

## Pemanfaatan IoT untuk Monitoring Energi Listrik Stand UMKM

### dalam Rangka Mewujudkan Pembangunan Berkelanjutan

#### *Utilization of IoT for Electricity Energy Monitoring of MSME Stands to Realize*

#### *Sustainable Development*

Hendi Santoso<sup>1</sup>, RR Lusian ETP<sup>2</sup>, Linda Wahyu Widianti<sup>3</sup>, Abdul Hakim<sup>4</sup>, L. M. Rasdi Rere<sup>5</sup>

<sup>1,2,3,4,5</sup>Magister Teknologi Informasi, Sekolah Tinggi Manajemen Informatika dan Komputer Jakarta  
 STI&K

<sup>1</sup>[hendi.santoso92@gmail.com](mailto:hendi.santoso92@gmail.com), <sup>2</sup>[lussiana.etp@gmail.com](mailto:lussiana.etp@gmail.com)\*, <sup>3</sup>[linda\\_widianti@staff.jak-stik.ac.id](mailto:linda_widianti@staff.jak-stik.ac.id)\*,  
<sup>4</sup>[hkiem09@gmail.com](mailto:hkiem09@gmail.com)\*, <sup>5</sup>[lm\\_rasdi\\_rere@staff.jak-stik.ac.id](mailto:lm_rasdi_rere@staff.jak-stik.ac.id)\*

#### **Abstract**

*The Micro, Small, and Medium Enterprises (MSMEs) sector is a vital pillar of the national economy; however, its operational efficiency is often hindered by a lack of transparency in electricity consumption data. Without real-time monitoring, MSME owners struggle to identify energy waste, leading to increased operational costs. This research aims to design an Internet of Things (IoT)-based electricity monitoring system implemented for MSME stands. The system is built using the ESP32 microcontroller as the central processing unit and the PZEM-004T sensor to accurately measure electrical parameters, including voltage (V), current (A), power (W), and accumulated energy consumption (kWh). The captured data is transmitted via the internet and visualized through the "PantauDaya" web application platform. Through this platform, MSME owners can monitor their electricity consumption profiles accurately and sustainably via computers or smartphones. Testing results indicate that the integration of ESP32 and PZEM-004T provides reliable energy data for users. This innovation aligns with the 2030 Sustainable Development Goals (SDGs), particularly Goal 7 (Affordable and Clean Energy) and Goal 12 (Responsible Consumption and Production), through the digitalization of energy management at the micro-enterprise level.*

**Keywords:** *Internet of Things (IoT), ESP32, PZEM-004T, Energy Monitoring, MSMEs, SDGs 2030*

#### **Abstrak**

Sektor Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) merupakan pilar penting ekonomi nasional, namun efisiensi operasionalnya seringkali terkendala oleh kurangnya transparansi data penggunaan energi listrik. Tanpa adanya pemantauan secara *real-time*, pelaku UMKM sulit mengidentifikasi pemborosan energi yang berdampak pada pembengkakan biaya. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem monitoring energi listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang diimplementasikan pada stand UMKM. Sistem ini dibangun menggunakan mikrokontroler ESP32 sebagai otak pemroses data dan sensor PZEM-004T untuk mengukur parameter kelistrikan secara presisi, meliputi tegangan (V), arus (A), daya (W), dan akumulasi konsumsi energi (kWh). Data yang terbaca dikirimkan melalui jaringan internet dan divisualisasikan melalui platform aplikasi website PantauDaya. Melalui platform ini, pelaku UMKM dapat memantau profil konsumsi listrik mereka secara akurat dan berkelanjutan melalui perangkat komputer maupun *smartphone*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi ESP32 dan PZEM-004T mampu menyediakan data energi yang andal bagi pengguna. Inovasi ini selaras dengan upaya pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs) 2030, khususnya poin nomor 7 mengenai energi bersih dan terjangkau serta nomor 12 mengenai konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab, melalui digitalisasi manajemen energi di tingkat usaha mikro.

**Kata kunci:** *Internet of Things (IoT), ESP32, PZEM-004T, Monitoring Listrik, UMKM, SDGs 2030*

#### **Pendahuluan**

Sektor Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) merupakan pilar ekonomi yang memerlukan efisiensi sumber daya untuk menjaga keberlanjutan usahanya, sejalan dengan target *Sustainable Development Goals*

(SDGs) nomor 7 dan 12 [1] [2]. Salah satu kendala utama pada area komunal seperti *food court* atau sentra UMKM adalah penggunaan satu sumber listrik utama yang dibagi ke banyak pengguna tanpa alat ukur individual yang memadai [3]. Praktik pembiayaan listrik dengan sistem rata (*flat rate*) sering kali menimbulkan ketidakadilan bagi pedagang dengan beban listrik rendah dan memicu konflik antara pengelola dan penyewa [4]. Tanpa adanya transparansi data, pengawasan terhadap penggunaan energi menjadi sulit dilakukan, yang berpotensi menyebabkan pemborosan energi yang tidak terkendali [5] [6].

Penelitian terdahulu telah mencoba mengimplementasikan sistem monitoring menggunakan sensor arus ACS712, namun beberapa studi menunjukkan bahwa sensor tersebut memiliki tingkat galat (*error*) yang cukup tinggi saat membaca beban rendah dan fluktuatif [7]. Penggunaan kWh-meter digital konvensional pada setiap stand juga dinilai kurang efisien karena masih memerlukan proses pencatatan manual yang rentan terhadap *human error* [8] [9]. Oleh karena itu, digitalisasi sistem pengukuran melalui teknologi *Internet of Things* (IoT) menjadi solusi yang mendesak untuk meningkatkan akurasi dan keterbukaan informasi [10].

Penggunaan modul sensor PZEM-004T telah terbukti dalam berbagai literatur memiliki tingkat akurasi yang jauh lebih baik untuk pengukuran tegangan, arus, daya, hingga frekuensi dibandingkan sensor analog biasa [11]. Implementasi mikrokontroler ESP32 sebagai unit pemroses utama sangat disarankan karena memiliki fitur komunikasi WiFi yang stabil dan kemampuan pengolahan data yang cepat untuk sistem monitoring *real-time* [12]. Data yang dikirimkan secara nirkabel melalui protokol seperti HTTP atau MQTT memungkinkan pengelola untuk memantau konsumsi energi tanpa harus mendatangi lokasi secara fisik [13]. Meskipun sistem pemantauan berbasis aplikasi *mobile* seperti Blynk cukup populer, penelitian menunjukkan bahwa platform tersebut memiliki keterbatasan dalam hal kustomisasi basis data dan visualisasi jangka panjang untuk keperluan audit biaya [14] [15].

Celah penelitian (*gap analysis*) yang ditemukan adalah masih jarangnyanya sistem monitoring yang dirancang khusus sebagai alat audit "keadilan biaya" pada lingkungan stand UMKM dengan sumber daya berbagi. Kebanyakan sistem yang ada saat ini hanya berfokus pada visualisasi teknis tanpa mempertimbangkan aspek kemudahan akses data bagi pengguna awam di lingkungan pasar atau sentra kuliner [16]. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada pengembangan sistem *sub-metering* yang mengintegrasikan sensor PZEM-004T dan ESP32 dengan platform website khusus bernama "**pantaudaya**". Platform ini dirancang untuk memberikan transparansi penuh kepada pemilik stand mengenai pemakaian kWh mereka secara riil, sehingga sistem pembayaran dapat diubah dari sistem bagi rata menjadi sistem pembayaran sesuai pemakaian aktual [17].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan mengimplementasikan sistem monitoring listrik berbasis IoT yang mampu menjamin keadilan distribusi biaya energi di lingkungan UMKM. Dengan adanya sistem ini, diharapkan tercipta tata kelola energi yang transparan, mendukung penghematan biaya operasional pedagang, dan mewujudkan infrastruktur digital yang berkelanjutan.

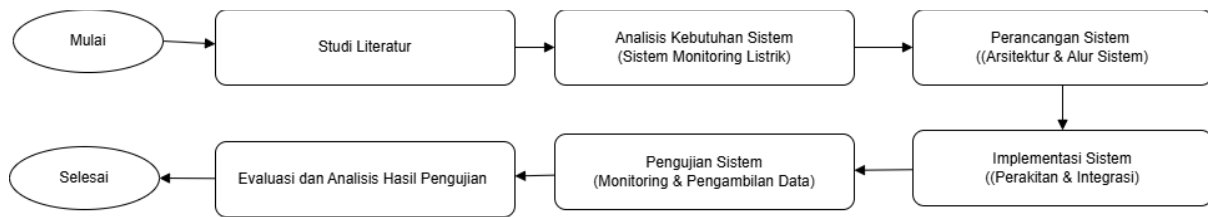
## Metode Penelitian

### Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian rekayasa (*engineering research*) dengan pendekatan *Research and Development* (R&D). Metode ini dipilih untuk merancang, membangun, dan menguji sistem monitoring konsumsi daya listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) sebagai solusi teknis bagi stand UMKM. Penelitian ini bersifat eksperimental dan kuantitatif, di mana data numerik hasil pengukuran parameter kelistrikan (tegangan, arus, daya, dan energi) dianalisis untuk memastikan keandalan sistem dalam menyajikan data yang akurat guna mencapai keadilan distribusi biaya energi.

### Tahap Pengerjaan

Tahap pengerjaan disusun secara sistematis agar proses pengembangan berjalan terstruktur. Alur penelitian dimulai dari studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, hingga tahap pengujian dan evaluasi. Alur lengkap pengerjaan ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

### Analisis Kebutuhan

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi kebutuhan sistem untuk memastikan perangkat dapat berfungsi sebagai alat audit energi yang andal.

1. Kebutuhan Input: Data parameter listrik (V, A, W, kWh) dari sensor PZEM-004T.
2. Kebutuhan Output: Informasi visual pada *dashboard* mengenai nilai parameter listrik secara *real-time*.
3. Kebutuhan Perangkat Lunak: Arduino IDE untuk pemrograman, *web browser* untuk akses aplikasi pantaudaya, dan sistem basis data (MySQL/Firebase) untuk penyimpanan historis.
4. Kebutuhan Perangkat Keras: Mikrokontroler ESP32, sensor PZEM-004T, modul WiFi, kabel *jumper*, dan *breadboard*.

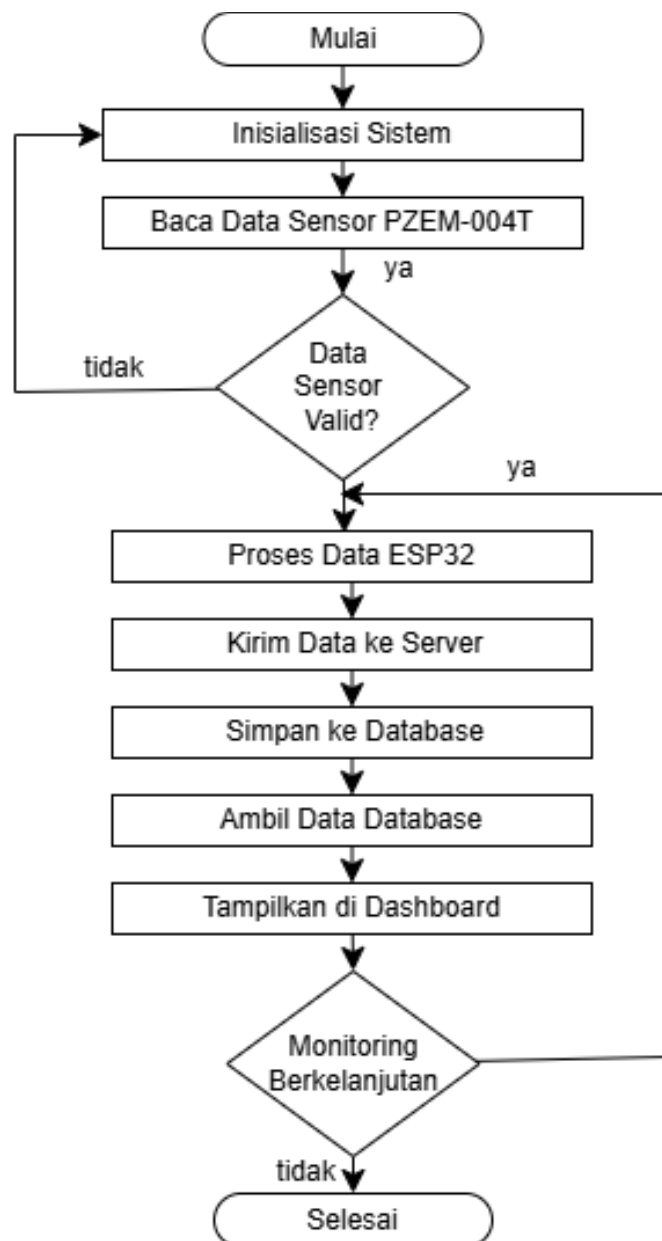
### Gambaran Sistem

Sistem dirancang untuk memantau penggunaan energi secara *real-time* dengan mengintegrasikan perangkat keras dan platform digital. Sensor PZEM-004T mengukur parameter listrik pada beban stand UMKM, kemudian data diproses oleh ESP32 dan dikirimkan ke server melalui koneksi WiFi. Gambaran integrasi sistem ini dapat dilihat pada Gambar 2.

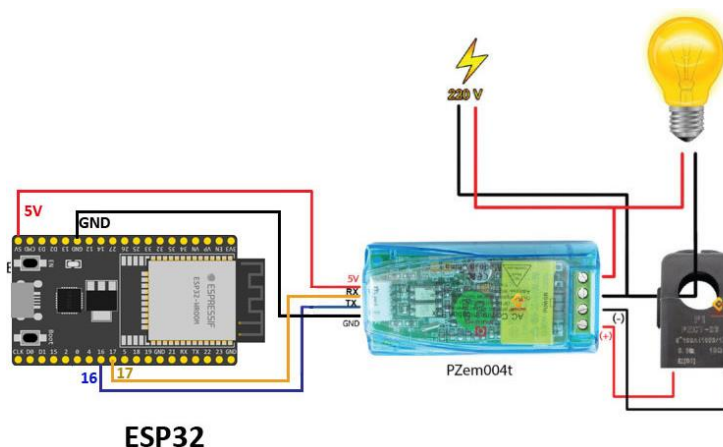
### Perancangan Sistem

Perancangan sistem dilakukan untuk mengintegrasikan seluruh komponen perangkat keras dan perangkat lunak sehingga dapat berfungsi sebagai alat audit energi yang transparan. Secara teknis, perancangan ini mencakup konfigurasi alat ukur, unit pemroses, hingga antarmuka pengguna pada website **pantaudaya**.

Alur kerja dimulai dengan sensor PZEM-004T yang berfungsi mengukur parameter kelistrikan (tegangan, arus, daya, dan energi) secara *real-time* pada jalur listrik stand UMKM. Data tersebut kemudian dikirimkan melalui komunikasi serial ke mikrokontroler ESP32 sebagai pusat kendali. ESP32 mengolah data tersebut dan mengirimkannya ke server melalui jaringan internet menggunakan koneksi WiFi yang tersedia. Data yang tersimpan dalam sistem basis data kemudian diakses dan divisualisasikan melalui *dashboard* website pantaudaya, sehingga memungkinkan proses pemantauan dilakukan secara terpusat dan terintegrasi. Rangkaian alur kerja sistem ini ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 2. Gambaran Sistem Monitoring dan Analisis Konsumsi Daya Listrik Berbasis IoT



Gambar 3 Konfigurasi PZEM-004T dengan ESP32

Tahap akhir perancangan adalah integrasi dengan platform website pantaudaya. Website ini dirancang untuk menampilkan data monitoring secara informatif bagi pemilik stand. Dengan sistem ini, penggunaan energi yang sebelumnya tidak terukur pada sistem bagi rata (satu sumber banyak colokan) kini dapat terpantau secara transparan per-stand, sehingga memberikan data yang valid untuk audit biaya listrik.

## Hasil dan Pembahasan

### Implementasi Perangkat Keras dan Pengujian Fungsional

Tahap implementasi menghasilkan sebuah unit prototipe monitoring yang berfungsi sebagai titik akuisisi data kelistrikan. Unit ini mengintegrasikan sensor PZEM-004T dengan mikrokontroler ESP32 sebagai gerbang komunikasi IoT. Dalam pengujian fungsional, perangkat keras ini dihubungkan ke sumber listrik lokal (pada Gambar 4) untuk memastikan bahwa parameter tegangan dan arus dapat dibaca oleh ESP32 melalui komunikasi serial UART. Berdasarkan spesifikasi teknis (*datasheet*), sensor PZEM-004T memiliki tingkat akurasi 0.5% yang menjamin presisi data input tanpa memerlukan proses kalibrasi manual tambahan[18].



Gambar 4. Desain Sistem Perangkat Keras PantauDaya

ESP32 dikonfigurasi sebagai unit pemroses yang melakukan pengambilan data dari sensor secara berkala setiap 1 menit. Fokus utama dalam pengujian ini bukanlah pada akurasi sensor itu sendiri, melainkan pada kemampuan mikrokontroler dalam mempertahankan konektivitas nirkabel melalui jaringan WiFi. Hasil pengujian menunjukkan bahwa ESP32 mampu menjalankan tugasnya secara stabil dalam melakukan pembacaan data dan mempersiapkan paket informasi untuk dikirimkan ke server pantaudaya secara nirkabel.

Keberhasilan implementasi perangkat keras ini ditunjukkan dengan sinkronisasi antara indikator pada modul sensor dan status koneksi pada ESP32. Meskipun pengujian dilakukan pada lingkup sumber listrik lokal dan belum diimplementasikan langsung pada stand UMKM, sistem ini telah memenuhi kriteria desain untuk

mendukung audit energi yang transparan. Keberhasilan tahap ini menjadi dasar penting bagi transmisi data menuju basis data yang akan menjadi bukti visual konsumsi energi bagi pengguna akhir.

### Sistem API dan Jalur Komunikasi Data

Sistem API (*Application Programming Interface*) bertindak sebagai jembatan utama yang menghubungkan perangkat keras ESP32 dengan peladen website pantaudaya. Jalur komunikasi ini memanfaatkan protokol HTTP POST untuk mengirimkan paket data hasil pembacaan sensor PZEM-004T menuju *endpoint* server. Pengujian pada tahap ini difokuskan pada keberhasilan pengiriman paket data dari *local gateway* menuju *cloud server* guna memastikan tidak adanya hambatan konektivitas atau kegagalan transmisi selama sistem beroperasi.

Mekanisme pertukaran data ini diatur melalui skrip sisi peladen (*server-side*) yang dirancang untuk menerima, memvalidasi, dan menyimpan data secara otomatis. Detail logika pemrograman pada sistem API pantaudaya ditunjukkan pada Gambar 5 berikut:

```
// 1. Koneksi Database
include "../config.php";

// Atur header respon plain text untuk Serial Monitor ESP8266
header("Content-Type: text/plain");

if ($SERVER["REQUEST_METHOD"] == "POST") {

    // 2. Ambil & Bersihkan Data Autentikasi
    $api_key = isset($_POST['api_key']) ? mysqli_real_escape_string($conn, trim($_POST['api_key'])) : "";
    $id_device = isset($_POST['id_device']) ? mysqli_real_escape_string($conn, trim($_POST['id_device'])) : "";

    // 3. Ambil Data Sensor (Konversi ke tipe numerik yang tepat)
    $voltase = isset($_POST['voltase']) ? (float)$_POST['voltase'] : 0;
    $ampere = isset($_POST['ampere']) ? (float)$_POST['ampere'] : 0;
    $daya = isset($_POST['daya']) ? (float)$_POST['daya'] : 0;
    $energi = isset($_POST['energi']) ? (float)$_POST['energi'] : 0; // Ini adalah Total Akumulasi kWh
    $frekuensi = isset($_POST['frekuensi']) ? (float)$_POST['frekuensi'] : 0;
    $pf = isset($_POST['pf']) ? (float)$_POST['pf'] : 0;

    // 4. Validasi Perangkat (Cek ID, Token, dan Status Aktif)
    $query_check = "SELECT id_device FROM devices
    WHERE id_device = '$id_device'
    AND kode_device = '$api_key'
    AND status = 'active'";

    $result_check = mysqli_query($conn, $query_check);

    if (mysqli_num_rows($result_check) > 0) {

        // Mulai Transaksi Database (Optional, untuk memastikan kedua update berhasil)
        mysqli_begin_transaction($conn);

        try {

            // 5. Masukkan data ke tabel logs untuk riwayat grafik
            $sql_insert_log = "INSERT INTO logs (id_device, voltase, ampere, daya, energi, frekuensi, pf, timestamp)
            VALUES ('$id_device', $voltase, $ampere, $daya, $energi, $frekuensi, $pf, NOW())";
            mysqli_query($conn, $sql_insert_log);

            // 6. Update kolom last_kwh di tabel devices (Angka Meteran Terakhir)
            // Kolom last_kwh harus ada di tabel devices
            $sql_update_device = "UPDATE devices SET last_kwh = $energi WHERE id_device = '$id_device'";
            mysqli_query($conn, $sql_update_device);

            // Commit perubahan
            mysqli_commit($conn);

            http_response_code(200);
            echo "SUCCESS: Akumulasi energi Senergi kWh berhasil dicatat.";

        } catch (Exception $e) {
            // Rollback jika ada error
            mysqli_rollback($conn);
        }
    }
}
```

Gambar 4. Kode Program API Backend

Berdasarkan implementasi kode pada Gambar 4.x, alur komunikasi data dapat dijabarkan dalam beberapa tahapan teknis sebagai berikut:

- **Autentikasi Perangkat:** Sistem memulai proses dengan melakukan pengecekan metode `REQUEST_METHOD` yang harus berupa `POST`. API kemudian mengambil variabel `api_key` dan `id_device` untuk divalidasi statusnya di pangkalan data guna memastikan keamanan akses dari perangkat ilegal.
- **Ekstraksi Data Sensor:** Data yang dikirimkan oleh ESP32 meliputi nilai voltase, ampere, daya, energi, frekuensi, dan *pf* (*power factor*). API melakukan konversi tipe data ke bentuk numerik (*float*) untuk menjamin presisi perhitungan matematis saat data diolah lebih lanjut.
- **Transaksi Database Terpadu:** Jika validasi berhasil, sistem menjalankan perintah `INSERT INTO logs` untuk menyimpan riwayat penggunaan listrik yang akan ditampilkan pada grafik. Secara bersamaan, sistem melakukan `UPDATE devices` pada kolom `last_kwh` untuk merekam angka meteran terakhir yang digunakan dalam perhitungan estimasi biaya di *dashboard*.
- **Konfirmasi Transmisi:** Setelah seluruh transaksi basis data berhasil dieksekusi melalui perintah `mysqli_commit`, API akan mengirimkan respon HTTP 200 dengan pesan `"SUCCESS"` kembali ke ESP32 sebagai tanda bahwa siklus pengiriman data telah selesai dengan sempurna.

Melalui jalur komunikasi *HTTP POST* yang stabil dan sistem API yang terstruktur ini, data dari sumber listrik dapat mengalir secara *real-time* menuju sistem penyimpanan. Hal ini memungkinkan platform **pantaudaya** untuk menyajikan visualisasi pemakaian energi yang akurat, yang menjadi landasan bagi transparansi dan keadilan distribusi biaya energi di lingkungan UMKM.

### Struktur Basis Data dan Mekanisme Penyimpanan

Sistem basis data dirancang menggunakan model relasional yang bertujuan untuk menyimpan seluruh histori penggunaan energi secara terstruktur. Tabel basis data dikonfigurasi dengan kolom-kolom spesifik untuk menampung nilai tegangan (V), arus (A), daya (W), dan energi (kWh). Setiap entri data yang dikirimkan oleh ESP32 secara otomatis akan disertai dengan atribut *timestamp*, sehingga pola konsumsi listrik dapat dipetakan berdasarkan waktu penggunaan secara riil.

Pengujian pada sisi basis data menunjukkan bahwa sistem mampu menerima dan mengorganisir data secara otomatis tanpa tumpang tindih (*data collision*). Struktur basis data ini menjamin bahwa setiap data yang masuk dari perangkat monitoring tersimpan secara permanen dan aman di dalam peladen (*server*). Hal ini sangat krusial dalam mendukung konsep pembangunan berkelanjutan, di mana transparansi data historis menjadi kunci dalam mengevaluasi efisiensi operasional energi di sektor UMKM.

Berdasarkan hasil pemantauan pada sistem pangkalan data, data yang berhasil direkam menunjukkan detail teknis yang lengkap untuk setiap aktivitas kelistrikan. Bukti rekaman data pada *database* dapat dilihat pada Tabel 4.2 berikut:

Tabel 1 Deskripsi Fungsi Kolom pada Tabel Basis Data

| Nama Kolom | Parameter       | Deskripsi Fungsi  |
|------------|-----------------|---|
| id_log     | Primary Key     | Berfungsi sebagai identitas unik dan nomor urut otomatis untuk setiap entri data yang masuk ke sistem.                  |
| id_device  | Foreign Key     | Identitas perangkat ESP32 yang mengirimkan data, memungkinkan identifikasi asal data dari stand UMKM tertentu.          |
| voltase    | Tegangan (V)    | Mengukur nilai tegangan listrik AC pada sumber daya, menunjukkan stabilitas arus listrik yang masuk.                    |
| ampere     | Arus (A)        | Mengukur besar arus listrik yang mengalir dan sedang dikonsumsi oleh beban pada stand UMKM.                             |
| daya       | Daya Aktif (W)  | Menunjukkan nilai beban daya riil yang sedang digunakan, hasil kalkulasi tegangan dan arus secara waktu nyata.          |
| energi     | Akumulasi (kWh) | Mencatat total penggunaan energi listrik dari waktu ke waktu; data ini merupakan dasar utama perhitungan biaya tagihan. |
| frekuensi  | Frekuensi (Hz)  | Mencatat frekuensi jaringan listrik (rata-rata 50 Hz), memastikan pasokan listrik sesuai standar PLN.                   |
| pf         | Power Factor    | Menunjukkan rasio faktor daya atau efisiensi penggunaan listrik pada perangkat elektronik yang terhubung.               |
| timestamp  | Waktu Rekam     | Mencatat tanggal dan waktu presisi saat data berhasil disimpan di server, penting untuk data historis.                  |

Dengan adanya penyimpanan yang terstruktur, data tersebut dapat diakses kapan saja oleh website **pantaudaya** untuk kebutuhan visualisasi. Keandalan basis data ini memastikan bahwa tidak ada informasi penggunaan energi yang hilang selama proses monitoring berlangsung. Arsitektur penyimpanan data yang solid merupakan landasan utama dalam mewujudkan keadilan distribusi biaya energi, karena pengelola dan pemilik stand dapat melihat rekaman penggunaan listrik yang valid dan dapat dipertanggungjawabkan.

Integritas penyimpanan ini dibuktikan melalui log aktivitas data yang tersimpan secara sistematis. Berdasarkan hasil pemantauan pada sistem pangkalan data, data yang berhasil direkam menunjukkan detail

teknis yang lengkap untuk setiap aktivitas kelistrikan. Bukti rekaman data pada *database* dapat dilihat pada gambar 4 berikut:

| id_device | voltase | ampere | daya   | energi | frekuensi | pf   | timestamp           |
|-----------|---------|--------|--------|--------|-----------|------|---------------------|
| 5         | 225.90  | 1.720  | 389.30 | 0.5800 | 50.00     | 1.00 | 2026-01-18 18:50:27 |
| 5         | 226.10  | 1.730  | 390.00 | 0.5730 | 50.00     | 1.00 | 2026-01-18 18:49:27 |
| 5         | 226.10  | 1.720  | 389.70 | 0.5670 | 49.90     | 1.00 | 2026-01-18 18:48:27 |
| 5         | 226.50  | 1.730  | 391.30 | 0.5600 | 49.90     | 1.00 | 2026-01-18 18:47:27 |
| 5         | 226.80  | 1.730  | 392.20 | 0.5540 | 50.00     | 1.00 | 2026-01-18 18:46:27 |
| 5         | 226.80  | 1.730  | 392.20 | 0.5470 | 49.90     | 1.00 | 2026-01-18 18:45:27 |
| 5         | 226.50  | 1.730  | 391.60 | 0.5410 | 50.00     | 1.00 | 2026-01-18 18:44:27 |
| 5         | 226.50  | 1.730  | 391.40 | 0.5340 | 50.00     | 1.00 | 2026-01-18 18:43:27 |
| 5         | 227.60  | 1.740  | 394.90 | 0.5270 | 50.00     | 1.00 | 2026-01-18 18:42:27 |
| 5         | 227.10  | 1.730  | 393.50 | 0.5210 | 50.00     | 1.00 | 2026-01-18 18:41:27 |
| 5         | 225.20  | 1.720  | 386.60 | 0.5140 | 50.00     | 1.00 | 2026-01-18 18:40:27 |
| 5         | 223.80  | 1.710  | 381.60 | 0.5080 | 49.90     | 1.00 | 2026-01-18 18:39:27 |

Gambar 6. Sampel Rekod Data pada Database Sistem pantaudaya

Data pada Gambar 6 memperlihatkan konsistensi pengiriman data di mana setiap parameter teknis seperti frekuensi dan faktor daya terekam dengan presisi tinggi. Melalui dokumentasi ini, seluruh pemangku kepentingan memiliki akses terhadap informasi konsumsi energi yang objektif, yang selanjutnya diolah menjadi informasi biaya pada antarmuka pengguna.

### Visualisasi Data Monitoring pada Dashboard Website pantaudaya

Tahap akhir dari alur sistem IoT ini adalah penyajian data melalui antarmuka website **pantaudaya**, yang berfungsi sebagai media informasi bagi pemilik stand UMKM. Data parameter kelistrikan yang telah berhasil dikirim melalui sistem API dan tersimpan secara terstruktur di dalam pangkalan data ditarik kembali oleh sistem *frontend* untuk ditampilkan secara visual. Dashboard ini dirancang untuk memberikan pemantauan energi yang responsif dan transparan, memungkinkan pengguna melihat pola konsumsi mereka secara *real-time*.

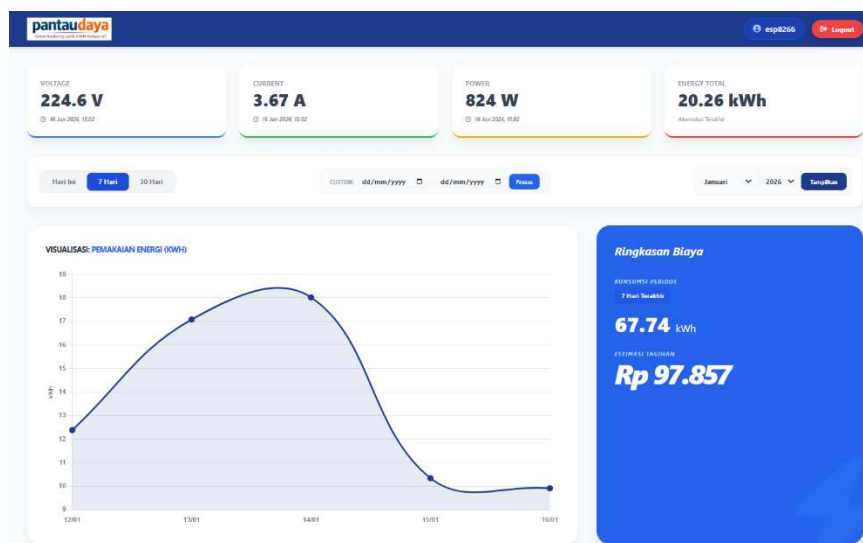


Gambar 7. Tampilan Dashboard Website pantaudaya (hari ini)

Tampilan utama *dashboard* menyediakan empat kartu informasi numerik yang memberikan ringkasan status kelistrikan terkini:

- **Tegangan (Voltage):** Menampilkan nilai tegangan aktual sebesar 230.6 V, yang menunjukkan stabilitas pasokan listrik dari sumber daya.
- **Arus (Current):** Mencatat besar arus yang mengalir pada beban stand, misalnya sebesar 1.76 A tergantung pada perangkat elektronik yang aktif.
- **Daya (Power):** Menyajikan konsumsi daya aktif secara instan dalam satuan Watt, seperti angka 406 W.
- **Energi Total:** Menampilkan akumulasi total penggunaan energi listrik dalam satuan kWh (misalnya 1.31 kWh), yang terus diperbarui secara otomatis berdasarkan rekaman meteran terakhir di basis data.

Selain data numerik, sistem menyediakan fitur visualisasi grafik garis untuk analisis tren pemakaian. Berdasarkan pengujian, grafik **Pemakaian Energi (kWh)** mampu memetakan fluktuasi konsumsi harian, seperti kenaikan beban puncak yang terjadi pada tanggal 14 Januari. Di sisi lain, grafik **Daya (Watt)** memungkinkan pemantauan beban listrik setiap jam, memberikan gambaran mendetail mengenai perilaku penggunaan alat elektronik di stand UMKM sepanjang hari.



Gambar 8. Tampilan Dashboard Website pantaudaya (mingguan)

Fitur paling krusial dalam mendukung transparansi biaya adalah modul **Ringkasan Biaya**. Sistem secara otomatis mengalkulasi total kWh yang dikonsumsi dalam periode tertentu menjadi estimasi tagihan dalam mata uang Rupiah. Sebagai contoh, pemakaian sebesar 67.74 kWh dikonversi menjadi estimasi tagihan sebesar **Rp 97.857**, sementara pemakaian harian sebesar 0.56 kWh tercatat sebesar **Rp 809**. Kemampuan visualisasi dan kalkulasi otomatis ini memastikan keadilan distribusi biaya energi, di mana setiap penyewa hanya membayar sesuai dengan pemakaian riil yang terekam secara digital.

## Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian fungsional yang telah dilakukan pada sistem monitoring energi listrik berbasis *Internet of Things* (IoT), dapat ditarik beberapa kesimpulan utama:

1. Keberhasilan Integrasi Sistem: Penelitian ini telah berhasil merancang alur data yang solid, mulai dari akuisisi data oleh sensor PZEM-004T dan ESP32, transmisi data melalui sistem API berbasis

HTTP POST, hingga penyimpanan permanen di dalam basis data MySQL. Pengujian fungsional membuktikan bahwa data kelistrikan dapat mengalir tanpa hambatan konektivitas yang signifikan.

2. **Transparansi dan Validitas Data:** Sistem pantaudaya mampu menyajikan data parameter kelistrikan yang mendetail, meliputi tegangan, arus, daya, hingga frekuensi secara *real-time* dengan akurasi yang mengacu pada standar teknis sensor. Struktur basis data yang terorganisir menjamin integritas data historis yang dapat dipertanggungjawabkan.
3. **Digitalisasi Manajemen Energi:** Visualisasi data pada *dashboard* website berhasil mengubah data teknis yang kompleks menjadi informasi praktis, seperti grafik tren pemakaian dan ringkasan biaya riil (misalnya Rp 97.857 untuk 67.74 kWh). Hal ini memberikan solusi nyata bagi transparansi biaya listrik di ekosistem UMKM, sekaligus mendukung pencapaian target pembangunan berkelanjutan (SDGs 2030) dalam aspek efisiensi energi dan inovasi infrastruktur digital.

## Daftar Rujukan

- [1] P. AYU, "Penerapan konsep green economy pada pelaku usaha mikro kecil menengah di pasar kretan kecamatan walenrang," Institut Agama Islam Negeri Palopo, 2023.
- [2] I. K. Alimuddin, A. Raina, A. Herdiyana, N. H. Alimuddin, and U. Hasanuddin, "PENDEKATAN GREEN ECONOMICS DALAM Mendukung SDGS DI Kota Parepare," *Reson. J. Ilm. Pengabd. Masy.*, vol. 9, no. 2, pp. 106–115, 2025, doi: <http://dx.doi.org/10.35906/resona.v9i2.2570>.
- [3] R. Suppa, M. Muhallim, T. Informatika, and S. Selatan, "RANCANG BANGUN SISTEM MONITORING DAYA LISTRIK BERBASIS IoT," *JITET (Jurnal Inform. dan Tek. Elektro Ter.*, vol. 13, no. 2, 2025, doi: <http://dx.doi.org/10.23960/jitet.v13i2.6160> RANCANG.
- [4] H. Samuel, "PENERAPAN KEBIJAKAN PENGGUNAAN ENERGI LISTRIK," *J. Manaj. Pemasar.*, vol. 8, no. 1, pp. 39–46, 2014, doi: [10.9744/pemasaran.8.1.39-46](https://doi.org/10.9744/pemasaran.8.1.39-46).
- [5] M. D. T. Arrizky and M. R. Alfarij, "Molection : Monitoring Konsumsi Energi Listrik Pada Kamar Kos Berbasis IoT dan Progressive Website Apps," Universitas Islam Indonesia, 2024.
- [6] D. Suarna and E. Sopyan, "Implementasi Internet of Things (IoT) dalam Memonitoring Komsumsi Listrik," *Bull. Inf. Technol.*, vol. 4, no. 2, pp. 163–170, 2023, doi: [10.47065/bit.v3i1.631](https://doi.org/10.47065/bit.v3i1.631).
- [7] A. Saputra, H. Khumaini, and A. Azkiya, "PERANCANGAN ALAT MONITORING ARUS PADA CIRCUIT BREAKER DENGAN SENSOR ACS712 MENGGUNAKAN TAMPILAN LCD," *Inform. (Jurnal Inform. Manaj. dan Komputer)*, vol. 14, no. 2, pp. 86–91, 2022, doi: <http://dx.doi.org/10.36723/juri.v14i2.505>.
- [8] V. FIRMANSYAH, V. NADHIRA, L. SILVI, and T. A. DEWI, "IOT SISTEM MONITORING METER KWH DIGITAL MENGGUNAKAN SENSOR LDR DAN CODEIGNITER API SERVICE," *J. Mater. dan Energi Indones.*, vol. 9, no. 1, 2019.
- [9] A. Muafa and A. D. Puspita, "DIGITALISASI ANGKA METER LISTRIK ANALOG: DALAM RANGKA PROGRAM SMART CITY DI Kota Sidoarjo," in *Prosiding Seminar Nasional Teknologi dan Sains (SNasTekS)*, 2019.
- [10] M. B. Yusuf, L. Rosyidi, and H. Saptono, "Implementasi Sistem IoT untuk Monitoring Konsumsi Energi Listrik di Rumah Pintar," *DBESTI J. Digit. Bus. Technol. Innov.*, vol. 2, no. 1, pp. 28–34, 2025, doi: <https://doi.org/10.54914/dbesti.v2i1.1354>.
- [11] Y. Prabowo, A. Narendro, T. W. Wisjhnuadji, and Siswanto, "Uji Akurasi Modul KWH Meter Digital PZEM-004T Berbasis Pengendali Digital ESP32," *SKANIKA Sist. Komput. dan Tek. Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 85–96, 2023.
- [12] M. F. Azhar and L. Nurpulaela, "IMPLEMENTASI PENGGUNAAN ESP32 SEBAGAI IOT PADA PROJECT SMART CHARGER DI PT . PASIFIK SATELIT NUSANTARA BEKASI," *JATI (Jurnal Mbs. Tek. Inform.*, vol. 8, no. 4, pp. 7248–7253, 2024.

- [13] A. A. Fikhri, M. Ula, M. Sayuti, T. Taufiq, and N. Nudin, "Perbandingan Kinerja Protokol MQTT dan HTTP Dalam Komunikasi Data Internet of Things," *J. Infomedia Tek. Inform. Multimedia, dan Jar.*, vol. 10, no. 1, 2025, doi: <http://dx.doi.org/10.30811/jim.v10i1.6733>.
- [14] F. Prasetyo, E. Putra, M. A. Mahmud, I. S. Maqom, and U. Madura, "Pengembangan Sistem Pemantauan Lingkungan Berbasis Internet of Things (IoT) di Kampus," *Digit. Transform. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 996–1001, 2023, doi: <https://doi.org/10.47709/digitech.v3i2.3457>.
- [15] E. Suciana, M. H. Nasrullah, D. A. Christanto, D. Cahyadi, and L. T. Giantri, "PEMANFAATAN IOT UNTUK EFISIENSI ENERGI PADA PABRIK PINTAR: TANTANGAN, SOLUSI DAN TREN TEKNOLOGI," *J. Teknol. Terpadu*, vol. 11, no. 1, pp. 70–77, 2025.
- [16] F. Purwaningtias and M. Diki, "PENERAPAN SISTEM INFORMASI VISUALISASI DATA INDUSTRI KECIL MENENGAH DENGAN MENGGUNAKAN METODE DASHBOARD : STUDI KASUS DINAS KOPERASI UKM &," *J. Ilm. Betrik (Besemah Teknol. Inf. dan Komput.*, vol. 14, no. 03, pp. 564–570, 2023.
- [17] S. Wijaya, "SISTEM INFORMASI MONITORING DATA PELANGGAN BERBASIS WEB DI PLN UP3 YOGYAKARTA BERBASIS WEB DI PLN UP3 YOGYAKARTA," Universitas Islam Indonesia, 2025.
- [18] U. Manual, "PZEM-004T V3.0 User Manual." [Online]. Available: <https://innovatorsguru.com/wp-content/uploads/2019/06/PZEM-004T-V3.0-Datasheet-User-Manual.pdf>