

Penerapan Metode Internet of Things Pada Sensor PZEM-004T Untuk Pengukuran Konsumsi Energi Listrik Serta Menentukan Estimasi Biaya Listrik

Muhammad Fikriansyah Krisnabayu¹, Farhan Zayid²

Program Studi Teknologi Informasi, Fakultas Informatika dan Komputer, Universitas Binaniaga Indonesia

E-mail: mfikriansyahk1@gmail.com

*Corresponding Author

ABSTRACT

In this modern era, the increase in urbanization and population mobility has caused a rise in demand for housing, especially boarding houses or rented rooms. Boarding houses are a popular choice for students, employees, and individuals who need temporary accommodation in the city or town. The electricity needs of boarding houses are very high, mainly due to the numerous electronic devices and the power used by the occupants. A monitoring device is required to determine how much power and energy are being consumed and to estimate the costs that must be paid.

The device designed for this monitoring system uses the PZEM-004T sensor, a web-based application, and NodeMCU. The PZEM-004T sensor functions to measure voltage, current, power, and energy present in the electrical load. NodeMCU is also needed as the microcontroller. The results can be displayed on a web browser and a 16x2 LCD screen used. From the test results obtained through measurements using the PZEM-004T sensor for designing the energy monitoring system prototype, the accuracy percentage values of the designed system compared to a standard measuring instrument include: Voltage with an error value of 1.1%, Current with an error value of 2.9%, Total electrical energy consumption calculation with an error value of 3.3%. These are categorized as still within reasonable limits because the error values are less than 5%. Moreover, for household electrical equipment, the energy consumption in one month was found to be 214.49 kWh with an estimated cost of IDR 290,064.62.

Keywords: boarding house, electricity consumption, monitoring, sensor, nodeMCU

ABSTRAK

Di era modern ini, peningkatan urbanisasi dan mobilitas penduduk telah menyebabkan peningkatan permintaan akan tempat tinggal, terutama indekos atau kos-kosan. Indekos adalah pilihan populer bagi mahasiswa, karyawan, dan individu yang membutuhkan tempat tinggal sementara di kota atau kota. Kebutuhan listrik indekos sangat tinggi, terutama karena banyaknya peralatan elektronik dan daya yang digunakan oleh penghuninya. Dibutuhkan alat monitoring agar diketahui berapa besar daya, energi, yang digunakan dan estimasi biaya yang harus dibayarkan. Alat yang dirancang untuk sistem monitoring ini menggunakan sensor PZEM-004T, aplikasi berbasis web serta NodeMCU. Sensor PZEM-004T berfungsi untuk mengukur tegangan, arus, daya, dan energi yang terdapat pada beban listrik. Serta dibutuhkan NodeMCU sebagai mikrokontroler. Hasilnya dapat ditampilkan pada web browser dan LCD 16x2 yang digunakan. Dari hasil pengujian yang didapat melalui pengukuran menggunakan sensor PZEM-004T untuk perancangan prototipe sistem monitoring energi memiliki besar persentase nilai akurasi dari sistem yang dirancang terhadap alat ukur standar meliputi tegangan nilai error sebesar 1.1%, arus mempunyai nilai error sebesar 2.9%, dan perhitungan total konsumsi energi listrik mempunyai nilai error sebesar 3.3%. Dikategorikan masih dalam batas wajar karena nilai error kurang dari 5%. Selain daripada itu peralatan listrik rumah tangga didapatkan hasil konsumsi energi listrik dalam waktu sebulan 214.49 kWh dengan estimasi biaya sebesar Rp 290.064,62.

Kata Kunci: indekos, konsumsi energi listrik, monitoring, sensor, nodeMCU.

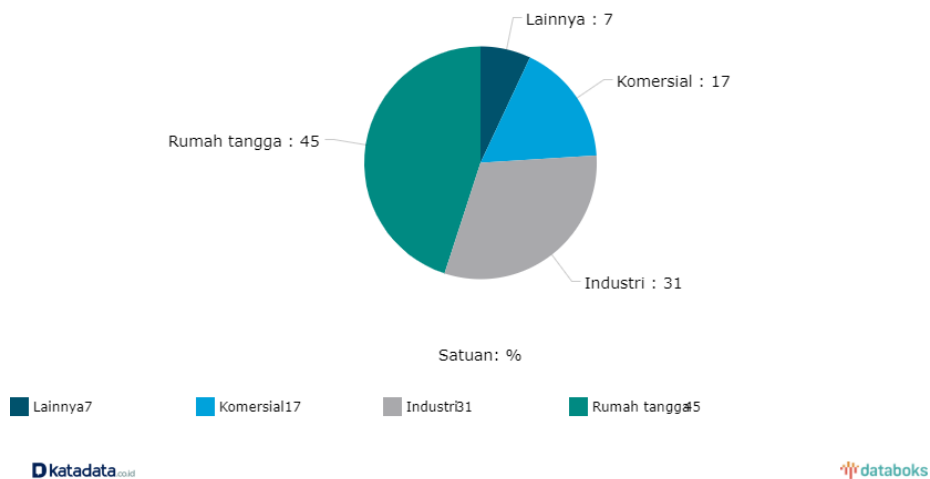
A. PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman, penduduk di dunia semakin banyak terutama di Indonesia. Tingkat pertumbuhan penduduk Indonesia sangat cepat, dan pertumbuhan infrastruktur juga mengikutinya. Tidak mengherankan bahwa seiring berjalannya waktu dan zaman, perkembangan teknologi di bidang kelistrikan telah berkembang sesuai dengan kebutuhan manusia akan listrik. Energi listrik tidak dapat dibuat dengan mudah, perlu membutuhkan banyak proses untuk dapat membuat energi listrik yang sesuai dengan kebutuhan di lapangan. Dimulai dengan sistem pembangkitannya, proses sinkronisasi, dan bahan utama yang dibutuhkan sistem pembangkit untuk menghasilkan energi, nilai energi ini tidak murah. Energi listrik biasanya digunakan untuk berbagai macam elektronik dalam skala rumah tangga, seperti televisi, lampu, dispenser, mesin cuci, dan penanak nasi. Tingkat energi yang diperlukan untuk setiap beban elektronik ini bervariasi, dan semakin tinggi tingkat energi yang diperlukan, semakin tinggi biaya yang harus dibayar. Tidak memungkinkan untuk mengetahui energi yang digunakan setiap beban elektronik di setiap harinya, biaya yang perlu dikeluarkan untuk penggunaan energi listrik ini pun tak dapat diketahui secara pasti. Untuk mengantisipasi hal tersebut dibutuhkan suatu sistem monitoring untuk mengawasi jumlah energi yang dikonsumsi oleh beban elektronik sehingga dari energi listrik ini dapat digunakan secara bijak.

Pengukuran konsumsi energi listrik dapat dilakukan dengan Kilo Watt-Hours (KWH) Meter. Dimana setiap arus yang melalui perangkat dapat dihitung dengan sistem tersebut. Pengembangan KWH meter berdasarkan kebutuhan PLN yaitu 7 juta unit KWH meter sampai dengan tahun 2014. Berdasarkan data dari Buku Statistik Ketenagalistrikan No.35-2021 (Sansuadi & Nugroho, 2021, p.10) data ketenagalistrikan hingga akhir 2021 kapasitas terpasang pembangkit tenaga listrik di Indonesia mencapai 74.532,94 MW yang terdiri dari pembangkit PLN sebesar 43.562,51 MW dan nonPLN sebesar 30.970,43 MW. Dibandingkan dengan tahun 2020 sebesar 72.750,72 MW, angka kapasitas pembangkit listrik tersebut naik sebesar 1.782,22 MW atau 2,4 %. Berdasarkan kapasitas tersebut, 2 suplai listrik dapat tersalurkan hingga ke jxutaan penduduk indonesia baik rumah tangga maupun industri. Menurut (Annur, 2021) Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2021, distribusi listrik di Indonesia pun cenderung lebih banyak kepada rumah tangga sebanyak 45%, diikuti industri sebanyak 31%, komersial 17%, dan yang lain nya seperti kelompok sosial, gedung pemerintah, penerangan jalan umum sebesar 7%.

Distribusi Listrik di Indonesia Berdasarkan Kelompok Pelanggan (2021)

Sumber : Badan Pusat Statistik (BPS), 20 Februari 2023

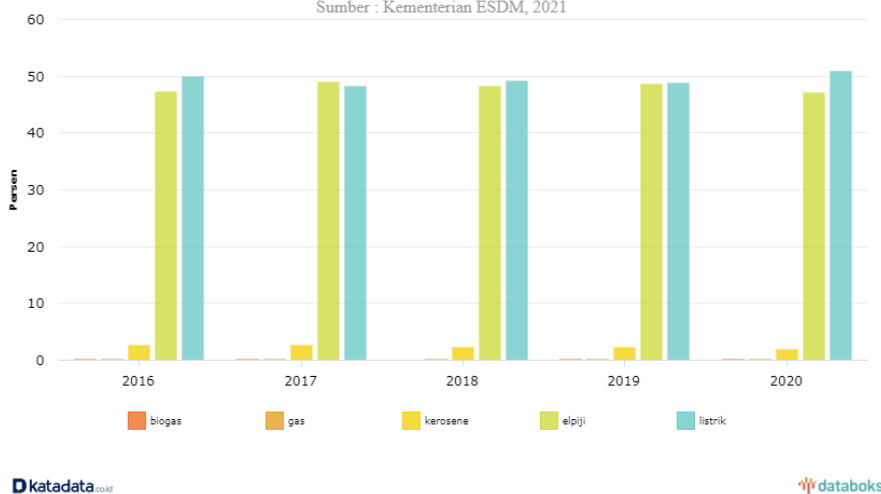


Gambar 1. Data distribusi listrik

Dan juga dari (Dihni, 2021) sumber Kementerian ESDM pada dalam pemakaian dirumah tangga, sumber energi listrik menjadi paling terbanyak yang digunakan dirumah tangga selain dari gas, elpiji, kerosene, dan biogas. Persentase konsumsi energi listrik pada rumah tangga mencapai 50,80% pada 2020. Angka ini naik dari tahun sebelumnya yang sebesar 48,81%. Bahkan, konsumsi listrik rumah tangga selalu mendominasi dalam kurun waktu lima tahun terakhir.

Kontribusi Konsumsi Energi di Sektor Rumah Tangga (2016-2020)

Sumber : Kementerian ESDM, 2021



Gambar 2. Kontribusi konsumsi energi di sektor rumah tangga

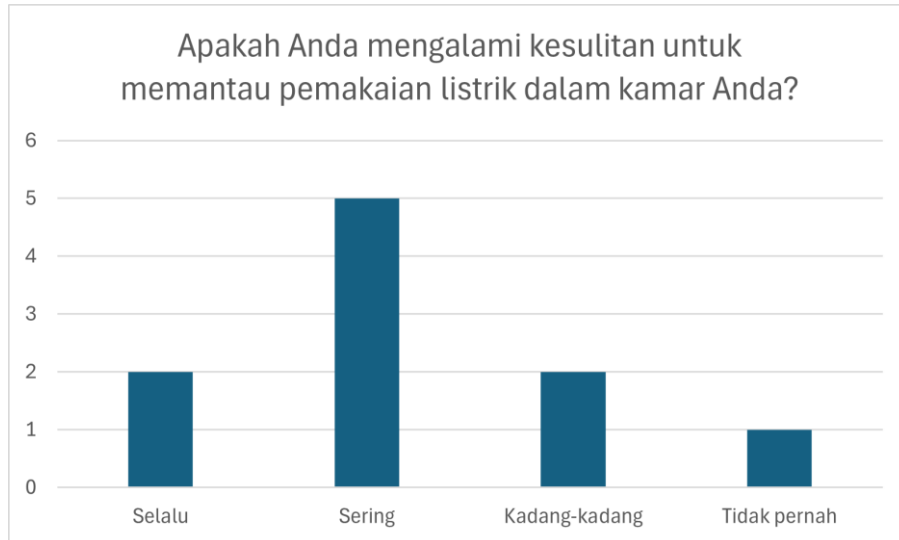
Pemantauan jumlah daya dan energi yang digunakan juga dapat menentukan kualitas daya yang ada pada sistem jaringan listrik yang terpasang. Dengan demikian, pelanggan dapat menentukan langkah-langkah pemeliharaan dan pemanfaatan energi yang baik dan tepat untuk membuat sistem listrik menjadi handal dan efisien. Terdapat permasalahan yang timbul akibat tidak adanya pemantauan yang mudah dari jumlah energi listrik yang terpakai seperti pada indekos. Terdapat 5 orang penghuni indekos menemukan kesulitan untuk mengestimasi biaya listrik dikarenakan tidak mengetahui besar daya peralatan elektronik yang digunakan dengan golongan listrik 900VA. Berikut pendapat dari 5 orang yang mengalami kesulitan:

Tabel 1. Pendapat Narasumber

Nama	Pendapat
Adhi	Jelas saya terganggu menjadi tidak mudah ditebak biaya listrik berapa yang dikeluarkan dan saya merasa resah jika biaya listrik terjadi lonjakan.

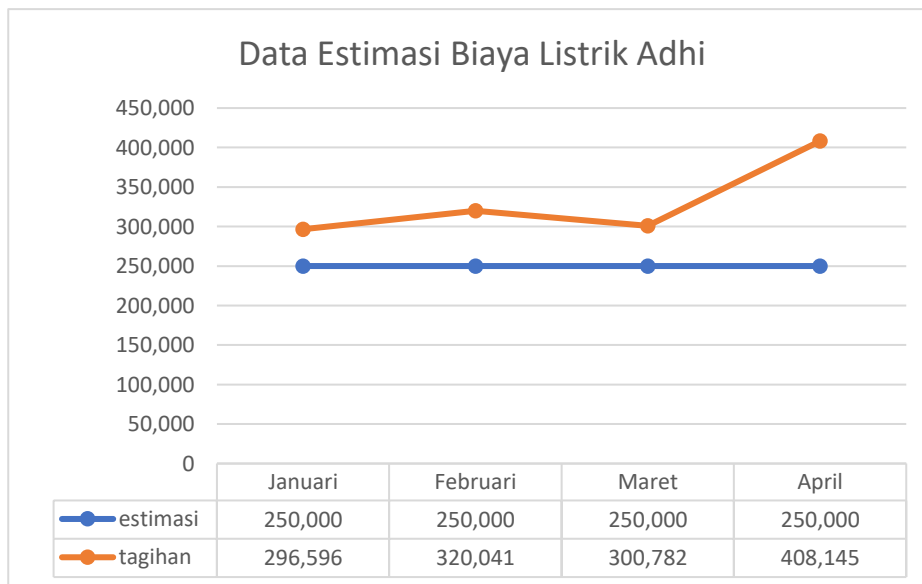
Nama	Pendapat
Rusita	Saya kesulitan untuk mengelola pemakaian nya karena saya tidak tahu berapa banyak watt listrik yang saya pakai.
Hilmi	Terkadang kesulitan karena saya terkadang teledor dalam mengelola listrik yang saya pakai
Daffa	Tidak terlalu sulit namun merasa resah saja dengan naik turun nya biaya listrik ini
Indah	Kesulitan untuk seperti saya yang harus mengiririt setiap bulan nya

Hal ini diperkuat dengan hasil observasi secara langsung di indekos dengan 5 kamar tersebut yang berisi 10 orang.



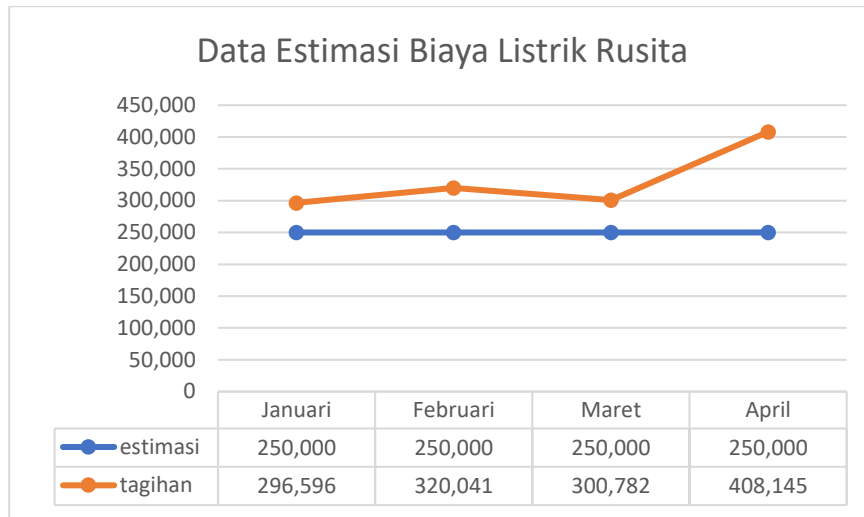
Gambar 3. Grafik jawaban penghuni indekos

Adapun data transaksi pembayaran listrik yang dimiliki oleh ke- 5 orang tersebut beserta estimasi biaya menurut setiap orang selama 4 bulan dimulai dari Januari hingga April,. Menurut Adhi Pratama estimasi yang dia perkirakan berada di angka Rp.280.000, tetapi yang terjadi yaitu tagihan selalu diatas perkiraan dari yang sebenarnya di estimasi.



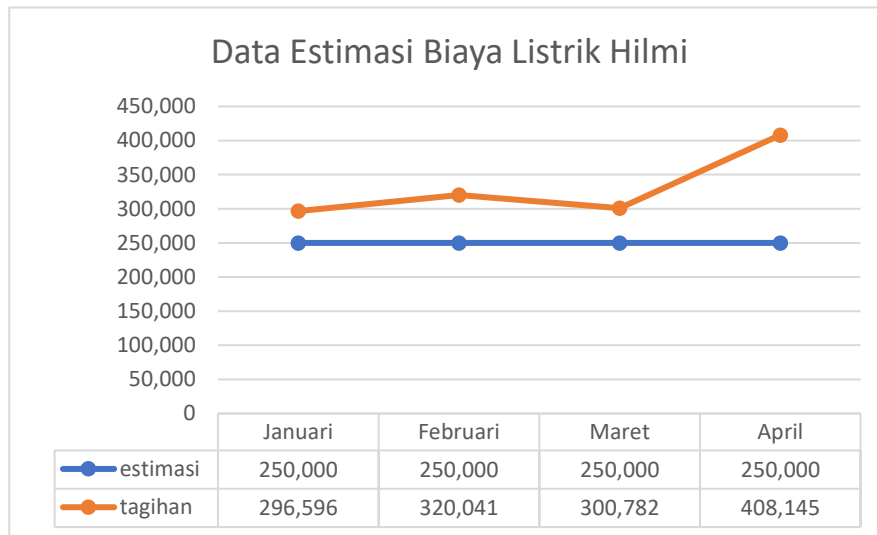
Gambar 4. Data Tagihan Listrik Adhi Pratama

Adapun milik Rusita, estimasi yang di perkirakan berada di angka Rp.300.000, namun yang terjadi yaitu lonjakan yang tidak stabil, pada bulan pertama tagihan tersebut sesuai dibawah estimasi nya, namun pada bulan ke – 2 melebihi estimasi, tetapi setelah itu di bulan ke – 4 terjadi lonjakan kembali berada diatas estimasi.



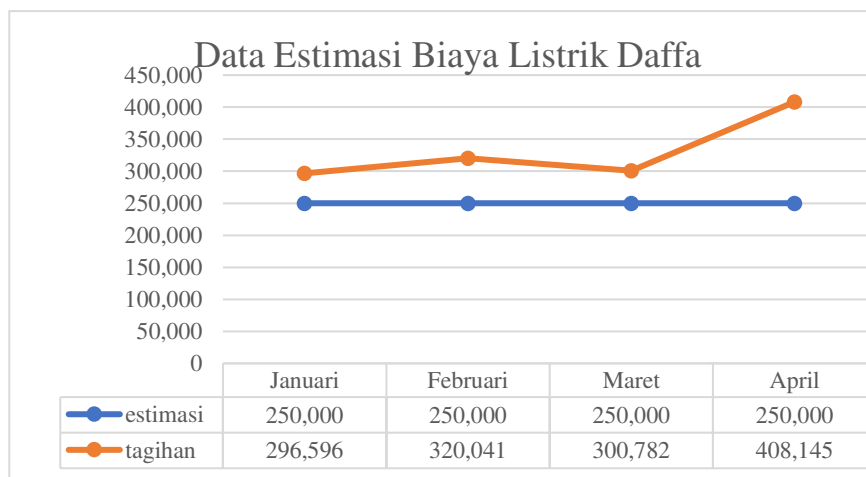
Gambar 5. Data Tagihan Listrik Rusita

Menurut Hilmi, estimasi yang diperkirakan berada di Rp.350.000, di 3 bulan pertama sesuai dengan estimasi, namun pada bulan Februari dan Maret terjadi lonjakan yang tinggi.



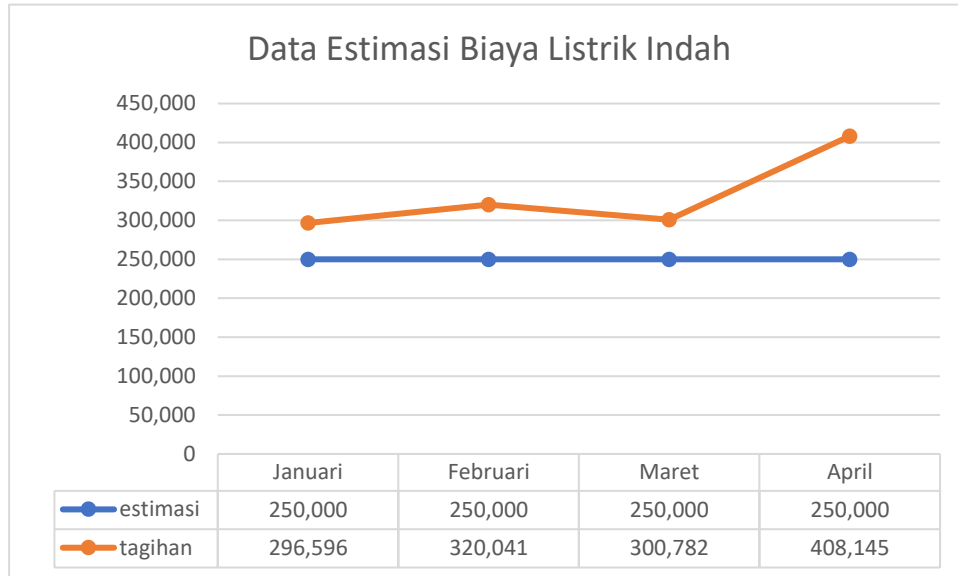
Gambar 6. Data Tagihan Listrik Hilmi

Menurut Daffa, estimasi yang diperkirakan berada di Rp.300.000, pada bulan pertama tagihan tersebut sesuai dibawah estimasi nya, namun pada bulan ke – 2 melebihi estimasi, tetapi setelah itu di bulan ke – 4 terjadi lonjakan kembali berada diatas estimasi.



Gambar 7. Data Tagihan Listrik Daffa

Menurut Indah, estimasi yang di perkirakan berada di Rp.250.000, namun yang terjadi adalah ke 4 bulan tersebut tidak sesuai estimasi.



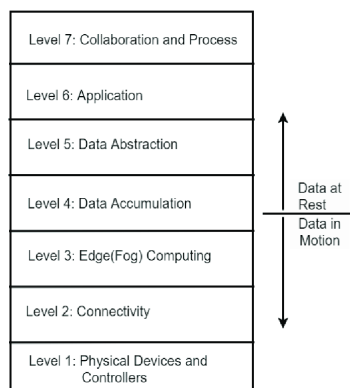
Gambar 8. Data Tagihan Listrik Indah

Dari semua 5 orang penghuni indekos Raya Sejahtera data tagihan dan data estimasi tersebut, terdapat adanya beberapa bulan yang tidak sesuai dengan estimasi, dan juga terjadinya lonjakan yang tidak stabil. Dari pengecekan langsung penghuni terkadang lupa untuk mematikan alat-alat elektronik yang mereka gunakan hingga berjam-jam. Menjadi salah satu faktor mengapa terjadinya lonjakan yang tidak stabil di setiap bulannya. Pemilik indekos merasakan belum tepatnya dalam perkiraan pembagian biaya listrik di setiap kamar seperti terkadang adanya keluhan dalam biaya listrik yang tidak seimbang dikarenakan penggunaan kamar merasa hanya memakai sedikit penggunaan alat listriknya. Dan juga pemilik indekos tidak selalu mengecek alat listrik apa saja kah yang sering dipakai oleh pengguna kamar indekos menjadikan pembagian biaya listrik yang tidak merata. Maka dari itu solusi untuk permasalahan tersebut dengan cara menerapkan sistem pengawas yang memantau jumlah konsumsi daya listrik yang digunakan oleh penghuni indekos agar dapat mengetahui jumlah daya konsumsi listrik yang mereka gunakan, dan juga jumlah biaya tagihan konsumsi yang mereka gunakan.

B. METODE

1. Model *Internet of Things*

Internet of Things yang merupakan gabungan dari berbagai macam node yang terhubung melalui internet, dengan penggabungan tersebut menjadikan *internet of things* sebuah konsep yang dapat digunakan sebagai dasar untuk komunikasi untuk menyelesaikan permasalahan yang ada melalui menyatunya teknologi dan dampak sosial yang terjadi. IoT dapat digambarkan sebagai *prototype* aplikasi global untuk memenuhi kebutuhan informasi, memungkinkan layanan interkoneksi dengan baik secara fisik maupun visual berdasarkan pada yang telah ada dan perkembangan informasi serta teknologi komunikasi (ICT) (Yudhanto & Azis, 2019). Ada 7 layer dalam memahami IoT, seperti gambar dibawah ini;



Gambar 9. Tahapan Model Internet of Things

a. Physical Devices and Controllers

Bagian ini berupa sensor, embed sistem, dan gateway, dan perangkat-perangkat teknis yang saling berhubungan;

- b. Connectivity
Perangkat konektivitas yang menghubungkan perangkat fisik dengan internet seperti LoRa, dan Wifi;
- c. Edge Computing
Berfungsi untuk menangkap data yang dikirimkan dari sensor;
- d. Data Accumulation
Data dari sensor disimpan pada suatu storage;
- e. Data Abstraction
Berfungsi untuk mengatur aliran data di sisi server atau cloud;
- f. Application
Berfungsi sebagai control sistem untuk mobile aplikasi dan bisnis analisis;
- g. Collaboration & Process
Berfungsi untuk memberikan informasi kepada personal untuk dapat melakukan suatu hal berdasarkan data yang diterima.

2. Model Prototype

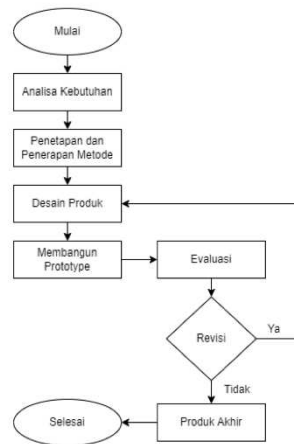
Model yang digunakan dalam pengembangan ini adalah model pengembangan prosedural, yang merupakan jenis model deskriptif yang menunjukkan langkah-langkah yang harus diikuti untuk menghasilkan suatu produk. Selain itu, model pengembangan sistem yang akan digunakan adalah model prototipe.

Tahapan dalam pembuatan model prototype terbagi menjadi beberapa bagian, antara lain:

- a. Komunikasi
Tim pengembang perangkat lunak berkomunikasi secara langsung dengan pengguna melalui beberapa pertemuan untuk mendiskusikan, mengidentifikasi, dan mendefinisikan sasaran keseluruhan dari perangkat lunak yang akan dikembangkan.
- b. Perencanaan dan Perancangan Cepat
Selanjutnya, dilakukan perencanaan pembuatan prototipe dalam bentuk "rancangan cepat" yang berfokus pada representasi semua aspek perangkat lunak yang akan terlihat oleh pengguna akhir.
- c. Kontruksi Prototype
Selanjutnya, dilanjutkan dengan memulai konstruksi pembuatan prototype yang akan diserahkan dan diterapkan kepada para pengguna.
- d. Penerapan dan Umpan balik
Pengguna akan memberikan umpan balik yang akan digunakan oleh pengembang untuk melakukan peningkatan dan perbaikan berdasarkan kebutuhan yang telah ditetapkan sebelumnya.

3. Prosedur Pengembangan

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan, juga dikenal sebagai R&D (Research and Development), yang bertujuan untuk mengembangkan sebuah perangkat lunak atau aplikasi. Dalam penelitian ini, prosedur pengembangan dapat digambarkan pada *flowchart* berikut:



Gambar 10. Prosedur Pengembangan

Beberapa tahapan didalam prosedur pengembangan pada penelitian dapat diuraikan sebagaimana ilustrasi diatas, yaitu:

1. Analisa Kebutuhan: Pengumpulan data dilakukan untuk mengumpulkan informasi yang diperlukan sebagai dasar acuan dalam pengembangan sistem.
2. Penetapan dan Penerapan Metode: Dalam penelitian ini, metode yang akan digunakan dalam pengembangan aplikasi ditentukan berdasarkan jurnal yang relevan yang sesuai dengan permasalahan yang dihadapi. Metode yang akan diterapkan adalah metode sensor PZEM-004T.
3. Desain Produk: Perancangan tahapan pembuatan aplikasi dilakukan untuk memastikan bahwa aplikasi yang dibuat dapat memenuhi kebutuhan pengguna atau user.

4. Membangun Prototype: Proses pembuatan sistem dimulai dari rancang bangun yang telah direncanakan dan sesuai dengan kebutuhan yang telah ditetapkan sebelumnya.
5. Evaluasi: Aplikasi yang telah dibuat diuji kepada ahli sistem informasi, ahli materi, dan pengguna untuk mengevaluasi tingkat keberhasilannya sesuai dengan kebutuhan serta untuk mengidentifikasi kesalahan yang mungkin ada dalam aplikasi tersebut.
6. Revisi: Setelah pengujian, dilakukan perbaikan pada aplikasi untuk memastikan kesesuaian dengan kebutuhan. Jika aplikasi yang dihasilkan telah sesuai dengan kebutuhan, maka akan menjadi produk akhir. Namun, jika aplikasi yang dibuat belum memenuhi kebutuhan, maka akan kembali ke tahap desain untuk melakukan perbaikan yang diperlukan.
7. Produk Akhir: Produk yang telah melewati tahap evaluasi oleh ahli sistem informasi, ahli materi, dan pengguna dan dinyatakan layak untuk digunakan, akan dianggap sebagai produk yang berhasil.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Kebutuhan dan Hasil Analisis Kebutuhan

a. Analisis Kebutuhan

Proses ini diawali dengan mengumpulkan berbagai kebutuhan, yang kemudian diikuti oleh analisis mendalam terhadap kebutuhan tersebut. Tujuannya adalah untuk mendapatkan hasil analisis yang komprehensif, yang nantinya akan diimplementasikan dalam pengembangan aplikasi. Dalam pelaksanaannya, pendekatan ini menggunakan tiga metode berbeda:

1) Observasi

Observasi ini dilakukan dengan pengamatan langsung terhadap kamar penghuni indekos. Temuan dari pengamatan ini akan dirangkum menjadi sebuah deskripsi umum tentang tidak adanya pengukuran arus beban listrik serta mengestimasi biaya beban listrik tanpa melibatkan teknologi.

2) Pernyataan Umum

Pemilik Indekos Raya Sejahtera di setiap bulannya selalu mengestimasi biaya listrik yang dipakai oleh penghuninya lalu saling membagi biaya tagihan secara merata kepada penghuninya. Praktik ini bertujuan untuk adanya saling membantu satu sama lain agar biaya listrik tidak terasa mahal.

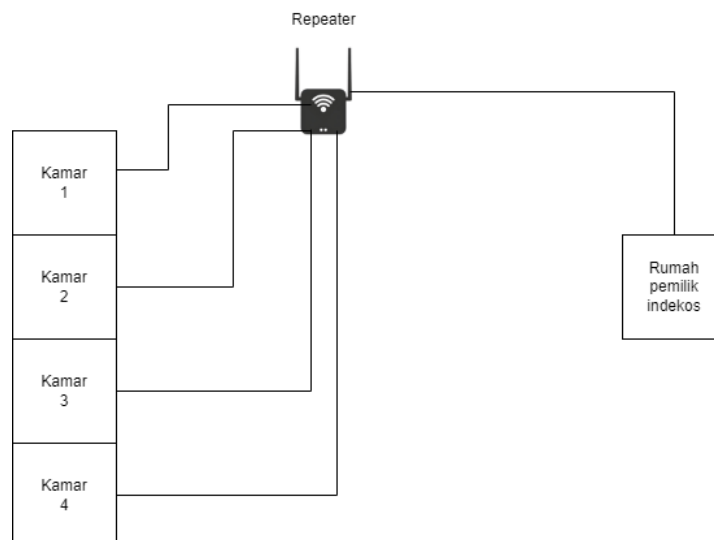
3) Wawancara

Dalam rangka mengetahui cara pemantauan dan estimasi biaya listrik, dilakukan wawancara dengan penghuni indekos. Hasil dari wawancara tersebut mengungkapkan bahwa jarang sekali memantau pemakaian apa saja listrik yang selalu hidup dan juga merasa tidak sesuai dengan estimasi yang dia harapkan.

2. Hasil Analisa Kebutuhan

a. Hasil Analisa Metode *Internet of Things*

Berdasarkan hasil wawancara dan observasi, teridentifikasi kebutuhan perusahaan akan sistem pemantauan tanaman jarak jauh. Untuk menjawab kebutuhan ini, peneliti mengusulkan penerapan teknologi *Internet of Things (IoT)*. Konsep IoT memungkinkan interkoneksi perangkat melalui internet, memfasilitasi pemantauan penggunaan daya listrik oleh pemilik indekos dari lokasi yang berbeda. Pemilik indekos memiliki laptop yang terhubung ke sebuah repeater, mikrokontroler di setiap kamar indekos tersebut menghubungkan ke sebuah repeater, menjadikan laptop tersebut dapat terhubung dengan sensor-sensor di setiap kamar indekos dan dapat di cek secara realtime selama jaringan tersebut ada dan daya listrik yang terus berjalan. Berikut gambar dibawah ini menjelaskan rancangan pada metode *Internet of Things* yang berjalan.



Gambar 11. Rancangan interkoneksi Internet of Things

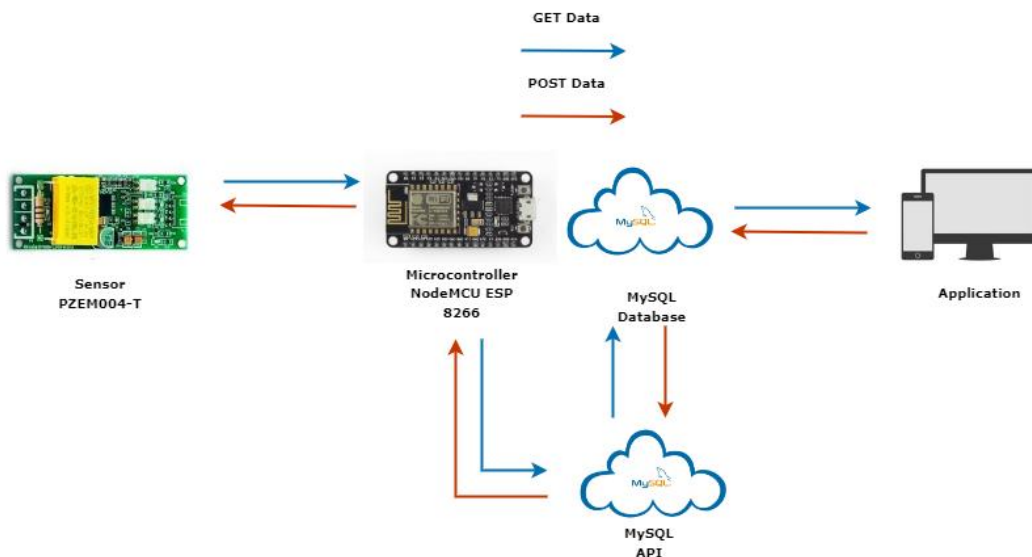
Implementasi sistem ini melibatkan penggunaan sensor untuk mengumpulkan data penggunaan watt dalam setiap 1 steker. Data ini kemudian ditransmisikan ke penyimpanan *Cloud Database*. Selanjutnya, sebuah aplikasi Android dirancang untuk mengakses dan menampilkan data dari *Cloud Database*, menyajikan informasi sesuai dengan sensor yang terdaftar.



Gambar 12. Komunikasi antar alat, *Cloud Database*, aplikasi

Berdasarkan Gambar 12 di atas, komunikasi alat dengan penyimpanan data *Cloud Database* yang berjalan dengan menggunakan layanan internet, *microcontroller* membutuhkan alat yang dapat menghubungkan alat-alat sensor yang digunakan untuk menerima data kondisi disekitar tanaman dengan Internet. Dengan menggunakan alat *Sensor Wireless*, dapat mengirimkan data ke penyimpanan data *Cloud Database* dengan menggunakan akses internet melalui *Sensor Wireless*, dengan menggunakan teknologi *Wireless Sensor Network* agar dapat menghubungkan setiap node *microcontroller* lain yang terhubung dalam satu jaringan.

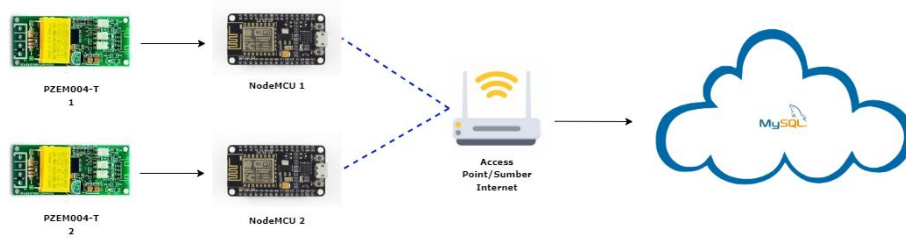
Proses pengiriman data dari mikrokontroler ke penyimpanan data *Cloud Database* dilakukan dengan menggunakan protokol HTTP sebagai antarmuka komunikasi, lalu menggunakan token API unik yang dibuat secara acak dan disimpan di database MySQL. Token ini kemudian diprogram ke dalam mikrokontroler saat proses flashing firmware. Setelah itu mikrokontroler yang dilengkapi modul WiFi diprogram untuk terhubung ke jaringan internet menggunakan kredensial WiFi yang telah ditentukan. Dalam program mikrokontroler, data sensor atau informasi lainnya dikumpulkan secara berkala. Data ini kemudian diformulasikan menjadi string HTTP request yang mencakup token API untuk otentikasi. Menggunakan library HTTP client, mikrokontroler mengirimkan data melalui metode POST atau GET ke host yang sudah dibuat, API menerima data lalu memproses dan menyimpan data ke dalam tabel yang sesuai di database MySQL menggunakan perintah SQL. Proses ini berulang secara periodik sesuai dengan interval waktu yang telah diprogram pada mikrokontroler, memungkinkan pemantauan dan penyimpanan data secara real-time.



Gambar 13. Komunikasi Sensor, Alat, API, dan Aplikasi

Gambar 13 mengilustrasikan konektivitas antara *microcontroller* dan aplikasi berbasis web dengan berbagai komponen sistem. Sensor mengirim data ke *microcontroller* yang memiliki akses internet yang memungkinkannya untuk mentransmisikan data MySQL. Di sisi lain, *microcontroller* hanya berperan sebagai penerima data dari sensor dan pengirim data ke MySQL Database. Sementara itu, aplikasi berbasis web memiliki jangkauan yang lebih luas dalam hal konektivitas API. Aplikasi ini mampu mengakses dan mengambil informasi dari seluruh API yang terintegrasi dalam sistem.

- b. Hasil Analisis Teknologi *Wireless Sensor Network*
 Menggunakan *Teknologi Wireless Sensor Network* digunakan untuk menghubungkan *microcontroller* ke internet, memungkinkannya berkomunikasi dengan API MySQL. Ini memfasilitasi pertukaran data antara mikrokontroler dan layanan cloud tersebut.



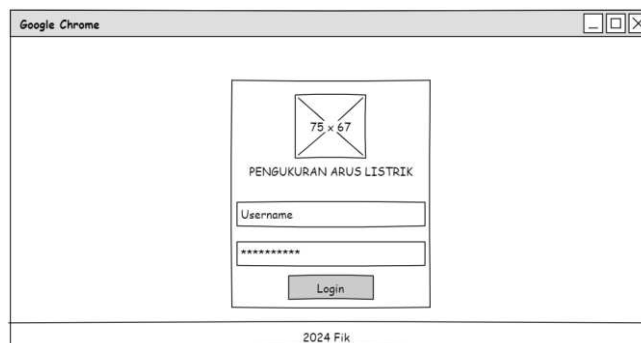
Gambar 13. Koneksi Wireless Sensor Network

Gambar 13 merupakan gambaran dari koneksi microcontroller ke Access Point / Modem (sebagai sumber internet) yang saling terhubung agar microcontroller mendapatkan akses internet untuk dapat berkomunikasi dengan API yang dibutuhkan untuk menyimpan data yang didapat dari sensor yang sudah diinstall. Menggunakan microcontroller nodeMCU V.3 yang sudah terpasang modul ESP8266 sebagai alat yang menghubungkan microcontroller dengan internet. menggunakan nodeMCU V.3 sebagai Teknologi Wireless Sensor Network yang mudah digunakan untuk memberikan akses internet.

4. Pembahasan

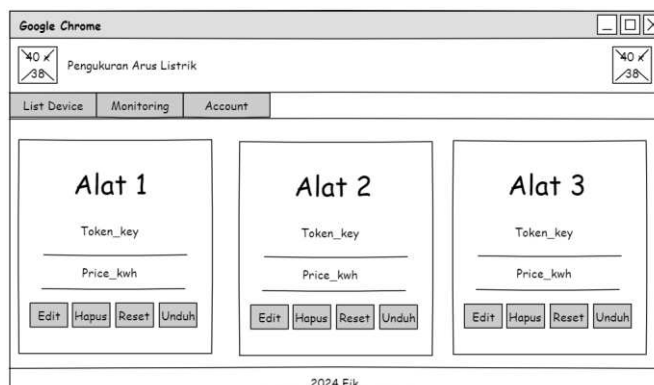
- a. Desain Antarmuka Aplikasi

Desain antarmuka aplikasi adalah membuat interface sebagai rancangan awal aplikasi yang akan dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Desain antarmuka aplikasi dibuat sesuai dengan interface apa saja yang terdapat pada aplikasi. Berikut ini adalah desain antarmuka pada aplikasi pengukuran arus listrik beserta estimasi biaya listrik:



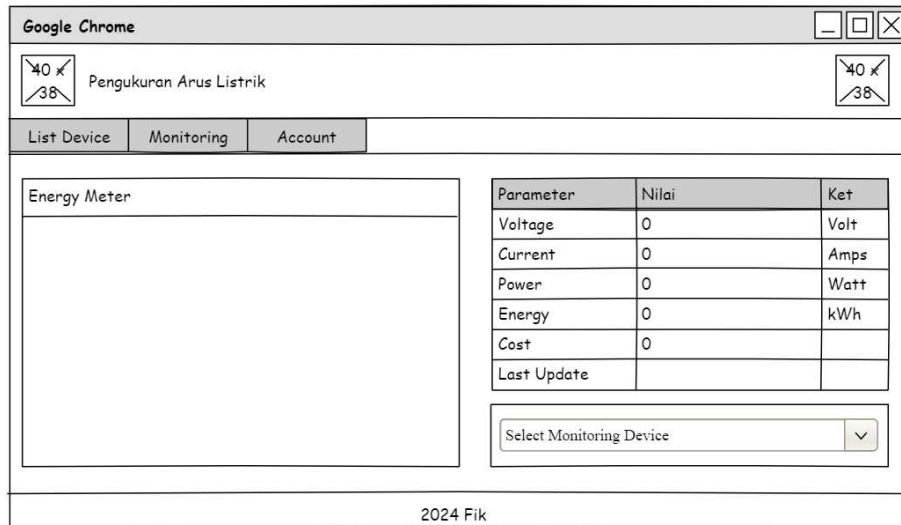
Gambar 14. Mockup Halaman Login

Gambar di atas menampilkan desain antarmuka halaman login yang dapat diakses oleh pengguna sebelum masuk ke halaman utama. Pengguna dapat memasukkan username dan password yang terdaftar dalam database sistem.



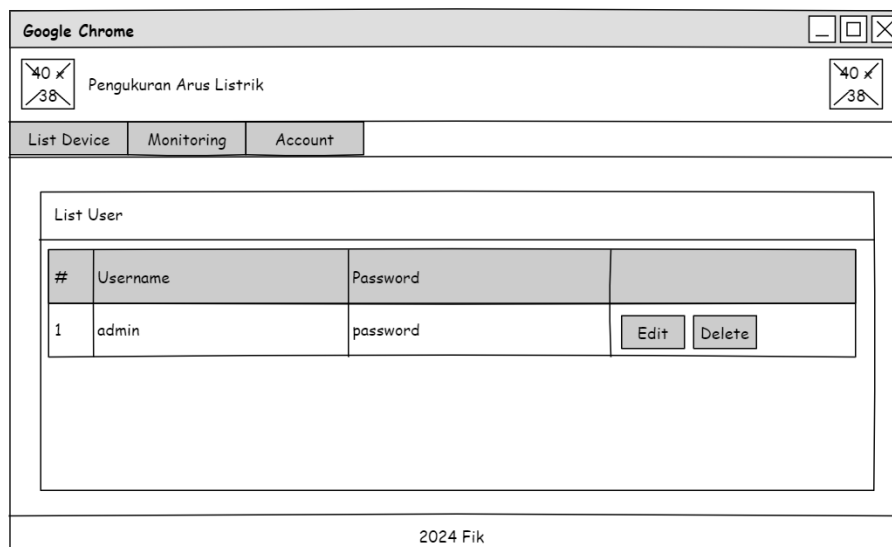
Gambar 15. Mockup Halaman List Device

Gambar di atas menampilkan desain antarmuka halaman list device yang dapat diakses oleh pengguna setelah melewati halaman login. Pada halaman utama terdapat beberapa komponen, yaitu: tombol monitoring, tombol account, dan daftar device yang terdaftar.



Gambar 16. Mockup Halaman Monitoring

Gambar di atas menampilkan desain antarmuka halaman monitoring. Pada halaman monitoring, terdapat sebuah tabel yang berisi semua data sensor dan grafik monitoring energi yang berjalan.



Gambar 17. Mockup Halaman Account

Gambar di atas menampilkan desain antarmuka halaman account. Pada halaman account, terdapat sebuah tabel yang berisi account yang terdaftar dan di dalam tabel tersebut terdapat tombol aksi untuk mengedit dan menghapus account.

b. Pengkodean

Pengkodean adalah proses membuat aplikasi dengan menggunakan bahasa pemrograman yaitu PHP dan juga proses mengatur kontroler dengan menggunakan yaitu C#, serta menerapkan metode sensor PZEM004-T ke dalam aplikasi sesuai dengan kebutuhan pengguna dan tujuan dari penelitian. Berikut merupakan beberapa source code dari aplikasi pengukuran arus listrik beserta estimasi biaya listrik:

1) Menyambungkan Kontroler Dengan Database

```

HTTPClient http;
PZEM004Tv30 pzem(D7, D6);
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
int reset_kwh = 0;
float h, t;
WiFiClient Client;
  
```

```

// ===== USER CONFIG =====
const char* ssid = "Test";
const char* password = "yayaya123";
String key = "66c5bd211ea6c";
String url_server = "http://192.168.248.130";
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); //biasanya address 0x27 atau 0x3F yang beredar dipasaran
// ===== END CONFIG =====

```

```

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  dht.begin();
  lcd.begin();
  lcd.backlight();
  lcd.setCursor(1, 0);
  lcd.print("SMART HOME IoT");
  lcd.setCursor(2, 1);
  lcd.print("ENERGY METER");
  delay(2000);
  koneksi_WiFi();
}
void koneksi_WiFi() {
  ESP.eraseConfig();
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("KONEKSI KE WiFi :");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(ssid);
  WiFi.begin(ssid, password);
  Serial.println("Melakukan koneksi ke WiFi : " + String(ssid));
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println(".");
  }
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("KONEKSI BERHASIL");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("IP:");
  lcd.print(WiFi.localIP());
  Serial.println("Berhasil Terkoneksi, IP : ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
  delay(2000);
}

```

2) Mengambil Data Sensor

```

void loop() {

  if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) {
    float hum = dht.readHumidity();
    float temp = dht.readTemperature();

    float voltage = pzem.voltage();
    float current = pzem.current();
    float power = pzem.power();
    float energy = pzem.energy();

    if (isnan(voltage) ) {
      voltage = 0;
    }
    if (isnan(current) ) {
      current = 0;
    }
    if (isnan(power) ) {
      power = 0;
    }
  }
}

```

```

}
if (isnan(energy) ) {
  energy = 0;
}
if (isnan(hum)) {
  hum = h;
}else{
  h = hum;
}
if (isnan(temp)) {
  temp = t;
}else{
  t = temp;
}

//for Debug sensor di serial monitor
Serial.println("Tegangan : " + String(voltage,1) + " v");
Serial.println("Arus : " + String(current,2) + " A");
Serial.println("Power : " + String(power,1) + " Watt");
Serial.println("kWh : " + String(energy, 2));
Serial.println();

//print ke lcd
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print(voltage,1);
lcd.print("v");
lcd.setCursor(7, 0);
lcd.print("|");
lcd.setCursor(9, 0);
lcd.print(current,2);
lcd.print("A");

lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print(power,1);
lcd.print("W");
lcd.setCursor(7, 1);
lcd.print("|");

lcd.setCursor(9, 1);
lcd.print(energy, 2);
lcd.print("kWh");
delay(1000);

//post data to server
postData(voltage, current, power, energy, hum, temp);

//reset kWh jika ada request reset dari server
if (reset_kwh == 1) {
  reset_kwh = 0;
  resetkWh();
}

} else {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("LOSS CONNECTION!");
  delay(2000);
  koneksi_WiFi();
}
}

```

3) Mengeluarkan Data Sensor ke Kontroler

```

void postData(float voltage, float current, float power, float energy, int hum, int temp) {
    DynamicJsonDocument doc(1024);
    doc["key"] = key;
    doc["pzem"]["volt"] = voltage;
    doc["pzem"]["amp"] = current;
    doc["pzem"]["power"] = power;
    doc["pzem"]["kwh"] = energy;
    doc["dht"]["hum"] = hum;
    doc["dht"]["temp"] = temp;
    String json;
    serializeJson(doc, json);
    //Serial.println(json);

    http.begin(Client, url_server + "/smarthome/API/energymeter.php");
    http.addHeader("Content-Type", "application/json");
    int httpResponseCode = http.POST(json);
    Serial.println("KODE ERROR REQUEST = " + String(httpResponseCode));
    if (httpResponseCode > 0) {
        String response = http.getString();
        char json[500];
        response.toCharArray(json, 500);
        StaticJsonDocument<800> doc;
        deserializeJson(doc, json);
        int error = doc["error"];
        if (error == 200) {
            Serial.println("SERVER RESPON = " + response);
            reset_kwh = doc["reset_kwh"];
        } else {
            Serial.println("TERHUBUNG KE SERVER TAPI GAGAL MENGOLAH DATA");
        }
    } else {
        Serial.println("GAGAL TERHUBUNG DENGAN SERVER");
    }
}

void resetkWh() {
    Serial.println("Melakukan RESET kWh..");
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0,0);
    lcd.print("RESET kWh !!");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("STATUS : ");
    pzem.resetEnergy();
    delay(1000);
    http.begin(Client, url_server + "/smarthome/API/sukses_reset_kwh.php");
    http.addHeader("Content-Type", "application/x-www-form-urlencoded");
    int httpResponseCode = http.POST("key=" + key);
    Serial.println("KODE ERROR REQUEST = " + String(httpResponseCode));
    if (httpResponseCode == 200) {
        String response = http.getString();
        Serial.println("SERVER RESPONSE = "+ response);
        char json[500];
        response.toCharArray(json, 500);
        StaticJsonDocument<800> doc;
        deserializeJson(doc, json);
        int error = doc["error"];
        String message = doc["reset"];
        Serial.print("RESET Status : " + message);
        lcd.print(message);
        if (error != 200) {
            delay(4000);
            resetkWh();
        }
    }
}

```

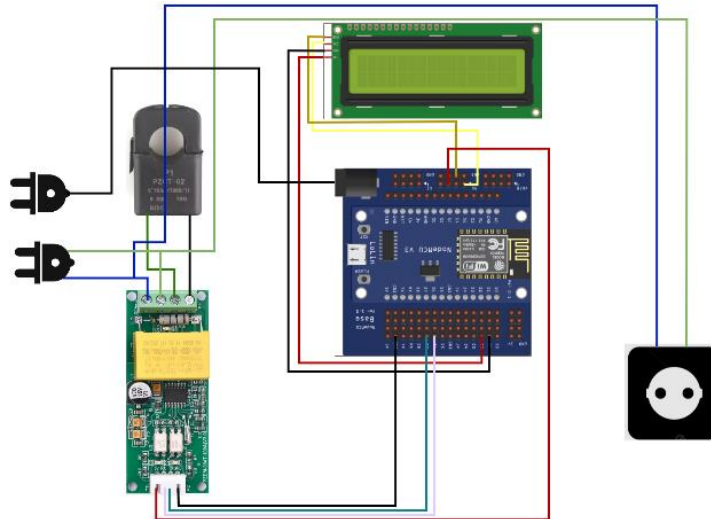
```

} else {
  Serial.println("RESET kWh Gagal Ulangi Proses");
  lcd.print("Again");
  delay(4000);
  resetkWh();
}
Serial.println();
delay(1000);
}

```

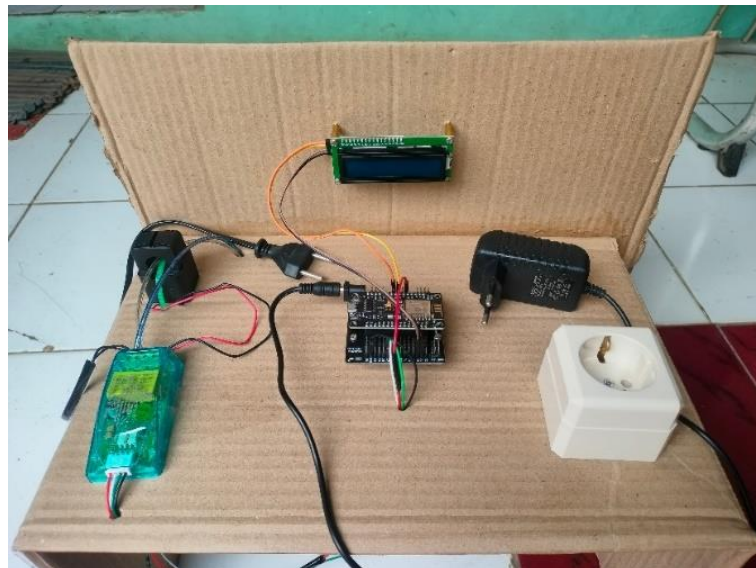
c. Prototype Alat

Tahap selanjutnya dari perancangan sistem adalah pembuatan Prototype. Berikut adalah mockup dari sistem pengukuran arus listrik, seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 18. Mockup Sistem Pengukuran Arus Listrik

Setelah pembuatan mockup untuk sistem, maka selanjutnya membuat prototype sesuai dengan mockup yang sudah dibuat, seperti pada gambar dibawah ini:

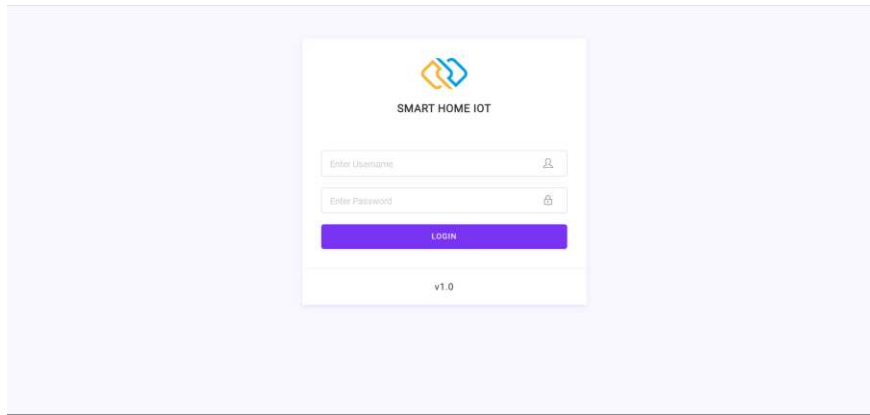


Gambar 19. Prototype Alat

d. Prototype Aplikasi

Setelah data yang dibutuhkan sudah terpenuhi maka selanjutnya adalah tahapan membangun prototipe. Berikut tampilan prototipe aplikasi pengukuran arus listrik beserta estimasi biaya listrik:

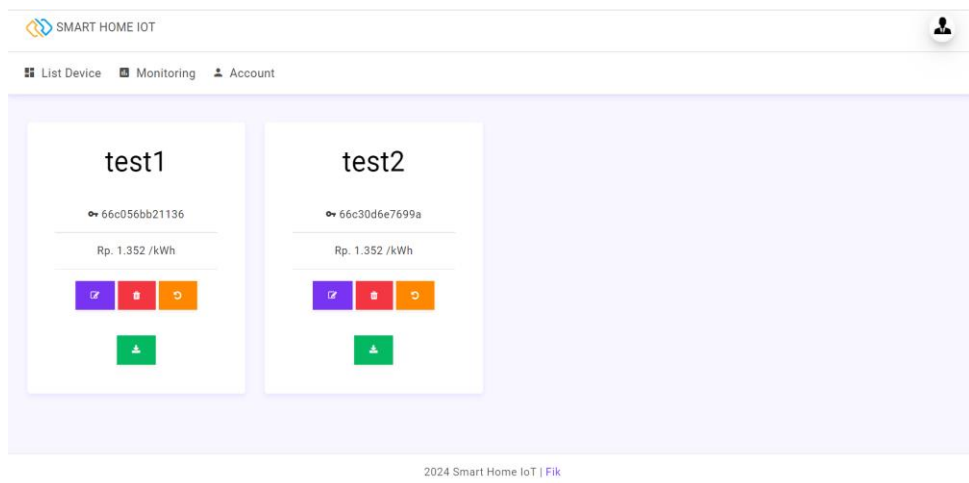
- 1) Tampilan Halaman Login



Gambar 20. Tampilan Halaman Login

Gambar di atas menampilkan tampilan halaman login yang dapat diakses oleh pengguna sebelum masuk ke halaman utama. Pengguna dapat memasukkan username dan password yang terdaftar dalam database sistem.

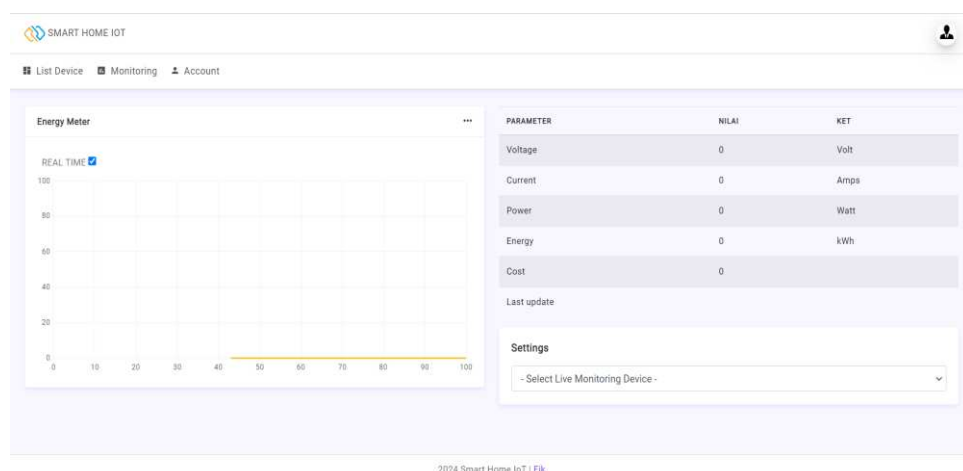
2) Tampilan Halaman List Device



Gambar 21. Tampilan Halaman List Device

Gambar di atas menampilkan tampilan halaman list device yang dapat diakses oleh pengguna setelah melewati halaman login. Pada halaman utama terdapat beberapa komponen, yaitu: tombol monitoring, tombol account, dan daftar device yang didaftar.

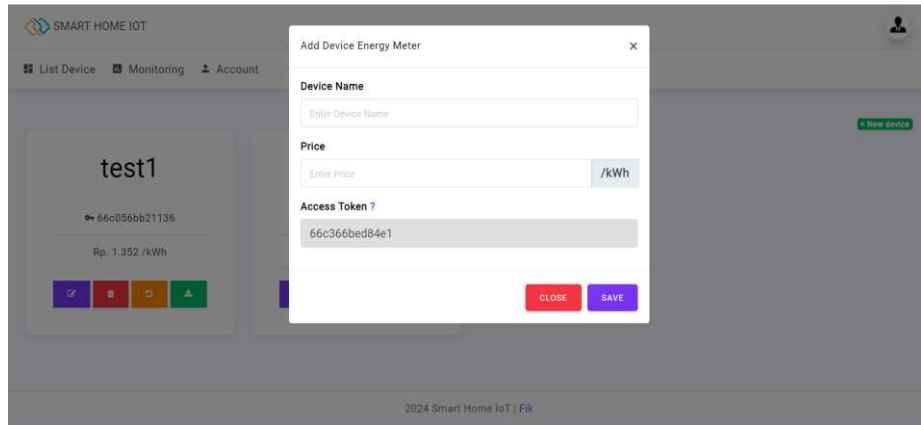
3) Tampilan Monitoring



Gambar 22. Tampilan Halaman Monitoring

Gambar di atas menampilkan tampilan halaman monitoring. Pada halaman data produk, terdapat sebuah tabel yang berisi semua data kontroler dan di dalam tabel tersebut terdapat tombol aksi untuk memilih kontroler mana yang ingin dilihat datanya.

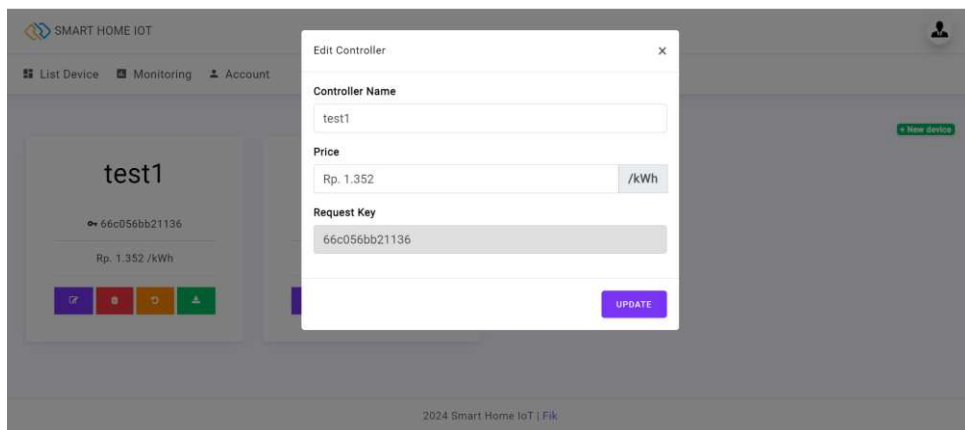
4) Tampilan Input Tambah Kontroler



Gambar 23. Tampilan Halaman Tambah Kontroler

Gambar di atas menampilkan tampilan halaman tambah kontroler. Pada halaman tambah data kontroler, terdapat form input, tombol simpan, dan data access token untuk menghubungkan antar sensor dan kontroler yang terhubung ke internet.

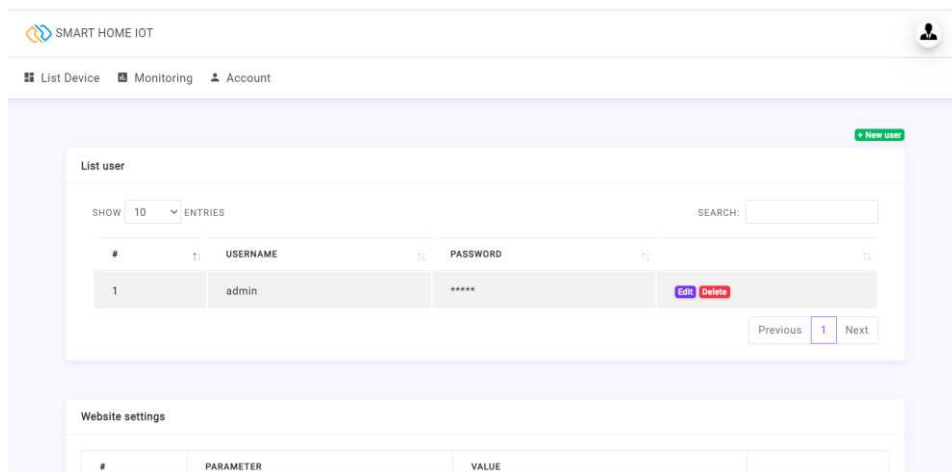
5) Tampilan Perbarui Data Kontroler



Gambar 24. Tampilan Halaman Perbarui Data Kontroler

Gambar di atas menampilkan tampilan halaman perbarui data kontroler. Pada halaman perbarui data kontroler, terdapat form input, dan tombol update.

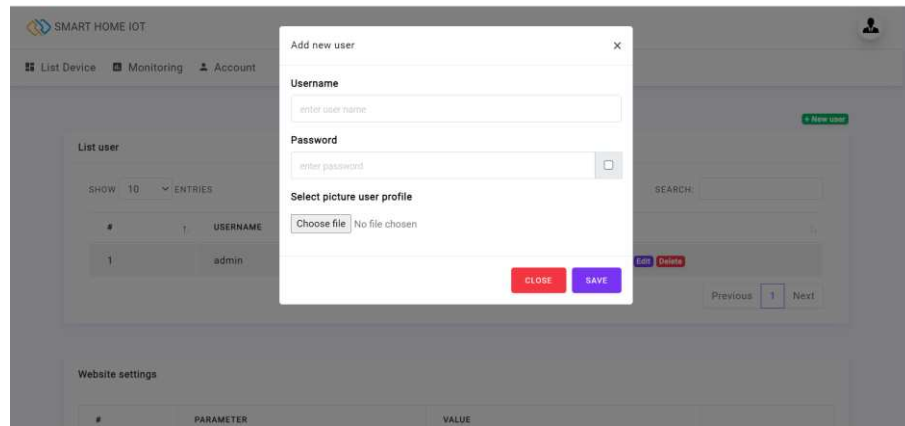
6) Tampilan Halaman Account



Gambar 25. Tampilan Halaman Account

Gambar di atas menampilkan tampilan halaman account. Pada halaman account, terdapat sebuah tabel yang berisi semua data account yang terdaftar dan di dalam tabel tersebut terdapat tombol aksi untuk mengedit dan menghapus.

7) Tampilan Input User Account



Gambar 26. Tampilan Halaman Tambah User Account

Gambar di atas menampilkan tampilan halaman tambah akun pengguna. Pada halaman tambah data produk, terdapat form input, dan tombol simpan.

e. Evaluasi

Evaluasi yaitu proses untuk mengetahui tingkat kebergunaan dan mengetahui kekurangan sehingga dapat diperbaiki sesuai dengan yang diharapkan. Evaluasi pada penelitian ini yaitu evaluasi produk yang dihasilkan yaitu aplikasi. Tujuan evaluasi dari aplikasi.

1) Hasil Kuesioner Kelayakan Sistem Untuk Ahli Sistem dan Ahli Materi

Dalam penelitian ini, dua orang ahli sistem dan ahli materi yang terlibat. Mereka adalah dosen di Fakultas Informatika pada Universitas Binaniaga Indonesia, dengan spesialisasi dalam mata kuliah jaringan dan teknologi informasi. Kuesioner yang mereka isi berisi pendapat mereka tentang alur program yang digunakan dalam pengembangan aplikasi pengukuran arus listrik beserta estimasi biaya listrik. Kuesioner tersebut berisi pertanyaan yang ditujukan kepada ahli sistem mengenai alur aplikasi dalam pengukuran arus listrik beserta estimasi biaya listrik. Skor penilaian dalam kuesioner uji ahli ini yaitu menggunakan skala Guttman yakni Ya untuk nilai 1 dan Tidak untuk nilai 0. Adapun pertanyaan menggunakan model ISO 9126 yang diajukan untuk mengetahui persepsi ahli sistem terkait metode sensor PZEM004-T yang diterapkan kedalam sistem pengukuran arus listrik beserta estimasi biaya listrik adalah sebagai berikut:

Fungsionalitas

- P1. Apakah fitur-fitur yang disediakan oleh situs web pengukuran arus listrik beserta menentukan estimasi biaya listrik sudah memenuhi kebutuhan pengguna?
- P2. Bisakah perangkat lunak menghasilkan hasil yang diharapkan?
- P3. Apakah perangkat lunak dilengkapi dengan Tindakan pengamanan?
- P4. Bisakah perangkat lunak berinteraksi dengan sistem lain?

Kehandalan

- P5. Bisakah Sebagian besar kesalahan dihilangkan dari waktu ke waktu?
- P6. Bisakah Software menangani kesalahan?
- P7. Apakah Software dapat bekerja dan mengembalikan data?

Kebergunaan

- P8. Bisakah Software dipahami dengan mudah?
- P9. Bisakah Software dipelajari dengan mudah?
- P10. Bisakah Software dioperasikan dengan mudah?
- P11. Apakah Software memiliki antarmuka yang menarik?

Efisiensi

- P12. Apakah perangkat lunak berperilaku tepat waktu?
- P13. Apakah perangkat lunak mampu menjalankan tugasnya dengan baik menggunakan sumber daya yang dimiliki?

Pemeliharaan

- P14. Bisakah perangkat lunak dengan mudah menemukan penyebab terjadinya kegagalan?
- P15. Bisakah perangkat lunak di modifikasi atau di ubah dengan mudah?
- P16. Bisakah perangkat lunak meminimalkan efek tak terduga dari modifikasi perangkat lunak?
- P17. Bisakah perangkat lunak di validasi pada perangkat lain?

Portabilitas

- P18. Bisakah perangkat lunak diadaptasikan dengan mudah?
- P19. Bisakah perangkat lunak diinstall dengan mudah?
- P20. Bisakah perangkat lunak bekerja dengan sistem perangkat lunak yang ada?

P21. Bisakah perangkat lunak digunakan sebagai pengganti perangkat lunak serupa?
 Skala yang digunakan dalam perhitungan kuesioner ini yaitu skala guttman, yang mana jawaban “Valid” diberi skor 1 dan jawaban “Tidak Valid” diberi skor 0. Adapun hasil dari kuesioner untuk ahli sistem dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Hasil Kuesioner Untuk Ahli Sistem dan Ahli Materi

Responden	Pertanyaan																				Jumlah	
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20		P21
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	21
Total																						42

Tabel 3. Hasil Kuesioner Untuk Ahli Sistem dan Ahli Materi

No	Pertanyaan	
	Responden 1	Responden 2
1	Pendapat: “-”	Pendapat: “-”
2	Saran: “Karena hanya prototipe coba untuk tiadakan timeout jaringannya”	Saran: “-”

Berdasarkan pada table diatas, diperoleh skor yang telah diobservasikan berjumlah 42, maka dapat dihitung presentase kelayakan yang diperoleh yaitu sebagai berikut:

$$\text{Presentase Kelayakan (\%)} = \frac{\text{Skor yang diobservasi}}{\text{Skor yang diharapkan}} \times 100\%$$

$$\text{Presentase Kelayakan (\%)} = \frac{42}{42} \times 100\%$$

$$\text{Presentase Kelayakan (\%)} = 100\%$$

Berdasarkan perhitungan, hasil keseluruhan presentase kelayakan adalah 100%. Berdasarkan skala Likert, jika presentase berada dalam rentang 81%-100%, maka itu diartikan sebagai **sangat layak**.

2) Hasil Kuesioner Kelayakan Sistem Untuk Pengguna

Dalam Penelitian ini, uji kelayakan system langsung ditunjukkan kepada pengguna sesuai dengan hasil sebar kuisioner sebanyak 286. Pertanyaan ini dibuat mengacu kepada Teknik perhitungan menggunakan metode dari SUS (System Usability Scale). Adapun pernyataan yang diajukan sebagai berikut:

- P1. Saya rasa saya ingin sering menggunakan sistem ini.
- P2. Saya menemukan sistem ini terlalu rumit.
- P3. Saya merasa sistem ini mudah digunakan.
- P4. Saya membutuhkan bantuan dari orang lain atau teknisi dalam menggunakan sistem ini.
- P5. Saya merasa fitur-fitur sistem ini berjalan dengan semestinya.
- P6. Saya merasa ada banyak hal yang tidak konsisten (tidak serasi pada sistem ini).
- P7. Saya merasa orang lain akan memahami cara menggunakan sistem ini dengan cepat.
- P8. Saya menemukan sistem ini sangat rumit untuk digunakan.
- P9. Saya merasa sangat percaya diri menggunakan sistem ini.
- P10. Saya perlu mempelajari banyak hal sebelum dapat mulai menggunakan sistem ini.

Dalam masing-masing pernyataan ini skor nilai yang digunakan menggunakan Skala Likert yaitu Responden bisa menjawabnya dengan aturan 5 poin yaitu Sangat Setuju (5), Setuju (4), Ragu-ragu (3), Tidak Setuju (2) dan Sangat Tidak Setuju (1). Adapun hasil dari kuesioner untuk ahli pengguna dapat dilihat sebagai berikut:

Tabel 4. Hasil Kuesioner Untuk Ahli Pengguna

Responden	Pertanyaan										Jumlah Rumus SUS
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	
1	4	1	3	3	5	5	5	1	5	2	75
2	5	3	4	1	5	3	3	3	5	4	70
3	5	2	4	2	5	2	3	2	4	4	72,5
4	4	2	3	2	3	5	4	2	5	2	65
5	4	1	4	1	5	3	4	1	4	1	85
6	4	1	5	4	4	1	5	2	3	4	72,5
Nilai rata-rata											79

Berdasarkan tabel diatas, maka dapat dihitung presentase kelayakan dari aplikasi ini menggunakan metode SUS (System Usability Scale) yaitu:

Rumus SUS

$$\text{Skor system usability scale} = (C12-1)+(5-D12)+(E12-1)+(5-F12)+(G12-1)+(5-H12)+(I12-1)+(5-J12)+(K12-1)+(5-L12))* 2,5)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Responden 1;

$$SUS = ((Q1 - 1) + (5 - Q2) + (Q3 - 1) + (5 - Q4) + (Q5 - 1) + (5 - Q6) + (Q7 - 1) + (5 - Q8) + (Q9 - 1) + (5 - Q10)) \times 2.5$$

$$SUS = ((4 - 1) + (5 - 1) + (3 - 1) + (5 - 3) + (5 - 1) + (5 - 5) + (5 - 1) + (5 - 1) + (5 - 1) + (5 - 2)) \times 2.5$$

$$SUS = (3 + 4 + 4 + 2 + 4 + 0 + 4 + 3 + 4 + 3) \times 2.5$$

$$SUS = 30 \times 2.5$$

$$SUS = 75$$

Perhitungan SUS dilakukan untuk setiap responden seperti cara diatas. Setelah semua responden memiliki nilai SUS, maka terakhir dicari rata-rata nya untuk menentukan skor grade dari SUS. Pada penelitian ini Uji Kuesioner Kelayakan Sistem Untuk Pengguna mendapatkan skor SUS **79** dan mendapatkan grade **B**.

f. Produk Akhir

Hasil akhir dari pengembangan ini adalah sebuah sensor pengukuran arus listrik beserta estimasi biaya listrik. Sensor ini bertujuan untuk memberikan informasi kepada pengguna indekos mengenai alat mana yang pemakaiannya lebih banyak arusnya, dan berapa biaya beban alat device yang tersambung pada listrik. Dengan demikian, aplikasi ini dapat membantu mengatasi masalah dalam mengukur arus listrik device mana yang memakai beban lebih banyak dan juga biaya beban listrik device tersebut.

D. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan pada sistem pengukuran arus listrik beserta estimasi biaya listrik menggunakan metode sensor PZEM004-T. Maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengukuran arus listrik beserta estimasi biaya listrik sudah dapat dibuat dengan baik dan terbukti sistem dapat mengukur dan menampilkan hasil pengukuran nilai tegangan, arus, daya aktif, konsumsi energi listrik dan estimasi biaya yang harus dibayarkan.
2. Sistem pengukuran arus listrik beserta estimasi biaya listrik ini dapat digunakan dengan baik. Besar persentase nilai akurasi dari sistem yang dirancang terhadap alat ukur standar meliputi tegangan nilai error sebesar 1.1%, arus mempunyai nilai error sebesar 2.9%, dan perhitungan total konsumsi energi listrik mempunyai nilai error sebesar 3.3%. Dikategorikan masih dalam batas wajar karena nilai error kurang dari 5%.
3. Dari hasil perhitungan selama 30 hari didapatkan jumlah konsumsi energi sebesar 214.49 kWh dengan estimasi biaya sebesar Rp 290.064,62. Berbeda dengan acuan nominal dari PLN yang sebesar Rp 298.590. Hal ini menunjukkan bahwa nilai error biaya listrik tersebut sebesar 2.85%, dikategorikan masih dalam batas wajar karena nilai error kurang dari 5%.

E. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andriana, -, Zuklarnain, -, & Baehaqi, H. (2019). Sistem kWh Meter Digital Menggunakan Modul PZEM-004T. *Jurnal TIARSIE*, 16(1), 29. <https://doi.org/10.32816/tiarsie.v16i1.43>
- [2] Annur, C. M. (2021). Distribusi Listrik di Indonesia Berdasarkan Kelompok Pelanggan. *Distribusi Listrik di Indonesia Berdasarkan Kelompok Pelanggan*
- [3] Anwar, S., Artono, T., Nasrul, Dasrul, & Fadli, A. (2019). Pengukuran Energi Listrik Berbasis PZEM-004T. *Proceeding Seminar Nasional Politeknik Negeri Lhokseumawe*, 3(1).
- [4] Apriani, Y. (2021). Monitoring Arus dan Tegangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Internet Off Things. *JATISI (Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi)*, 8(2), 889–895. <https://doi.org/10.35957/jatisi.v8i2.543>
- [5] Arifin, Moch. B. U., & Aunillah. (2021). *Buku Ajar Statistik Pendidikan* (W. W. Wijayanti, M. T. Multazam, & M. D. K. Wardana, Ed.). UMSIDA Press. <https://press.umsida.ac.id/index.php/umsidapress/article/download/978-623-6292-33-4/1065/>
- [6] Dihni, V. A. (2021). Kontribusi Konsumsi Energi di Sektor Rumah Tangga. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2021/12/03/listrik-sumber-energi-paling-banyak-digunakan-rumah-tangga-indonesia>
- [7] H, A. D., & Sartika, E. M. (2020). NodeMCU ESP8266-12 untuk Internet of Things (IoT). <https://books.google.co.id/books?id=hyrqEAAAQBAJ>
- [8] Jokanan, J. W., Widodo, A., Kholis, N., & Rakhmawati, L. (2022). Rancang Bangun Alat Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT Menggunakan Firebase dan Aplikasi. *Jurnal Teknik Elektro*, 11(1), 47–55. <https://doi.org/10.26740/jte.v11n1.p47-55>
- [9] M. Nuzuluddin, M. P. M. I. D. M. S. M. P. H. M. P. M. K. (2022). *Dasar Internet of Things (Mahir IoT dengan ESP8266)*. CV Jejak (Jejak Publisher). <https://books.google.co.id/books?id=2p6mEAAAQBAJ>
- [10] Meier, A. Von. (2006). *Electric Power Systems: A Conceptual Introduction*.

- [https://gacbe.ac.in/images/E%20books/Electric%20Power%20Systems%20%20A%20Conceptual%20Introduction%20-%20A.%20von%20Meier%20\(Wiley,%202006\).pdf](https://gacbe.ac.in/images/E%20books/Electric%20Power%20Systems%20%20A%20Conceptual%20Introduction%20-%20A.%20von%20Meier%20(Wiley,%202006).pdf)
- [11] Mustafa, S., & Muhammad, U. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Smartphone. *Jurnal Media Elektrik*, 17.
- [12] Pangestu, A. D., Ardianto, F., & Alfaresi, B. (2019). Sistem Monitoring Beban Listrik Berbasis Arduino Nodemcu Esp8266. *Jurnal Ampere*, 4(1), 187. <https://doi.org/10.31851/ampere.v4i1.2745>
- [13] Pressman, R. S. (2012). *Rekayasa perangkat lunak pendekatan praktisi* (7 ed., Vol. 2). Andi Offset.
- [14] Putri, R. A. (2022). Buku Ajar BASIS DATA (Rintho R. Rerung, Ed.; Edisi Kedua). Media Sains Indonesia. <http://repository.uinsu.ac.id/14206/1/Buku%20Digital%20-%20BUKU%20AJAR%20BASIS%20DATA.pdf>
- [15] Raharjo, B. (2022). Pemrograman Bahasa C# (J. T. Santoso, Ed.). Yayasan Prima Agus Teknik. <https://penerbit.stekom.ac.id/index.php/yayasanpat/article/view/335/356>
- [16] Ramadhani, N. A., Hikmat, Y. P., & Setiadi, B. (2023). Rancang Bangun Sistem Kendali dan Monitoring Penggunaan Daya Listrik pada Gedung Komersial Berbasis Internet of Things. *Prosiding The 14th Industrial Research Workshop and National Seminar Bandung*, 14.
- [17] Sansuadi, & Nugroho, R. C. (2021). *Statistik Ketenagalistrikan 2021* (Vol. 35). https://gatrik.esdm.go.id/assets/uploads/download_index/files/6e4c6-statistik-2021-rev-2-.pdf
- [18] Santosa, I. (2018). Analisa Intensitas Konsumsi Listrik Melalui Audit Energi Skala Rumah Tangga. *Jurnal Bidang Teknik*, 15.
- [19] Sapiie, S., & Nishino, O. (1994). *Pengukuran dan alat-alat ukur listrik*. PT Pradnya Paramita. <https://books.google.co.id/books?id=z1MEfAEACAAJ>
- [20] Sari, Y. (2017). *Logika Algoritma, Pseudocode, Flowchart, dan C++* (A. Hastono, Ed.). Perahu Litera.
- [21] Siswanto, J., Susantini, E., & Jatmiko, B. (2019). *Karya Paten: Fisika Dasar, Seri: Listrik Arus Searah dan Kemagnetan*. https://repository.unesa.ac.id/sysop/files/2019-05-09_Paten6%20Jatmi.pdf
- [22] Suhaeb, S., Djawad, Y. A., & Jaya, H. (2017). *Mikrokontroler Dan Interace*. <http://eprints.unm.ac.id/id/eprint/4523>
- [23] Surya, I., Kustija, J., Eka Pawinanto, R., Pramudita, R., Adli Rizqulloh, M., Wahyudin, D., & Haritman, E. (2023). Sistem monitoring beban listrik dan perbaikan faktor daya menggunakan PZEM004T dan dashboard Adafruit berbasis IoT. *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, 3(3), 235–246. <https://doi.org/10.35313/jitel.v3.i3.2023.235-246>
- [24] Wahyudi. (2022). *Pemrograman Web: Html Dan Css* (E. Setiawan, Ed.; 1 Ed., Vol. 1). Eureka Media Aksara. <https://repository.penerbiteurka.com/media/publications/558672-pemrograman-web-html-dan-css89e5aad7.pdf>
- [25] Winaryati, E., Munsarif, M., Mardiana, & Suwahono. (2021). *Cercular Model of RD&D (Model RD&D Pendidikan dan Sosial)* (S. Nahidloh, A. Rochmah, & Danillstr, Ed.). Penerbit Kbm Indonesia.
- [26] Yudhanto, Y., & Azis, A. (2019). *Pengantar Teknologi Internet of Things (IoT)*. UNSPress. <https://books.google.co.id/books?id=IK33DwAAQBAJ>
- [27] Zaini, M., Safrudin, S., & Bachrudin, Moh. (2020). Perancangan Sistem Monitoring Tegangan, Arus Dan Frekuensi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Berbasis Iot. *Tesla: Jurnal Teknik Elektro*, 22(2), 139. <https://doi.org/10.24912/tesla.v0i0.9081>