel yang tidak memiliki tegangan (*netral*). Kemudian pin kedua dan keempat merupakan aliran *output* dari pin pertama dan ketiga. Dimana pin kedua merupakan *output* aliran bertegangan (*phase*) dan pin keempat output untuk *netral*.



Gambar 25. Realisasi Perangkat Keras Sistem Meteran Listrik

Untuk memasang kabel, maka bisa dilakukan dengan membuka penutup pelindung pada bagian depan. Dengan membuka penutup, maka akan terdapat ruang dalam menggunakan obeng untuk melonggarkan dan

mengencangkan pin-pin dari terminal blok yang ada untuk mengunci kabel.

A.2 Implementasi Website

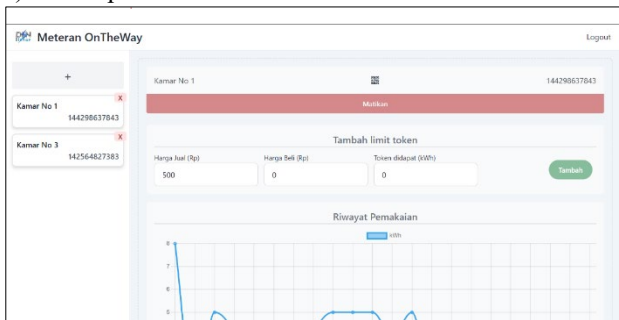
Table	Action	Rows	Type
histories	Browse Structure Search Insert Empty Drop	25	InnoDB
kwh_meters	Browse Structure Search Insert Empty Drop	3	InnoDB
migrations	Browse Structure Search Insert Empty Drop	5	InnoDB
transactions	Browse Structure Search Insert Empty Drop	16	InnoDB
users	Browse Structure Search Insert Empty Drop	2	InnoDB
5 tables	Sum	51	InnoDB

Gambar 26. Implementasi Database MySQL

Database yang dibuat menggunakan MySQL. Dapat dilihat bahwa terdapat 4 tabel yang digunakan yaitu *histories*, *kwh_meters*, *transactions*, dan *users*, sedangkan untuk tabel *migration* merupakan tabel bawaan dari *framework* Laravel yang digunakan. Tabel *users* digunakan untuk menyimpan data *user* agar dapat login ke *website*. Tabel *kwh_meters* digunakan untuk menyimpan data terkait dengan alat (meteran listrik) yang tersedia. Serta tabel *histories* dan *transactions* untuk menyimpan Riwayat penggunaan harian dan pembelian (penambahan limit) kwh yang dilakukan.

Untuk tampilan pada *website* sama seperti *prototype* pada bab sebelumnya, namun terdapat beberapa perubahan pada beberapa tampilan seperti pada gambar di bawah.

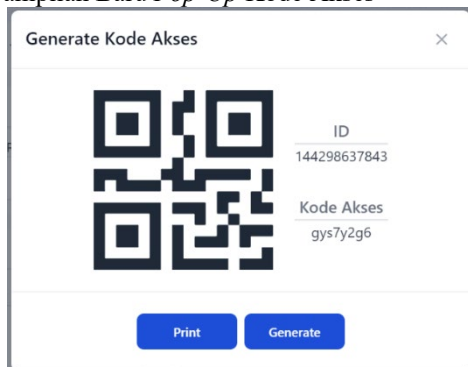
1) Tampilan Baru Halaman untuk Pemilik Kos



Gambar 27. Tampilan Baru Halaman untuk Pemilik Kos

Pada Gambar 27 terdapat tambahan pada halaman untuk pemilik kos. Dimana terdapat pilihan untuk mematikan (memutuskan arus) maupun menghidupkan (mengalirkan arus) pada meteran listrik yang dipilih.

2) Tampilan Baru Pop-Up Kode Akses

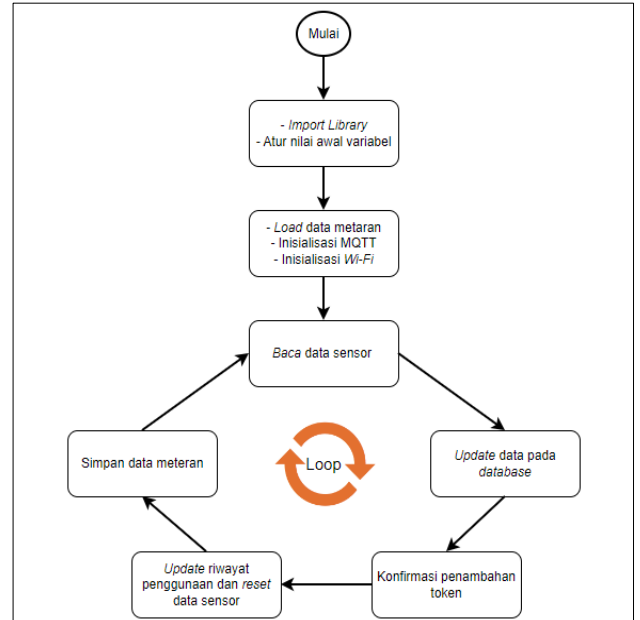


Gambar 28. Tampilan Baru Pop-Up Kode Akses

Dan juga pada Gambar 28 terdapat tambahan kode QR untuk memberikan pilihan tambahan bagi penghuni kos ketika ingin melakukan *monitoring*. Dengan adanya kode QR ini, *user* tidak perlu untuk menginputkan ID dan kode akses secara manual tapi bisa langsung memindai kode QR tersebut.

A.3 Flow Souce Code Perangkat Keras

Pada bagian ini, akan dibahas mengenai proses-proses secara umum yang terjadi pada alat berdasarkan *source code* yang dibuat. Agar lebih mudah dipahami, *source code* telah dikonversi ke dalam bentuk *flowchart*.

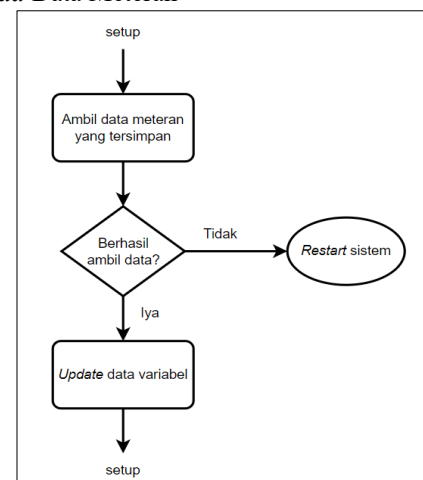


Gambar 29. Proses Keseluruhan Perangkat Keras

1) Import Library dan Atur Nilai Awal Variabel

Program dimulai dengan meng-*import* semua *library* yang dibutuhkan dan mengatur variabel nilai awalnya yang akan digunakan nanti. Variabel-variabel ini akan bisa diakses dan di-*update* nilainya dari semua fungsi yang ada (variabel *global*).

2) Load Data Meteran

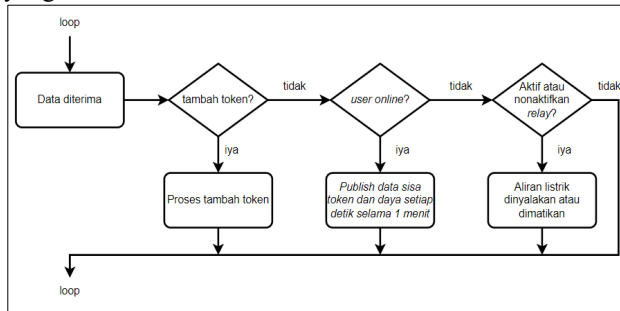


Gambar 30. Load Data Meteran

Sebelum alat mulai memproses data yang lainnya, akan dilakukan *load* data terlebih dahulu untuk mengetahui data-data dimiliki seperti ID meteran, sisa kWh, dan data lainnya. Jika data gagal diakses maka sistem akan di-*restart* sehingga alat tidak dapat digunakan. Jika berhasil, nilai variabel global terkait dengan data meteran akan di-*update* agar dapat dimanfaatkan pada bagian program yang lain.

3) Inisialisasi MQTT

Setelah proses load data berhasil dilakukan, maka akan dilanjutkan dengan melakukan konfigurasi MQTT seperti server MQTT yang akan digunakan dan fungsi yang akan dijalankan ketika mendapatkan data dari topic yang di-subscribe.



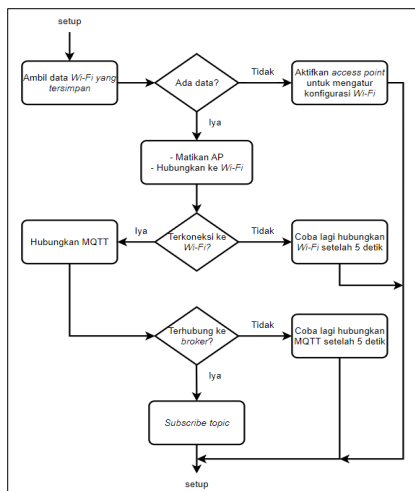
Gambar 30. Proses yang Berjalan Saat MQTT Menerima Data

Proses di atas hanya akan dijalankan ketika data diterima dari koneksi MQTT. Saat data diterima, maka akan dilakukan pengecekan terkait dengan *topic* dari data tersebut. Jika *topic*-nya merupakan penambahan token, maka akan dijalankan proses penambahan token seperti pada Gambar 34.

Jika *topic*-nya pengguna *online*, maka akan dilakukan *publish* data secara *realtime*. Data yang dikirim berupa sisa token yang ada dan daya yang sedang digunakan dan akan terus dikirim selama 1 menit kedepan.

Topic terakhir terkait dengan mematikan atau menghidupkan aliran listrik. Pada proses ini, alat akan menyalakan ataupun mematikan aliran listrik berlawanan dengan keadaan yang terjadi. Jika listrik menyala, maka listrik akan dimatikan begitu juga sebaliknya.

4) Inisialisasi Koneksi Wi-Fi



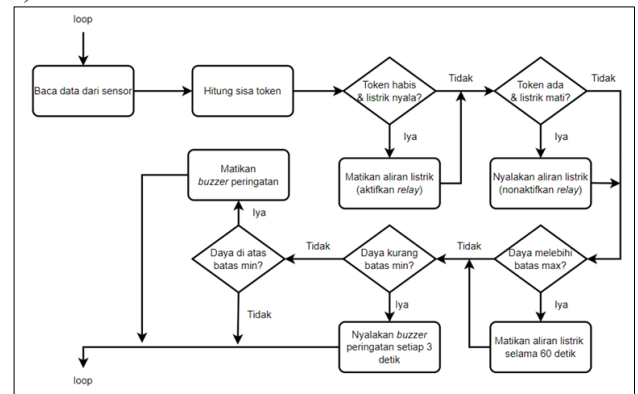
Gambar 31. Proses Inisialisasi Koneksi Wi-Fi dan MQTT

Gambar 31 merupakan proses untuk terhubung ke jaringna *Wi-Fi*. Pertama, alat akan mencoba mengambil data *Wi-Fi* yang tersimpan, jika data tidak ada maka akan diaktifkan mode AP (*Access Point*). *User* dapat mengatur nama dan *password Wi-Fi* pada web *server* yang disediakan.

Jika ada data yang tersimpan, maka mode AP akan dimatikan jika aktif dan alat akan mencoba terhubung ke *Wi-Fi* sesuai data yang telah didapatkan sebelumnya. Jika belum berhasil tekoneksi ke *Wi-Fi*, maka akan dicoba kembali 5 detik kemudian sampai berhasil terkoneksi.

Jika koneksi ke *Wi-Fi* sudah berhasil dilakukan, maka alat akan mencoba terhubung ke *broker* MQTT. Sama halnya dengan koneksi ke *Wi-Fi*, koneksi MQTT ini juga akan terus dilakukan dengan interval waktu 5 detik selama belum berhasil dilakukan. Namun jika sudah sukses, maka perintah *subscribe* akan dijalankan.

5) Baca Data Sensor dan Cek Token

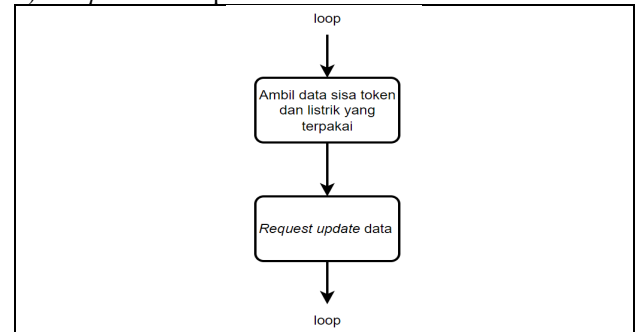


Gambar 32. Proses Baca Sensor dan Cek Token

Gambar 32 merupakan proses yang secara umum berfungsi untuk menghitung sisa token dari alat dan membunyikan *buzzer* berdasarkan keadaan yang ditentukan. Misalnya, token sudah habis maka *relay* akan diaktifkan yang membuat aliran listrik yang sebelumnya terhubung menjadi terputus.

Selain itu, terdapat kondisi dimana *buzzer* akan dibunyikan jika sisa token kurang dari batas minimum yang ditentukan (2 kWh) dan akan berhenti berbunyi ketika token sudah ditambah. Besar daya juga berpengaruh, jika daya yang digunakan terdeteksi melebihi 450watt (pengaturan *default*) maka aliran listrik akan dimatikan.

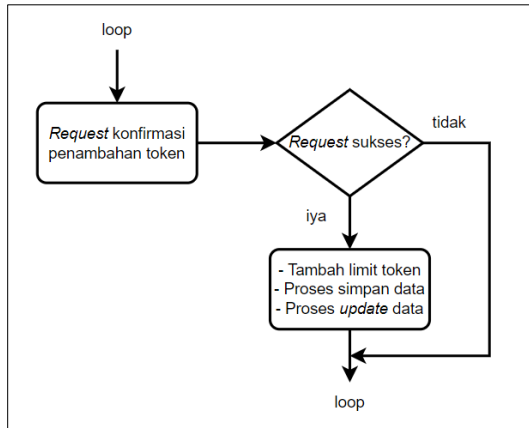
6) Update Data pada Database



Gambar 33. Proses Update Data

Gambar 33 merupakan proses saat melakukan *update* data ke *database*. Alat akan mengambil data terkait sisa token saat ini dan penggunaan listrik yang sudah digunakan hari ini. Data tersebut kemudian akan dikirimkan melalui API dan alat akan melanjutkan proses lainnya. Proses ini dilakukan secara berulang setiap 10 menit sekali, sehingga terdapat *backup* data yang akan ditampilkan pada *website* ketika alat sedang *offline*.

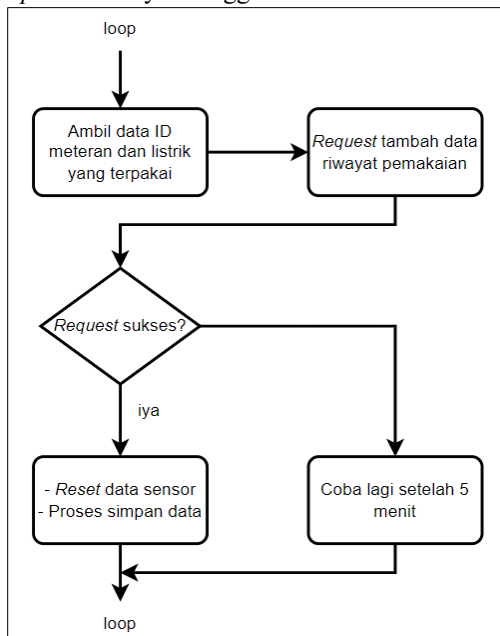
7) Penambahan Token



Gambar 34. Proses Penambahan Limit Token

Gambar 34 merupakan proses yang dilakukan saat akan melakukan penambahan limit token. Saat *request* penambahan diterima, maka akan dilakukan konfirmasi ke *server* melalui API. Jika konfirmasi gagal dilakukan, maka proses penambahan limit tidak akan diproses. Namun jika berhasil, maka limit token akan ditambahkan kemudian proses simpan data sesuai pada Gambar 4.36 dan proses *update* data seperti pada Gambar 4.33 akan dilakukan.

8) Update Riwayat Penggunaan

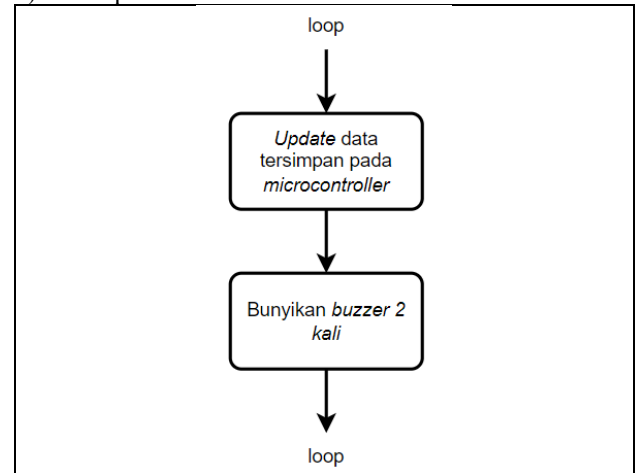


Gambar 35. Proses Update Penggunaan Listrik

Gambar 4.35 merupakan proses yang dilakukan untuk menambahkan riwayat pemakaian listrik hari sebelumnya. Proses ini dilakukan pada setiap pergantian hari. Alat akan

me-*request* penambahan data terkait penggunaan listrik hari sebelumnya dan akan me-*reset* data pada sensor jika *request* berhasil dilakukan. Jika gagal, maka akan coba dilakukan kembali setelah 5 menit.

9) Simpan Data Meteran



Gambar 36. Proses SimpanData Meteran pada Alat

Gambar 4.36 merupakan proses saat melakukan penyimpanan data pada alat (*microcontroller*). Setiap melakukan penyimpanan data, maka *buzzer* akan berbunyi sebanyak 2 kali untuk menandakan bahwa proses sudah dilakukan. Proses ini bertujuan agar data-data yang menunjang proses kerja alat tidak hilang walaupun alat mati karena tidak mendapatkan sumber daya ataupun alasan yang lainnya.

A.4 Realisasi Biaya Produk Perangkat Keras

Dalam melakukan perancangan sistem meteran listrik ini, diperlukan biaya untuk membeli komponen-komponen yang diperlukan. Untuk lebih detailnya, dapat dilihat biaya produksi alat pada Tabel 5.

Tabel 5. Biaya Prouksi Perangkat Keras

Komponen	Biaya
NodeMCU V3 ESP8266	Rp 39.500
PZEM-004T	Rp 115.000
Relay 1 channel	Rp 8.000
Power Supply	Rp 15.000
Buzzer mini active	Rp 2.000
Push button	Rp 500
Transistor 2N5551	Rp 500
Terminal blok	Rp 3.500
Total	Rp 184.000

B. Hasil Pengujian dan Analisis Sistem

Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap seluruh sistem yang sudah dibuat. Hal ini untuk memastikan bahwa sistem dan fitur-fitur yang sudah dirancang sebelumnya dapat berjalan dengan baik. Pengujian ini akan menggunakan metode *black box* dan dibantu oleh salah seorang pemilik kos-an yang ada di daerah Mataram.

B.1 Hasil Pengujian Alat

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah hasil yang diperoleh sesuai dengan apa yang diharapkan berdasarkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Pengujian Alat

Pengujian	Hasil	Status
Mati listrik	Token masih tersisa sama seperti sebelum listrik mati	Berhasil
Perhitungan token	Token berkurang setelah digunakan beberapa saat	Berhasil
Sisa token sedikit	<i>Buzzer</i> berbunyi	Berhasil
Token habis	Aliran listrik diputus oleh alat	Berhasil
Penambahan token 1	Tidak terjadi apa-apa pada alat dan token tidak bertambah	Gagal
Penambahan token 2	<i>Buzzer</i> berbunyi dan limit token bertambah	Berhasil

Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa hasil pengujian yang didapatkan sudah sesuai dengan apa yang sudah diharapkan. Namun terdapat kendala pada percobaan dalam melakukan penambahan limit token.

Pada percobaan pertama, alat tidak menunjukkan respon (*buzzer* tidak berbunyi) dan token belum bertambah (dilihat di *website*). Hal lain yang menyebabkan alat tidak melakukan proses penambahan limit yaitu karena gagal dalam mengakses API untuk melakukan konfirmasi. Kegagalan ini disebabkan karena terdapat perbedaan alamat URL yang diakses oleh alat. Hal ini disebabkan karena terjadinya perubahan alamat URL dari API yang digunakan.

Pada percobaan kedua, alat sudah dapat merespon dan memproses penambahan limit token yang di-*request*. Hal ini menandakan bahwa penambahan limit token tidak akan terjadi jika alat gagal dalam mengakses API.

B.2 Hasil Pengujian Website

Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah hasil dari fitur-fitur yang sudah dirancang sesuai dengan apa yang diharapkan berdasarkan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Pengujian Website

Pengujian	Hasil
Tambah meteran listrik	List meteran bertambah jika data ID meteran yang dimasukkan ada dan <i>password</i> -nya benar
Hapus meteran listrik	List meteran listrik yang dipilih terhapus (menghilang)

Tambah token	Riwayat transaksi berubah, baik saat alat gagal ataupun sukses dalam menambahkan limit token
Menggunakan kode akses	Dapat melakukan <i>monitoring</i> jika ID meteran dan kode akses yang dimasukkan benar.

Percobaan pertama dilakukan dengan menambahkan 2 meteran listrik dengan nama “Kamar No 1” dan “Kamar No 3”. Daftar meteran akan bertambah jika ID dan *password* yang digunakan benar dan terdaftar pada *database*.

Percobaan kedua dilakukan dengan menghapus meteran dengan nama “Kamar No 3”. Terlihat bahwa daftar meteran tersisa yang dimiliki hanya meteran dengan nama “Kamar No 1”.

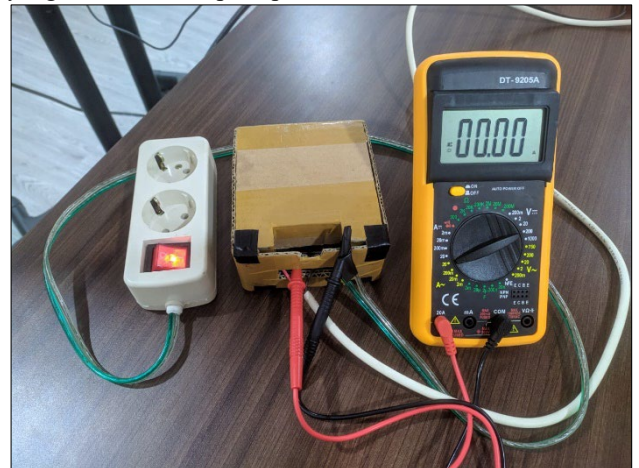
Percobaan ketiga memperlihatkan bahwa terdapat perubahan terhadap riwayat transaksi saat melakukan penambahan token. Dapat dilihat bahwa status pengisian apakah sudah berhasil dilakukan atau tidak.

Percobaan keempat dilakukan percobaan untuk melakukan *monitoring* dengan memasukkan ID meteran dan kode akses. Saat ID meteran atau kode akses yang dimasukkan tidak sama dengan yang tersimpan di *database*, maka *monitoring* tidak bisa dilakukan. Jika data yang dimasukkan benar, maka akan diarahkan ke halaman *monitoring*.

Dari hasil percobaan yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa fitur-fitur pada *website* sudah berjalan dengan baik. Semua hasil yang diperoleh sesuai dengan apa yang diharapkan.

B.3 Hasil Pengujian Akurasi Sensor Alat

Pengujian pertama yang dilakukan yaitu untuk mengetahui tingkat akurasi pembacaan arus dari sensor apakah sudah baik atau belum. Pengukuran dilakukan dengan cara menghubungkan multimeter dengan listrik yang melalui alat seperti pada Gambar 4.17



Gambar 36. Pengujian Arus

Diambil 10 data arus dengan interval waktu 1 sampai 3 menit dan dihitung nilai rata-rata dari 10 data tersebut baik dari sensor alat maupun multimeter. Pengujian dilakukan dengan cara membandingkan hasil rata-rata pengukuran nilai arus yang didapatkan dari sensor alat

dengan multimeter. Adapun hasilnya dapat dilihat pada Tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 8. Hasil Pengujian Arus

Beban	Arus (A)		% Kesalahan
	Sensor Alat	Multimeter	
Cas <i>handphone</i>	0.102	0.098	4.08
Cas laptop	0.28	0.274	2.19
Proyektor	0.634	0.623	1.76
Televisi	0.272	0.264	3.03
% Kesalahan rata-rata			2.765
% Akurasi			97.235

Data kesalahan dan akurasi didapatkan dengan melakukan perhitungan sesuai dengan persamaan yang sudah ditentukan pada bab sebelumnya. Dari hasil kesalahan yang didapatkan menunjukkan bahwa tingkat akurasi pengukuran dari sensor sudah bisa dikatakan baik.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

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

- 1) Alat dapat menghitung penggunaan listrik dan mematikan arus listrik jika token sudah habis atau daya yang digunakan melebihi batas yang ditentukan. Selain itu, alat dapat memberi peringatan jika sisa token sedikit dengan cara membunyikan *buzzer*.
- 2) Fitur penambahan limit token akan mengalami kegagalan jika alat tidak bisa mengakses API untuk melakukan konfirmasi.
- 3) Akurasi pembacaan arus dari sensor yang digunakan sudah baik dengan nilai mencapai 97.235%.

B. Saran

Jika dilakukan penelitian lebih lanjut terkait dengan penelitian ini kedepannya, agar dapat mempertimbangkan beberapa saran berikut.

- 1) Dapat menambahkan pilihan alternatif untuk dapat terhubung ke jaringan pada alat, sehingga alat tetap dapat terkoneksi ke jaringan *internet* jika tidak ada jaringan *Wi-Fi*.
- 2) Menambahkan indikator pada alat yang berfungsi sebagai penanda apakah alat sedang beroperasi atau tidak. Sehingga akan diketahui jika alat tidak berfungsi apakah dikarenakan token habis atau hal lainnya.
- 3) Membuat aplikasi *mobile* sebagai pilihan alternatif untuk melakukan kontrol dan *monitoring*. Dengan aplikasi *mobile*, bisa ditambahkan fitur notifikasi yang dapat memberitahu pengguna secara *realtime* terkait hal-hal yang terjadi pada alat seperti pengisian token dan lain-lain.

REFERENCES

- [1] [1] E. Kurniawan, D. S. Pangaudi, and E. N. Widjtmoko, "Perancangan Sistem Monitoring Konsumsi Daya Listrik Berbasis Android," *Cyclotron*, vol. 5, no. 1, pp. 63–68, 2022, doi: 10.30651/cl.v5i1.8772.
- [2] [2] H. P. Muhamad, E. Susanto, and A. S. Wibowo, "PERANCANGAN ALAT SISTEM MONITORING ENERGI LISTRIK KOS-KOSAN BERBASIS INTERNET OF THINGS (IOT) DESIGN OF A BOARDING HOUSE ELECTRICAL ENERGY MONITORING SYSTEM TOOL BASED ON THE INTERNET OF THING (IOT)," vol. 8, no. 5, pp. 4377–4388, 2021.
- [4] [3] M. N. Adiwiranto, C. B. Waluyo, and B. Sudibya, "Prototipe Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Serta Estimasi Biaya Pada Peralatan Rumah Tangga Berbasis Internet of Things," *ELECTRON J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 2, pp. 13–22, 2021, doi: 10.33019/electron.v2i2.2.
- [5] [4] D. Febryansyah, "SISTEM MONITORING KWH METER UNTUK PEMBAYARAN KOS-KOSAN DENGAN MENGGUNAKAN APLIKASI BLYNK DAN ESP32," 2021.
- [6] [5] I. M. A. I. Wisnawa, A. M. Dirgayusari, I. G. M. Y. Antara, A. A. G. Ekayana, and I. W. Sudiarsa, "Rancang Bangun Sistem Monitoring Panel Listrik dan Kontrol Listrik Kos Berbasis IoT," *Krisnadana*, vol. 2, no. 1, pp. 1–11, 2022.
- [7] [6] B. M. Aji, A. F. S. Negara, and H. F. Permana, "KOMET : kWh Meter Listrik Digital Berbasis IoT," 2021.
- [8] [7] S. L. Zaen, Solekhan, and I. A. Rozaq, "Sistem Monitoring Pemakaian Energi Listrik Rumah Tangga Berbasis Web," *J. ELKON*, vol. 01, no. 01, pp. 2809–140, 2021.
- [9] [8] Y. J. S. Zega, B. Narasiang, and S. Sompie, "Alat Monitoring Pemakaian Listrik Menggunakan Arduino Uno," *Repos. Unsrat*, pp. 1–12, 2022.
- [10] [9] M. R. R. Zuhri, "Perbandingan Akurasi KWH Meter Digital Dan KWH Meter Analog," 2017.
- [11] [10] A. Ardiansyah, "Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Things)," *Univ. Islam Indones.*, 2020.
- [12] [11] M. D. Riski, "Rancang Alat Lampu Otomatis di Cargo Compartment Pesawat berbasis Arduino Menggunakan Push Button Switch Sebagai Pembelajaran di Politeknik Penerbangan Surabaya," *Politek. Penerbangan Surabaya*, 2019.
- [13] [12] G. S. A. Putra, A. Nabila, and A. B. Pulungan, "Power Supply Variabel Berbasis Arduino," *J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 1, no. 2, pp. 139–143, 2020.
- [14] [13] F. S. B, M. A. Safi'ie, and O. D. W. A., "Implementasi sistem informasi akademik berbasis web menggunakan framework laravel," *Transformasi*, vol. 12, no. 1, pp. 1–4, 2016.
- [15] [14] A. P. Putra *et al.*, "Pengujian Aplikasi Point of Sale Berbasis Web Menggunakan Black Box Testing," *Bina Komput.*, vol. 2, pp. 74–79, 2020.