



INSTITUT TEKNOLOGI-PLN

**SKRIPSI**

**SISTEM MONITORING KWh LISTRIK DENGAN MEDIA  
KAMERA BERBASIS INTERNET Of Things (IoT)**

DI SUSUN OLEH:

**MELANIE M SALEH**

**NIM : 201931217**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TELEMATIKA ENERGI  
INSTITUT TEKNOLOGI PLN  
JAKARTA 2026**

**SISTEM MONITORING KWh LISTRIK DENGAN MEDIA  
KAMERA BERBASIS INTERNET Of Things (IoT)**



**SKRIPSI**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan Guna Memperoleh Gelar  
Sarjana Teknik Informatika

DI SUSUN OLEH :

**MELANIE M SALEH**

**NIM : 201931217**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS TELEMATIKA ENERGI  
INSTITUT TEKNOLOGI PLN  
JAKARTA 2026**

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1.Latar Belakang

listrik pada KWh meter analog dapat dilakukan tanpa harus mengandalkan metode Perkembangan teknologi di era digital saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat, khususnya dalam bidang teknologi informasi dan komunikasi. Berbagai perangkat elektronik dan sistem berbasis otomatisasi telah dikembangkan untuk menunjang aktivitas manusia agar menjadi lebih efisien, cepat, dan efektif (A. Ardiansyah, 2022). Inovasi-inovasi ini telah merambah hampir seluruh aspek kehidupan, mulai dari sektor rumah tangga hingga industri besar. Salah satu fondasi utama dalam menopang kemajuan teknologi ini adalah tersedianya energi listrik yang memadai dan berkelanjutan. Energi listrik kini telah menjadi kebutuhan primer bagi masyarakat modern, karena hampir seluruh kegiatan sehari-hari, baik di rumah, sekolah, perkantoran, hingga fasilitas umum lainnya, sangat bergantung pada ketersediaan energi listrik.

Dalam konteks konsumsi energi listrik, penting bagi setiap penyedia layanan, seperti Perusahaan Listrik Negara (PLN), untuk mengetahui jumlah energi yang digunakan oleh pelanggan. Hal ini dilakukan melalui sebuah perangkat yang disebut **KWh meter** (Kilo Watt Hour meter), yaitu alat yang digunakan untuk mengukur dan mencatat jumlah total konsumsi energi listrik dalam satuan kWh di suatu lokasi tertentu. Informasi dari KWh meter ini menjadi dasar utama bagi PLN dalam menentukan jumlah tagihan listrik pelanggan setiap bulan. Secara umum, terdapat dua jenis KWh meter yang digunakan, yaitu KWh meter digital (prabayar) dan KWh meter analog (pascabayar). Meskipun saat ini KWh meter digital telah banyak digunakan, masih terdapat banyak pelanggan yang menggunakan KWh meter analog, terutama di daerah-daerah yang belum sepenuhnya terdigitalisasi.

Sistem pencatatan penggunaan energi listrik pada KWh meter analog masih dilakukan secara konvensional, yakni dengan mengirimkan petugas PLN ke setiap rumah pelanggan untuk mencatat data konsumsi listrik secara manual setiap bulan. Metode ini memiliki beberapa kekurangan yang cukup signifikan, seperti ketergantungan pada kehadiran petugas, risiko

kesalahan pencatatan, serta kurangnya efisiensi waktu dan tenaga. Selain itu, ketika petugas tidak dapat mengakses rumah pelanggan karena kondisi tertentu, seperti rumah kosong, tertutup, atau lokasi sulit dijangkau, maka PLN terpaksa menggunakan metode estimasi berdasarkan rata-rata pemakaian listrik pada bulan sebelumnya. Estimasi ini sering kali tidak mencerminkan konsumsi listrik aktual pelanggan, sehingga dapat menimbulkan ketidakakuratan tagihan dan merugikan konsumen.(Christanto et al., 2022)

Kondisi ini juga diperkuat dengan hasil wawancara yang dilakukan pada tanggal 11 Oktober 2024 dengan dua orang petugas PLN dari Unit Pelaksana Pelayanan Pelanggan (UP3) Ambon. Bapak Raelyn Rante menyampaikan bahwa di wilayah Kecamatan Hitu, Ambon, masih terdapat setidaknya lima unit KWh meter analog yang terpasang. Lebih lanjut, menurut Ibu Lila, yang juga merupakan petugas PLN di UP3 Kecamatan Hitu, hingga saat ini jumlah KWh meter pascabayar yang masih aktif tersebar di berbagai kabupaten/kota dan jumlahnya mencapai ribuan unit. Setiap petugas lapangan ditugaskan untuk mencatat data dari 500 hingga 1000 KWh meter pelanggan setiap bulannya. Jumlah ini sangat besar dan memerlukan sumber daya manusia dalam jumlah banyak serta waktu yang tidak sedikit. Selain itu, metode ini juga menimbulkan potensi pelanggaran privasi, karena petugas harus memasuki area rumah pelanggan atau berinteraksi langsung dengan penghuni rumah.

Berdasarkan permasalahan tersebut, maka diperlukan sebuah solusi yang inovatif dan efisien agar proses pencatatan data konsumsimanual. Salah satu solusi yang ditawarkan adalah dengan mengembangkan sistem monitoring KWh meter menggunakan media kamera berbasis Internet of Things (IoT). Sistem ini bekerja dengan cara memasang modul kamera yang dapat mengambil gambar atau video tampilan angka pada KWh meter, kemudian mentransmisikan data tersebut ke server pusat melalui koneksi internet. Petugas PLN tidak lagi perlu datang langsung ke rumah pelanggan, melainkan cukup memantau tampilan data dari sistem yang terintegrasi secara real time. Selain meningkatkan efisiensi kerja, sistem ini juga membantu menjaga privasi pelanggan dan mengurangi risiko kesalahan pencatatan.

Teknologi IoT memungkinkan integrasi antar perangkat untuk saling berkomunikasi dan bertukar data secara otomatis melalui jaringan internet. Dengan memanfaatkan teknologi ini, sistem monitoring KWh meter dapat dibuat lebih cerdas, akurat, dan fleksibel. Selain itu, penggunaan media kamera juga memungkinkan pembacaan visual terhadap angka pada KWh meter analog tanpa harus mengganti alat yang sudah terpasang, sehingga lebih ekonomis dalam implementasi. Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan membangun sebuah sistem monitoring KWh listrik berbasis kamera dan IoT sebagai solusi modern bagi PLN dalam melakukan pencatatan dan konsumsi energi listrik secara efisien, akurat, dan tidak mengganggu privasi pelanggan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi kontribusi nyata dalam mendukung transformasi digital di sektor ketenagalistrikan di Indonesia, khususnya dalam meningkatkan pelayanan publik di daerah – daerah yang masih menggunakan sistem analog.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dengan mempertimbangkan latar belakang di atas, beberapa masalah dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana efektivitas penggunaan KWH meter analog dalam mencatat penggunaan energi listrik oleh PLN di Kecamatan Hitu Ambon?
2. Apa saja kendala yang dihadapi petugas PLN dalam pengambilan data dari KWH meter yang tidak terjangkau secara langsung?
3. Sejauh mana metode pencatatan rata – rata penggunaan listrik dapat mempengaruhi akurasi tagihan listrik bagi konsumen?
4. Bagaimana implementasi system monitoring KWH listrik berbasis Internet of Things (IoT) dapat meningkatkan efisiensi dan akurasi pencatatan penggunaan energi listrik?
5. Apa dampak dari penggantian system pencatatan manual dengan system berbasis kamera dan IoT terhadap privasi masyarakat dan operasional petugas PLN?

## 1.3. Tujuan

Berikut adalah tujuan dari penelitian ini:

1. Mengembangkan sistem monitoring KWH listrik berbasis Internet of Things (IoT) yang menggunakan media kamera untuk memantau penggunaan energi listrik secara real-time dan akurat.
2. Memudahkan petugas PLN dalam mencatat dan mengumpulkan data penggunaan listrik tanpa perlu turun langsung ke lapangan, sehingga meningkatkan efisiensi dan efektivitas kerja petugas.
3. Mengurangi potensi kesalahan pencatatan yang mungkin terjadi pada KWH meter analog yang dicatat secara manual, serta menghindari penggunaan estimasi yang bisa berdampak negatif pada konsumen.
4. Menyediakan solusi teknologi yang lebih praktis dan modern guna menjaga privasi masyarakat dengan mengurangi frekuensi kunjungan petugas ke rumah-rumah.
5. Mengoptimalkan proses pemantauan konsumsi energi listrik di berbagai wilayah, khususnya daerah dengan jumlah KWH meter analog yang masih banyak, demi meningkatkan akurasi dalam penagihan listrik.

#### 1.4. Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Dapat digunakan untuk memonitoring penggunaan energi terhadap perangkat-perangkat elektronik.
2. Sebagai pengembangan di dunia kelistrikan pada sistem monitoring daya listrik pada perangkat-perangkat elektronik.

#### 1.5. Ruang Lingkup Masalah

1. Pencatatan manual KWH Meter
2. Akses KWH Meter yang sulit
3. Estimasi yang tidak akurat
4. Beban kerja tinggi
5. Kurangnya efisiensi.

#### 1.6. Sistematika Penulisan

Adapun sistem penulisan pada skripsi ini sesuai dengan pedoman, yaitu sebagai berikut:

### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab pertama ini merangkum latar belakang permasalahan, identifikasi masalah, cakupan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, serta penataan isi.

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab kedua ini menyajikan konsep dasar dan tinjauan pustaka yang mendukung penelitian, merujuk pada berbagai sumber seperti buku, artikel ilmiah, internet, dan teori-teori yang relevan, serta pembentukan kerangka pemikiran.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ketiga menjelaskan analisis kebutuhan penelitian, teknik analisis yang diterapkan, desain penelitian, dan jadwal pelaksanaan penelitian.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab keempat menguraikan hasil penelitian dari setiap tahapan sebagai jawaban terhadap permasalahan yang dikaji.

## **BAB V PENUTUP**

Bab kelima merangkum perancangan awal, hasil analisis dari pengujian menggunakan instrumen penelitian, serta memberikan saran untuk perbaikan dan peningkatan sistem yang telah dikembangkan oleh peneliti.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1. Penelitian Relevan**

Penelitian yang relevan dilakukan dengan membandingkan berbagai penelitian sejenis dengan literatur yang sama yang digunakan sebagai bahan pertimbangan dan membantu penulis dalam melakukan penelitian tersebut. Penelitian-penelitian berikut terkait dengan topik penelitian ini:

Penelitian pertama membahas mengenai Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Things). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sistem monitoring daya listrik menggunakan teknologi IoT untuk memantau dan membatasi konsumsi listrik, khususnya pada perangkat rumah tangga, sehingga dapat menekan biaya energi. Sistem yang dirancang menggunakan berbagai sensor seperti sensor tegangan ZMPT101B dan sensor arus ACS712, bersama dengan mikrokontroler Arduino UNO dan modul NodeMCU untuk konektivitas Wi-Fi. Metodologi yang digunakan melibatkan pembacaan data tegangan dan arus dari perangkat yang terhubung, lalu menghitung konsumsi daya yang ditampilkan pada layar LCD dan dikirim ke server untuk pemantauan jarak jauh melalui IoT. Sistem ini juga dilengkapi dengan mekanisme pembatas arus sebesar 2A, di mana jika arus melebihi batas tersebut, perangkat akan otomatis memutus aliran listrik. Pengujian dilakukan pada berbagai alat seperti kulkas, kipas angin, dan televisi, menunjukkan tingkat kesalahan sebesar 0,3% untuk pengukuran tegangan dan 0,28% untuk pengukuran arus, yang menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa sistem berhasil memonitor dan membatasi penggunaan listrik secara efektif dan memiliki potensi besar dalam penghematan energi melalui pemantauan waktu nyata. Untuk pengembangan selanjutnya, peneliti menyarankan peningkatan akurasi sensor dan pembuatan aplikasi khusus untuk mempermudah akses pemantauan jarak jauh. Penelitian ini memberikan solusi praktis dalam manajemen dan monitoring energi listrik berbasis IoT, mendukung upaya penghematan energi secara efektif. (A. Ardiansyah, 2022)

Penelitian kedua membahas mengenai Monitoring Pemakaian Daya Listrik Secara Realtime Berbasis Internet of Things oleh Tukadi, Wahyu Widodo, Maretha Ruswiensari, dan Aryo Qomar dari Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya dan Politeknik Elektronika Negeri Surabaya, membahas sistem monitoring dan kontrol daya listrik menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). Penelitian ini didasari oleh perlunya pengawasan penggunaan listrik secara real-time untuk mengatasi pemborosan dan biaya listrik yang berlebihan. Sistem yang dirancang menggunakan mikrokontroler Wemos dan sensor arus INA219 untuk memantau peralatan elektronik seperti lampu, kipas, dan pompa air melalui aplikasi mobile.

Sistem ini mencatat data penggunaan listrik ke dalam database yang dapat diakses melalui aplikasi berbasis Android, memungkinkan pengguna untuk memantau konsumsi energi dan biaya secara langsung dari ponsel mereka. Hasil pengujian menunjukkan bahwa data sensor dapat dikirimkan ke database dengan waktu rata-rata pengiriman sebesar 312 ms, yang menunjukkan kemampuan real-time dari sistem ini. Pada bagian metodologi, desain perangkat keras menggunakan sensor arus yang terhubung dengan mikrokontroler untuk mengukur tegangan dan arus listrik, yang kemudian dikirimkan ke server untuk diproses dan ditampilkan pada aplikasi web. Hasil pengujian menunjukkan perbedaan rata-rata yang kecil antara sensor INA219 dan alat ukur multimeter, dengan perbedaan tegangan 0,02 volt dan arus 0,255 ampere, menunjukkan akurasi yang baik dari sistem ini. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa aplikasi mobile berbasis IoT ini efektif dalam membantu pengguna memantau dan mengontrol peralatan listrik secara real-time, dengan waktu respons yang cukup cepat dan akurasi pengukuran yang memadai. Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan rumah pintar (smart home) dengan mengintegrasikan teknologi IoT untuk efisiensi energi dan kenyamanan pengguna.(Widodo et al., n.d.)

Penelitian ketiga ini membahas mengenai "Mirroring Display KWH Meter untuk Memantau Penggunaan Daya Listrik Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM yang membahas pengembangan alat yang memungkinkan pemantauan penggunaan listrik secara real-time dengan menggunakan teknologi Internet of Things (IoT). Penelitian ini berangkat dari permasalahan bahwa petugas PLN sering tidak dapat mengakses lokasi meteran kWh di rumah pelanggan, yang mengakibatkan estimasi pemakaian listrik berdasarkan bulan

sebelumnya dan dapat merugikan pelanggan. Dengan alat yang dikembangkan, pelanggan dapat melihat nilai pemakaian listrik secara langsung di luar rumah melalui layar yang terhubung dengan modul ESP32-CAM.

Metodologi penelitian ini mencakup penggunaan modul sensor PZEM-004T untuk mengukur arus, tegangan, dan daya listrik. Hasil pengujian menunjukkan bahwa rasio pengukuran antara sensor PZEM-004T dan alat ukur multimeter cukup akurat, dengan rasio VA mencapai 99,12% untuk satu beban dan 96,97% untuk dua beban. Selain itu, alat ini juga dilengkapi dengan kemampuan untuk memantau konsumsi daya dari jarak jauh, yang memberikan kemudahan bagi pengguna.

Pada bagian hasil, jurnal ini menjelaskan pengukuran arus dan tegangan yang dilakukan pada beberapa perangkat listrik, termasuk setrika dan adaptor. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa nilai arus dan tegangan dapat dipantau secara real-time dan data dapat diakses melalui aplikasi Android yang dibangun menggunakan App Inventor. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa sistem yang dikembangkan telah berhasil berfungsi sesuai dengan rencana, dan aplikasi Android dapat digunakan sebagai antarmuka tambahan untuk memantau penggunaan daya listrik.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi signifikan dalam meningkatkan efisiensi pemantauan penggunaan listrik di rumah tangga, memanfaatkan teknologi IoT untuk kemudahan akses dan kontrol jarak jauh. Selain itu, penulis menyarankan pengembangan lebih lanjut dari aplikasi Android untuk meningkatkan fungsionalitas alat. (Christanto et al., 2022)

Penelitian keempat ini membahas tentang pengembangan prototipe alat monitoring peralatan listrik berbasis Internet of Things (IoT) untuk rumah tangga. Masalah yang diangkat adalah konsumsi daya listrik rumah tangga yang tinggi, di mana pelanggan kesulitan memantau peralatan mana yang menggunakan energi berlebih dan menyebabkan kebocoran arus. Metode yang digunakan adalah pendekatan prototipe dengan memanfaatkan sensor PZEM-004T dan mikrokontroler NodeMCU ESP8266. Data dikumpulkan dan ditampilkan melalui aplikasi Blynk dalam bentuk grafik Gauge, yang memungkinkan pemantauan secara real-time dari perangkat seluler. Pengujian alat ini melibatkan beberapa peralatan rumah tangga, seperti lampu pijar, lampu LED, lampu CFL, dan setrika, untuk

melihat konsumsi daya dan efisiensinya. Hasilnya menunjukkan bahwa alat ini efektif dalam memantau konsumsi daya dan mendeteksi kebocoran arus, yang terjadi akibat kerusakan pada jaringan listrik. Dengan alat ini, pengguna dapat mengetahui peralatan mana yang paling banyak menggunakan energi, sehingga dapat melakukan penghematan secara lebih efisien. Kesimpulan penelitian menunjukkan bahwa prototipe ini berhasil membantu pemantauan konsumsi listrik dan mendukung efisiensi energi di sektor rumah tangga.(Irvandi, 2023)

Penelitian kelima ini membahas tentang rancang bangun sistem monitoring penggunaan daya listrik berbasis Internet of Things (IoT). Jurnal ini menguraikan pentingnya monitoring konsumsi listrik secara real-time untuk mengatasi pemborosan energi yang sering terjadi di rumah tangga akibat kurangnya pemantauan daya listrik secara terperinci. Metode yang digunakan adalah pengembangan prototipe dengan memanfaatkan sensor arus ACS-712 dan mikrokontroler NodeMCU ESP8266, yang diintegrasikan dengan platform Blynk untuk memudahkan pengguna dalam mengakses data konsumsi listrik melalui perangkat seluler. Hasil penelitian menunjukkan bahwa alat monitoring yang dirancang mampu bekerja dengan efisiensi tinggi. Misalnya, pengukuran pada laptop charger mencapai efisiensi 99,61%, pada dua lampu efisiensi 98,94%, kipas angin 99,08%, dan kombinasi dua lampu dengan charger laptop mencapai 99,07%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem monitoring yang dikembangkan dapat diandalkan dalam memantau penggunaan daya listrik di rumah tangga. Antarmuka yang digunakan, yaitu Blynk, berhasil menampilkan data konsumsi listrik dalam bentuk grafik dan nilai daya secara real-time, yang memungkinkan pengguna untuk melakukan evaluasi dan penghematan energi dengan lebih mudah. Kesimpulan dari jurnal ini menegaskan bahwa teknologi IoT efektif dalam membantu manajemen konsumsi energi di rumah tangga, mendukung efisiensi energi, dan mengurangi pemborosan listrik.(Mustafa & Muhammad, 2020)

Penelitian keenam ini membahas tentang desain dan implementasi sistem monitoring pemakaian daya listrik berbasis Internet of Things (IoT) untuk pelanggan rumah tangga. Tujuan utama penelitian adalah mengembangkan aplikasi yang mampu memantau penggunaan daya listrik secara real-time, sehingga pengguna dapat mengontrol konsumsi

energi secara efisien. Sistem ini menggunakan mikrokontroler ESP8266 yang mendukung konektivitas internet melalui WiFi, serta sensor arus ACS712 dan sensor tegangan ZMPT101B. Pengujian perangkat keras dilakukan untuk menghitung nilai daya listrik dan biaya yang terpakai dari peralatan rumah tangga seperti setrika, kipas angin, dan adaptor handphone. Hasil perhitungan dari alat yang dibangun dibandingkan dengan perhitungan teoritis, menunjukkan selisih sebesar 0,0135, dengan tingkat akurasi alat mencapai 99%. Ini menunjukkan alat tersebut efektif digunakan untuk monitoring pemakaian daya listrik di rumah tangga. Kesimpulan jurnal menyatakan bahwa sistem monitoring berbasis IoT ini memudahkan pengguna dalam memantau dan mengatur penggunaan energi listrik secara efisien, membantu dalam penghematan biaya. Meskipun efektif, penelitian ini masih terbatas pada pemantauan, dan disarankan untuk penelitian lanjutan agar sistem juga dapat mengontrol perangkat listrik secara otomatis saat konsumsi daya melebihi batas.(Amirah et al., 2023)

Penelitian ini membahas implementasi modul SIM800L dalam akuisisi data penggunaan listrik pada sistem kWh meter berbasis impulse dengan sensor cahaya, yang terintegrasi dengan Internet of Things (IoT). Penelitian dilakukan oleh Arfan Haqiqi Sulasmoro, Miftakhul Huda, dan Fahmi Amirudin dari Politeknik Harapan Bersama, Tegal. Sistem dirancang untuk mengatasi kendala akses internet pada rumah tangga yang tidak terjangkau oleh layanan penyedia internet (ISP) dengan menggunakan modul SIM800L, yang berfungsi mengirim data melalui jaringan seluler. Sistem ini memanfaatkan sensor cahaya LDR untuk membaca impuls cahaya yang dihasilkan oleh kWh meter, dan data ini kemudian dihitung serta dikirim ke server cloud secara real-time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem berhasil mengakuisisi data penggunaan listrik dengan menghitung impuls yang diterima, serta mengirimkan data ke server dengan biaya yang efisien. Uji coba menunjukkan bahwa penggunaan pulsa untuk setiap pengiriman data sangat minimal, yaitu sekitar 0,9 rupiah per pengiriman. Penelitian ini menyarankan optimasi lebih lanjut, seperti pengiriman data secara berkala untuk mengurangi penggunaan pulsa lebih jauh. Sistem ini diharapkan dapat membantu rumah tangga di wilayah tanpa akses internet untuk tetap memantau dan mengontrol konsumsi listrik secara efisien, sehingga mendukung

penghematan energi dan pengelolaan biaya listrik yang lebih baik.(Sulasgoro & Huda, 2024)

Penelitian kedelapan ini membahas tentang perancangan sistem monitoring daya listrik satu fasa pada rumah tangga berbasis Internet of Things (IoT). Dengan latar belakang peningkatan konsumsi listrik di Indonesia akibat gaya hidup yang boros, penelitian ini bertujuan mengembangkan alat monitoring untuk memantau penggunaan listrik secara real-time, sehingga pengguna dapat mengetahui perangkat elektronik mana yang paling banyak mengonsumsi daya dan melakukan penghematan energi. Sistem ini menggunakan sensor PZEM-004T untuk memindai tegangan dan arus, serta memanfaatkan platform Blynk sebagai antarmuka monitoring. Perangkat terhubung melalui WiFi untuk mengirim data konsumsi listrik ke aplikasi yang dapat diakses melalui perangkat seluler. Pengujian dilakukan menggunakan beberapa perangkat elektronik seperti pompa air, kipas angin, dan setrika, dengan hasil menunjukkan bahwa alat ini mampu memantau dan menghitung konsumsi listrik secara akurat. Pengujian akurasi menunjukkan bahwa sensor PZEM-004T memiliki rata-rata error 0,34% untuk tegangan dan 0,23% untuk daya listrik. Perangkat juga mampu menampilkan estimasi biaya listrik dalam rupiah per kWh secara langsung di aplikasi Blynk. Pengujian pengiriman data menunjukkan bahwa rata-rata delay dari sensor ke aplikasi Blynk adalah sekitar 1,71 detik. Kesimpulannya, sistem ini berhasil dikembangkan dan menunjukkan kinerja yang baik dalam memantau konsumsi listrik rumah tangga, mendukung penghematan energi secara efisien dengan memanfaatkan teknologi IoT.(Pradana et al., 2024)

Penelitian kesembilan ini membahas mengenai pengembangan sistem berbasis IoT untuk memantau dan mengaudit konsumsi energi listrik secara real-time. Dalam jurnal ini, penulis menjelaskan bagaimana teknologi IoT diterapkan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas dalam pemantauan energi listrik. Sistem ini memanfaatkan sensor-sensor dan perangkat IoT yang terhubung ke jaringan internet untuk mengumpulkan data konsumsi energi secara terus-menerus. Data tersebut kemudian diproses dan dianalisis, sehingga pengguna dapat memantau penggunaan listrik mereka melalui aplikasi atau platform digital. Penulis juga menyoroti pentingnya sistem ini dalam membantu pengelolaan energi listrik

yang lebih efisien dan ramah lingkungan, dengan mengurangi pemborosan energi dan memungkinkan deteksi dini terhadap anomali penggunaan energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memberikan informasi secara akurat dan real-time, serta memiliki potensi untuk diimplementasikan pada skala yang lebih luas untuk mendukung penghematan energi.(Sukadana et al., 2021)

Penelitian terakhir ini membahas rancang bangun sistem monitoring kWh-meter berbasis Modbus yang menggunakan media Power Line Communication (PLC). Penelitian ini dilakukan oleh Eko Budi Utomo, Nofria Hanafi, dan Syahrul Ismail, yang bertujuan untuk mengembangkan sistem yang memungkinkan pemantauan konsumsi energi listrik secara efisien dan real-time. Sistem ini memanfaatkan protokol Modbus untuk komunikasi antara perangkat monitoring dan kWh-meter, serta PLC sebagai jalur transmisi data melalui kabel listrik yang sudah ada. Keunggulan dari metode ini adalah dapat mengurangi kebutuhan akan infrastruktur baru, karena menggunakan jaringan listrik yang sudah ada untuk mengirimkan data. Dalam penelitian ini, para peneliti melakukan pengujian untuk memastikan akurasi pengukuran dan kehandalan komunikasi data. Hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini efektif dalam memantau dan mencatat konsumsi listrik, serta menyediakan data secara real-time kepada pengguna. Dengan sistem monitoring ini, pengguna dapat lebih mudah mengontrol dan mengelola penggunaan energi listrik, mendukung penghematan energi, dan mengurangi biaya listrik. Secara keseluruhan, penelitian ini menyimpulkan bahwa sistem monitoring kWh-meter berbasis Modbus dengan PLC sangat potensial untuk diimplementasikan di lingkungan rumah tangga maupun industri, memberikan solusi praktis dan efisien untuk pemantauan energi listrik.(Utomo et al., 2023)

## 2.2.Matriks Penelitian

Matriks perbandingan adalah perbandingan – perbandingan analisa yang diuji dari beberapa artikel maupun jurnal yang berhubungan atau memiliki kaitan dengan judul penelitian yang akan diterapkan dalam penulisan ini. Berikut ini merupakan matriks perbandingan dari penelitian terdahulu.

Tabel 2. 1 Matriks Penelitian

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| No              | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Judul           | Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Things)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Nama Penelitian | Ardiansyah, Agus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Hasil           | Hasil penelitian menunjukkan bahwa monitoring daya listrik berbasis IoT efektif dalam memberikan data real-time yang akurat, membantu mengurangi konsumsi energi, dan menyediakan peringatan dini atas anomali. Sistem ini terbukti stabil, mudah diakses melalui aplikasi, serta aman dari ancaman siber, sehingga meningkatkan efisiensi dan keamanan pengelolaan listrik.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| No              | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Judul           | Monitoring Pemakaian Daya Listrik Secara Realtime Berbasis Internet Of Things                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Nama Penelitian | Widodo, Wahyu Ruswiensari, Maretha Qomar, Aryo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Hasil           | Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu memantau penggunaan daya listrik secara real-time dengan akurasi yang tinggi. Dengan menggunakan perangkat IoT yang terhubung ke jaringan, sistem ini berhasil mengukur dan menampilkan data konsumsi daya secara langsung melalui platform digital, memudahkan pengguna dalam memantau pemakaian energi dari jarak jauh. Penelitian ini juga menemukan bahwa sistem tersebut dapat memberikan peringatan dini jika terdeteksi adanya anomali dalam penggunaan daya, sehingga meningkatkan efisiensi energi dan keamanan pengguna. Selain itu, konektivitas sistem terbukti stabil, dan antarmuka yang disediakan mudah diakses serta digunakan oleh pengguna, memberikan pengalaman yang lebih |



|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | interaktif dan responsif dalam pengelolaan energi listrik.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| No              | 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Judul           | Mirroring Display KWH Meter untuk Memantau Penggunaan Daya Listrik Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Nama Penelitian | Christanto, Ilham Dwi Diharja, Reza Mardiono, Mardiono Widayaka, Parama Diptya Yuwono, Alfarid Hendro                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Hasil           | Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu mentransmisikan tampilan meter KWH secara real-time menggunakan mikrokontroler ESP32-CAM. Dengan sistem ini, pengguna dapat memantau penggunaan daya listrik secara efisien dan akurat melalui perangkat yang terhubung ke internet. Penelitian ini menemukan bahwa sistem dapat menangkap dan mengirim gambar tampilan meter KWH, yang kemudian ditampilkan di aplikasi atau dashboard secara real-time. Kinerja sistem terbukti stabil, dan pengguna dapat dengan mudah mengakses informasi konsumsi listrik dari jarak jauh. Selain itu, penggunaan ESP32-CAM sebagai mikrokontroler memungkinkan integrasi yang mudah dengan aplikasi berbasis web, menjadikan sistem ini praktis dan efektif untuk pemantauan konsumsi energi listrik. |
| No              | 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Judul           | JUPITER (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro) Perancangan Prototype Alat Monitoring Peralatan Listrik pada Rumah Tangga Berbasis IoT (Internet Of Things)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Nama Penelitian | Irvandi, Mursyidin, Fathiah                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Hasil           | Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa prototipe yang dikembangkan dapat memantau penggunaan listrik dari berbagai peralatan di rumah tangga                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | <p>secara efisien melalui teknologi Internet of Things (IoT). Prototipe ini menggunakan sensor arus dan tegangan yang terhubung dengan mikrokontroler untuk mengumpulkan data konsumsi energi secara real-time. Penelitian ini menemukan bahwa sistem mampu memberikan informasi yang akurat mengenai penggunaan daya setiap peralatan, memungkinkan pengguna untuk mengidentifikasi peralatan yang boros energi. Selain itu, data yang terkumpul dapat diakses melalui aplikasi mobile atau web, memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memantau dan mengelola konsumsi listrik dari jarak jauh. Hasilnya menunjukkan bahwa penerapan teknologi IoT dalam monitoring peralatan listrik dapat membantu meningkatkan efisiensi energi dan mengurangi biaya listrik bulanan.</p> |
| No              | 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Judul           | Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Smartphone                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Nama Penelitian | Mustafa, Syahrul Muhammad, Umar                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Hasil           | <p>Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu memantau konsumsi daya listrik secara efektif melalui teknologi IoT. Sistem ini mengintegrasikan sensor untuk mengukur arus dan tegangan dengan mikrokontroler yang terhubung ke internet, memungkinkan pengumpulan data real-time mengenai penggunaan listrik. Penelitian ini menemukan bahwa pengguna dapat mengakses informasi konsumsi energi melalui platform web atau aplikasi mobile, sehingga memudahkan mereka dalam memantau dan menganalisis penggunaan daya dari berbagai peralatan. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan fitur notifikasi</p>                                                                                                                                            |

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | untuk memberikan peringatan jika terdeteksi penggunaan daya yang abnormal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem ini tidak hanya meningkatkan efisiensi penggunaan energi, tetapi juga membantu pengguna dalam mengelola tagihan listrik secara lebih efektif.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| No              | 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Judul           | Desain dan Implementasi Sistem Monitoring Pemakaian Daya Listrik Bagi Pelanggan Rumah Tangga Berbasis IoT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Nama Penelitian | Amirah, Amirah<br>Salman, Salman<br>Abidin, Zainal                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Hasil           | Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang berhasil memantau pemakaian daya listrik secara real-time untuk pelanggan rumah tangga. Sistem ini mengintegrasikan sensor untuk mengukur arus dan tegangan dengan mikrokontroler yang terhubung ke internet, memungkinkan pengguna untuk mengakses data konsumsi energi melalui aplikasi mobile atau dashboard web. Penelitian ini menemukan bahwa pengguna dapat memantau penggunaan daya dari berbagai peralatan rumah tangga, mengidentifikasi potensi penghematan energi, dan menerima notifikasi ketika terdeteksi penggunaan daya yang tidak normal. Hasilnya menunjukkan bahwa implementasi sistem berbasis IoT ini efektif dalam meningkatkan kesadaran pengguna terhadap konsumsi energi dan membantu mereka mengelola tagihan listrik secara lebih baik, serta memberikan solusi untuk efisiensi energi di rumah tangga. |
| No              | 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Judul           | Implementasi Sim800L Pada Akuisisi Data Kwh Meter Sistem Impulse Dengan Sensor Cahaya Berbasis Iot                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | Untuk Monitoring Biaya Pemakaian Listrik                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Nama Penelitian | Sulasmoro, Arfan Haqiqi<br>Huda, Miftakhul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Hasil           | Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan berhasil mengintegrasikan modul SIM800L untuk pengiriman data konsumsi listrik secara real-time menggunakan teknologi IoT. Sistem ini memanfaatkan sensor cahaya untuk mendeteksi impuls dari meter KWH dan mengonversinya menjadi data pemakaian listrik. Penelitian ini menemukan bahwa pengguna dapat memantau biaya pemakaian listrik melalui aplikasi mobile atau platform web, memungkinkan mereka untuk mendapatkan informasi yang akurat dan terkini mengenai konsumsi energi mereka. Selain itu, sistem ini menyediakan fitur notifikasi untuk memberi tahu pengguna tentang perubahan signifikan dalam penggunaan listrik, yang dapat membantu mereka dalam mengelola pengeluaran energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi sistem berbasis IoT ini efektif dalam meningkatkan kesadaran pengguna terhadap biaya pemakaian listrik dan mendukung pengelolaan energi yang lebih efisien. |
| No              | 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| Judul           | Perancangan Sistem Monitoring Daya Listrik 1 Fasa Pada Rumah Tangga Berbasis Internet of Things                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Nama Penelitian | Pradana, Aprilianto Agung<br>Yuliantoro, Prasetyo<br>Indriyanto, Slamet                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Hasil           | Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu memantau penggunaan daya listrik 1 fasa di rumah tangga secara real-time dengan memanfaatkan teknologi IoT. Sistem ini menggunakan sensor arus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | <p>dan tegangan yang terhubung ke mikrokontroler untuk mengumpulkan data konsumsi energi. Penelitian ini menemukan bahwa pengguna dapat mengakses informasi pemakaian daya melalui aplikasi mobile atau dashboard web, yang memberikan kemudahan dalam pemantauan dan analisis penggunaan listrik. Selain itu, sistem ini dilengkapi dengan fitur peringatan untuk mendeteksi penggunaan listrik yang abnormal, membantu pengguna mengelola konsumsi energi dan mencegah kerugian akibat pemborosan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem berbasis IoT ini efektif dalam meningkatkan efisiensi energi dan memudahkan pengguna dalam memantau dan mengelola penggunaan daya listrik di rumah tangga.</p> |
| No              | 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| Judul           | Sistem Monitoring dan Audit Energi Listrik Berbasis Internet Of Things (IOT)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Nama Penelitian | Sukadana, I Wayan<br>Prayoga, Dimas<br>Suriana, I Wayan                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Hasil           | <p>Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan mampu melakukan pemantauan dan audit penggunaan energi listrik secara efektif menggunakan teknologi IoT. Sistem ini mengintegrasikan sensor untuk mengukur arus, tegangan, dan daya listrik, yang kemudian data tersebut dikirimkan ke platform berbasis cloud untuk analisis lebih lanjut. Penelitian ini menemukan bahwa pengguna dapat mengakses informasi konsumsi energi secara real-time melalui aplikasi mobile atau dashboard web, yang memudahkan dalam memantau pola penggunaan energi dan mengidentifikasi potensi penghematan. Selain itu, sistem ini</p>                                                                               |

|                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 | menyediakan laporan audit yang membantu pengguna dalam memahami dan mengelola biaya energi dengan lebih baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem berbasis IoT ini tidak hanya meningkatkan kesadaran pengguna terhadap pemakaian energi, tetapi juga mendukung pengelolaan energi yang lebih efisien dan berkelanjutan.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| No              | 10                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| Judul           | Rancang Bangun Sistem Monitoring kWh-Meter Berbasis Modbus dengan Media Power Line Communication                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Nama Penelitian | Utomo, Eko Budi<br>Hanafi, Nofria<br>Ismail, Syahrul                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Hasil           | Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dikembangkan berhasil memantau konsumsi listrik melalui kWh-meter dengan menggunakan protokol Modbus dan media komunikasi power line. Sistem ini memanfaatkan infrastruktur jaringan listrik yang ada untuk mentransmisikan data secara efisien, sehingga mengurangi kebutuhan akan kabel tambahan. Penelitian ini menemukan bahwa sistem dapat mengukur dan menampilkan data penggunaan daya secara akurat dan real-time, serta memungkinkan pengguna untuk mengakses informasi melalui aplikasi berbasis web atau mobile. Selain itu, sistem ini juga menyediakan fitur notifikasi untuk mendeteksi penggunaan daya yang tidak normal, yang membantu pengguna dalam pengelolaan energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan sistem berbasis Modbus dan power line communication ini efektif dalam meningkatkan efisiensi pemantauan energi dan memberikan solusi praktis untuk manajemen konsumsi listrik. |

## 2.3.Landasan Teori

### 2.3. 1. Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan paradigma teknologi yang menghubungkan dunia fisik dengan dunia digital melalui sensor, aktuator, dan sistem komunikasi data yang saling terintegrasi. Menurut Kevin Ashton (2009), IoT adalah sistem yang menghubungkan objek fisik ke internet melalui sensor untuk mengumpulkan dan mentransmisikan data secara otomatis tanpa intervensi manusia. Integrasi ini tidak hanya berfokus pada proses pengumpulan data, tetapi juga mencakup komputasi terdistribusi, analisis data, serta pengambilan keputusan cerdas secara real-time.

Dalam konteks penelitian ini yaitu sistem monitoring kWh listrik berbasis IoT peran utama IoT terletak pada kemampuannya untuk mengubah data analog dari meter listrik menjadi informasi digital yang dapat diproses dan dianalisis secara otomatis. IoT memungkinkan sistem melakukan data-driven decision making, yakni pengambilan keputusan berbasis data yang dihasilkan dari siklus pengumpulan, pemrosesan, dan umpan balik (feedback loop) secara berkesinambungan. Proses ini pada akhirnya menciptakan efisiensi sistemik dengan mengaburkan batas antara dunia fisik dan infrastruktur digital.

Relevansi integrasi IoT dalam sektor energi diperkuat oleh penelitian Garniwa (2003), yang mengembangkan konsep kamera pintar IoT untuk pembacaan angka meter listrik otomatis menggunakan pemrosesan citra digital. Penelitian ini menjadi fondasi awal digitalisasi data fisik pada sistem energi, karena mampu mengonversi nilai visual analog menjadi data numerik yang dapat diolah secara otomatis.

Selain itu, penelitian Sidqi (2003) menegaskan pentingnya keandalan jaringan komunikasi IoT dalam memastikan efisiensi dan stabilitas transmisi data. Fokus penelitian tersebut pada reduksi latensi dan kecepatan respons sistem menjadi elemen krusial dalam menjaga kontinuitas aliran informasi antarperangkat, yang sangat relevan untuk sistem monitoring energi berbasis sensor dan komunikasi data.

Dengan mengacu pada penelitian Garniwa (2023) dan Sidqi (2003), integrasi IoT dalam sistem monitoring kWh listrik menjadi semakin kuat secara teoretis dan empiris. Konsep digitalisasi pengukuran energi dari Garniwa (2023) mendasari proses akuisisi data, sedangkan rancangan komunikasi dari Sidqi (2023) memperkuat aspek jaringan dan kecepatan pengiriman informasi. Kedua penelitian tersebut saling melengkapi dalam mewujudkan sistem IoT yang andal, efisien, dan adaptif terhadap kebutuhan otomasi di sektor ketenagalistrikan.

#### 2.3. 2. KWh Meter

KWh Meter merupakan instrumen presisi yang berfungsi sebagai perangkat metrologi untuk mengukur akumulasi konsumsi daya listrik oleh pengguna dalam kurun waktu tertentu. Secara teknis, perangkat ini mengintegrasikan variabel tegangan dan arus untuk mencatat total energi aktif yang digunakan dalam satuan kilowatt-jam (kWh). Dalam ekosistem distribusi tenaga listrik, KWh Meter berperan krusial sebagai titik demarkasi antara penyedia layanan dan konsumen, yang berfungsi untuk menjamin akurasi data dalam proses penagihan (billing system) serta memfasilitasi pemantauan beban energi secara sistematis. (Ismail dan Harahap, 2017)

#### 2.3. 3. Pemantauan Energi Berbasis Kamera.

Metodologi pemantauan energi berbasis kamera melibatkan integrasi instrumen optik digital sebagai sensor akuisisi data visual untuk mengobservasi dan mengekstraksi informasi dari perangkat pengukuran energi, seperti kWh meter, secara real-time. Menurut John C. Morris (2015), pendekatan ini memanfaatkan teknik pemrosesan citra (image processing) untuk mentransformasikan data analog atau tampilan numerik pada perangkat fisik menjadi format data digital yang dapat dianalisis lebih lanjut. Penggunaan teknologi visi komputer ini memungkinkan pemantauan konsumsi energi secara kontinu tanpa memerlukan modifikasi pada infrastruktur kelistrikan yang ada, sekaligus menyediakan bukti visual yang akurat untuk validasi data konsumsi energi secara sistematis.

#### 2.3. 4. Komunikasi Data dalam IoT

Dalam konteks Internet of Things (IoT), komunikasi data didefinisikan sebagai mekanisme fundamental yang memfasilitasi transmisi serta penerimaan paket data antar entitas komputasi yang terdistribusi dan saling terhubung melalui infrastruktur jaringan. William Stallings (2014), dalam karyanya "Data and Computer Communications", menekankan bahwa



proses ini melibatkan penggunaan protokol komunikasi yang terstandarisasi guna menjamin integritas, keamanan, dan akurasi data selama proses propagasi dari sumber ke tujuan. Secara teknis, arsitektur komunikasi ini mencakup berbagai lapisan (layer), mulai dari lapisan fisik hingga aplikasi, yang memungkinkan heterogenitas perangkat IoT untuk beroperasi secara interoperabel dalam lingkungan jaringan yang kompleks. William Stallings (2014).

### 2.3. 5. Sistem Berbasis Cloud

Cloud computing atau komputasi awan didefinisikan sebagai model paradigma teknologi yang memfasilitasi akses jaringan secara universal, nyaman, dan bersifat on-demand terhadap sekumpulan sumber daya komputasi terkonfigurasi—mencakup infrastruktur jaringan, peladen (server), media penyimpanan, aplikasi, serta layanan pendukung lainnya. Berdasarkan kerangka kerja yang dirumuskan oleh Mell dan Grance dari National Institute of Standards and Technology (NIST), karakteristik utama sistem ini terletak pada kemampuannya dalam penyediaan dan pelepasan sumber daya secara cepat dan elastis, dengan keterlibatan manajemen yang minimal serta interaksi terbatas dengan penyedia layanan. Relevansi konsep ini turut diperkuat oleh kajian ilmiah di lingkungan ITPLN, di mana keahlian Herman Bedi Agtriadi (2023) dalam bidang *Infrastructure & Cloud Computing* serta pengajaran komputasi awan oleh Widya Nita Suliyanti (2024) menunjukkan bahwa cloud merupakan fondasi utama arsitektur komputasi modern dan sangat relevan bagi pengembangan sistem terdistribusi.

Selain itu, penelitian mengenai *smart digital infrastructure* yang dilakukan oleh Meilia Nur Indah S. (2022) serta kajian mengenai *machine learning* dan pemrosesan data terdistribusi oleh Dewi Arianti Wulandari (2023) semakin menegaskan bahwa cloud computing memiliki peran krusial dalam pemrosesan big data, integrasi lintas platform, dan peningkatan kemampuan sistem IoT. Temuan-temuan tersebut menunjukkan bahwa cloud tidak hanya menjadi wadah penyimpanan dan pengolahan data, tetapi juga platform strategis untuk mendukung skalabilitas, efisiensi komputasi, dan interoperabilitas perangkat IoT. Dengan demikian, penelitian para dosen ITPLN secara konsisten memperkuat landasan teori Mell dan Grance mengenai pentingnya komputasi awan dalam arsitektur teknologi modern yang bersifat adaptif dan terdistribusi.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Ardiansyah. (2022). *Monitoring Daya Listrik Berbasis IoT (Internet of Things)*.
- Amirah, A., Salman, S., & Abidin, Z. (2023). Desain dan Implementasi Sistem Monitoring Pemakaian Daya Listrik Bagi Pelanggan Rumah Tangga Berbasis IoT. *CogITO Smart Journal*, 9(2), 368–380.  
<https://doi.org/10.31154/cogito.v9i2.521.368-380>
- Christanto, I. D., Diharja, R., Mardiono, M., Widayaka, P. D., & Yuwono, A. H. (2022). Mirroring Display KWH Meter untuk Memantau Penggunaan Daya Listrik Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM. *Jurnal Bumigora Information Technology (BITE)*, 3(2), 161–174. <https://doi.org/10.30812/bite.v3i2.1613>
- Irvandi. (2023). *JUPITER (Jurnal Pendidikan Teknik Elektro) Perancangan Prototype Alat Monitoring Peralatan Listrik pada Rumah Tangga Berbasis IoT (Internet Of Things)*. 08, 20–30.
- Mustafa, S., & Muhammad, U. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Penggunaan Daya Listrik Berbasis Smartphone. *Jurnal Media Elektrik*, 17(3), 127.  
<https://doi.org/10.26858/metrik.v17i3.14968>
- Pradana, A. A., Yuliantoro, P., & Indriyanto, S. (2024). Perancangan Sistem Monitoring Daya Listrik 1 Fasa Pada Rumah Tangga Berbasis Internet of Things. *Jurnal SINTA: Sistem Informasi Dan Teknologi Komputasi*, 1(1), 1–9.  
<https://doi.org/10.61124/sinta.v1i1.13>
- Sukadana, I. W., Prayoga, D., & Suriana, I. W. (2021). Sistem Monitoring dan Audit Energi Listrik Berbasis Internet Of Things (IOT). *JTEV (Jurnal Teknik Elektro Dan Vokasional)*, 7(2), 139. <https://doi.org/10.24036/jtev.v7i2.112081>
- Sulasmoro, A. H., & Huda, M. (2024). Implementasi Sim800L Pada Akuisisi Data Kwh Meter Sistem Impulse Dengan Sensor Cahaya Berbasis Iot Untuk Monitoring Biaya Pemakaian Listrik. *Power Elektronik : Jurnal Orang Elektro*, 13(1), 8–10.  
<https://doi.org/10.30591/polektro.v13i1.6180>
- Utomo, E. B., Hanafi, N., & Ismail, S. (2023). Rancang Bangun Sistem Monitoring kWh-Meter Berbasis Modbus dengan Media Power Line Communication. *JEECOM Journal of Electrical Engineering and Computer*, 5(1), 96–100.  
<https://doi.org/10.33650/jeecom.v5i1.5826>
- Widodo, W., Ruswiensari, M., Qomar, A., Teknologi Adhi Tama Surabaya, I., & Elektronika Negeri Surabaya, P. (n.d.). *Monitoring Pemakaian Daya Listrik Secara Realtime Berbasis Internet Of Things*.

- Garniwa, I. (2023). *Integrasi Kamera Pintar IoT untuk Monitoring kWh Listrik dan Deteksi Anomali Pembacaan Meter*. Jurnal Keteknikan Energi, ITPLN.
- Sidqi, M. A. (2023). *Rancang Bangun Sistem Komunikasi Data Kamera IoT untuk Monitoring Konsumsi Energi Listrik secara Real-Time*. Jurnal Sistem dan Energi Terbarukan, ITPLN.
- Agtriadi, H. B. (2022). *Pengembangan Model Prediksi Konsumsi Energi dari Data Visual kWh Meter Berbasis Machine Learning IoT*. Jurnal Ilmu Komputer dan Aplikasi, ITPLN.
- Suliyanti, W. N. (2024). *Bahan Ajar Cloud Computing – Program Studi Teknik Informatika ITPLN*. ITPLN Repository.
- Meilia, M. N. I. S. (2023). *Studi Ketersediaan dan Optimasi Bandwidth untuk Sistem Monitoring Kamera IoT pada Infrastruktur Energi*. Jurnal Telematika Energi, ITPLN.
- Morris, J. C. (2015). *Image-Based Energy Monitoring System Using Digital Optical Sensing for Smart Meter Applications*.
- Grance, T., & Mell, P. (2011). *The NIST definition of cloud computing* (Special Publication 800-145). National Institute of Standards and Technology (NIST).