

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

A. Kajian Teoritis

1. Internet of Think (IoT)

Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat fisik terhubung satu sama lain melalui internet, sehingga dapat mengumpulkan, mengirimkan, dan bertukar informasi secara otomatis. Dalam sistem ini, perangkat yang digunakan biasanya memiliki sensor, aktuator, dan sistem komunikasi yang memungkinkan perangkat berinteraksi satu sama lain tanpa harus diawasi atau dikendalikan langsung oleh manusia. Secara umum, IoT berkembang sebagai bentuk integrasi antara dunia fisik dan dunia digital. Teknologi ini memungkinkan berbagai objek di kehidupan sehari-hari untuk memiliki kemampuan komunikasi dan pengolahan data sehingga dapat memberikan informasi secara *real-time*. Dalam penelitian dijelaskan bahwa IoT merupakan teknologi yang menghubungkan berbagai perangkat melalui internet untuk saling berbagi data dan meningkatkan efisiensi serta kemudahan dalam berbagai aktivitas (Syahfitri, 2025).

Selain itu, IoT bekerja dengan memanfaatkan beberapa komponen utama, yaitu sensor sebagai pengumpul data, jaringan komunikasi sebagai media pengiriman data, serta sistem pengolahan data (cloud atau server). Data yang dikumpulkan oleh sensor akan diirimkan melalui internet, kemudian diproses dan ditampilkan sebagai informasi yang bisa digunakan oleh

pengguna. Penelitian menyebutkan bahwa IoT memanfaatkan kombinasi perangkat keras dan perangkat lunak untuk menghubungkan serta mengontrol berbagai perangkat melalui jaringan internet secara otomatis (Bagaskoro et al., n.d.). Perkembangan IoT juga memiliki dampak yang besar di berbagai bidang seperti industri, kesehatan, pertanian, dan rumah tangga. Dengan adanya teknologi ini, proses pengumpulan dan pengolahan data dapat dilakukan secara lebih cepat dan efisien. Penelitian menunjukkan bahwa IoT mampu meningkatkan efisiensi operasional serta memungkinkan sistem bekerja secara otomatis dan terintegrasi dalam berbagai sektor kehidupan (Rivai & Setiawan, 2025).

IoT didefinisikan sebagai konsep yang menghubungkan berbagai objek fisik ke dalam jaringan sehingga objek tersebut dapat berpartisipasi secara aktif dalam pertukaran informasi. Teknologi ini memungkinkan menggabungkan sensor dan perangkat komunikasi sehingga membuat sistem yang bisa mengumpulkan serta menganalisis data secara langsung, membantu mengambil keputusan yang lebih baik dan lebih efisien. Dengan demikian, *Internet of Things* (IoT) adalah teknologi yang memungkinkan berbagai perangkat berkomunikasi dan bekerja bersama melalui koneksi internet. Teknologi ini memudahkan proses pengumpulan, pemrosesan, dan pertukaran data secara otomatis, sehingga banyak dimanfaatkan dalam berbagai bidang untuk meningkatkan efisiensi, efektivitas, dan kualitas layanan.

a. ESP32



Gambar 2.1 ESP32 38 pin
Sumber: <https://probots.co.in/>

ESP32 merupakan mikrokontroler yang memiliki fitur WiFi sehingga dapat digunakan sebagai pusat pengolahan dan pengiriman data pada sistem *Internet of Things* (IoT). Pada penelitian ini, ESP32 berfungsi mengolah data hasil pembacaan sensor dan mengirimkannya secara *real-time*.

b. *Google sheets*



Gambar 2.2 *Google sheets*
Sumber: <https://mailmeteor.com/>

Google sheets merupakan layanan berbasis cloud yang digunakan sebagai media penyimpanan data secara online. Data hasil monitoring energi listrik disimpan secara otomatis sehingga dapat diakses dan dianalisis kapan saja.

c. Telegram



Gambar 2.3 Telegram
Sumber: <https://pixabay.com/>

Telegram merupakan aplikasi pesan instan yang dapat digunakan sebagai media notifikasi pada sistem IoT. Melalui Telegram Bot, pengguna dapat menerima informasi dan peringatan penggunaan energi listrik secara *real-time*.

2. Sistem Monitoring

Sistem monitoring adalah sebuah sistem yang digunakan untuk mengawasi, mengukur, dan mengumpulkan data terhadap suatu objek atau proses secara berkelanjutan, agar dapat mengetahui kondisi dan performa dari objek atau proses tersebut. Sistem ini dirancang untuk menyampaikan data secara langsung maupun berkala, sehingga pengguna dapat melakukan evaluasi, pengambilan keputusan, serta pengendalian terhadap sistem yang diamati. Dalam perkembangannya, sistem monitoring tidak lagi dilakukan secara manual, melainkan telah berkembang menjadi sistem digital yang mampu bekerja secara otomatis dan terintegrasi dengan jaringan komunikasi. Ini memungkinkan informasi yang dikumpulkan bisa diakses dari jauh dan secara langsung. Penelitian mengungkapkan bahwa sistem pemantauan terkini dapat mengirimkan informasi tentang parameter seperti voltase, arus

listrik, dan daya secara langsung melalui jaringan internet, yang berkontribusi pada peningkatan efisiensi serta kemudahan dalam pengawasan sistem. (Zaim & Ranolat, 2025).

Sistem monitoring juga banyak diterapkan pada berbagai bidang, termasuk energi listrik, pertanian, dan industri. Pada bidang energi listrik, sistem monitoring digunakan untuk mengetahui konsumsi energi serta performa sistem secara detail. Dalam sebuah penelitian dijelaskan bahwa sistem monitoring energi listrik berbasis IoT memungkinkan pengguna untuk mengumpulkan data penggunaan energi secara *real-time* serta membantu dalam memahami pola konsumsi energi listrik secara lebih efektif (Noor et al., 2025). Selain itu, sistem pengawasan yang menggunakan IoT biasanya terdiri dari sejumlah elemen kunci, yaitu sensor sebagai perangkat pengukuran, mikrokontroler sebagai pemroses informasi, serta jaringan komunikasi untuk mengirimkan data ke server atau platform tertentu. Data yang telah disampaikan selanjutnya dapat diakses melalui aplikasi atau situs web, yang membuat pengguna lebih mudah untuk melakukan pengawasan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang menyatakan bahwa sistem monitoring berbasis IoT memanfaatkan sensor dan mikrokontroler untuk mengukur parameter tertentu, kemudian mengirimkan data tersebut ke platform digital agar dapat diakses secara daring.

Secara umum, sistem monitoring memiliki beberapa fungsi utama, yaitu melakukan pengukuran data secara kontinu, menyimpan data sebagai histori, serta menyajikan informasi dalam bentuk yang mudah dipahami oleh

pengguna. Dengan adanya sistem monitoring, pengguna dapat mendeteksi perubahan kondisi sistem secara cepat dan mengambil tindakan yang diperlukan untuk meningkatkan efisiensi maupun mencegah terjadinya kerusakan. Pada penelitian internasional juga dijelaskan bahwa sistem monitoring berbasis IoT memungkinkan pengukuran konsumsi energi secara lebih detail hingga tingkat perangkat, serta mendukung pencatatan data secara terdistribusi dan aman. Hal ini mengindikasikan bahwa sistem pemantauan terkini tidak hanya berperan sebagai perangkat observasi, tetapi juga sebagai elemen krusial dalam sistem pengelolaan energi yang cerdas. (Shivaraman et al., 2020).

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa sistem monitoring merupakan komponen penting dalam pengelolaan sistem modern, khususnya dalam bidang energi listrik. Sistem ini berperan dalam menyediakan data yang akurat, *real-time*, dan terintegrasi sehingga dapat membantu pengguna dalam melakukan analisis, pengendalian, serta pengambilan keputusan secara lebih efektif.

3. Konsumsi Energi Listrik Rumah Tangga



Gambar 2.4 kWh Meter

Sumber: <https://www.kompas.com/>

Konsumsi energi listrik rumah tangga merupakan jumlah energi listrik yang digunakan oleh seluruh peralatan listrik dalam suatu rumah tangga dalam periode waktu tertentu, yang umumnya dinyatakan dalam satuan kilowatt-hour (kWh). Konsumsi ini mencerminkan tingkat kebutuhan energi suatu rumah tangga dalam mendukung aktivitas sehari-hari, seperti penerangan, penggunaan alat elektronik, serta kebutuhan kenyamanan hidup. Secara keseluruhan, penggunaan energi listrik di rumah dipengaruhi oleh beberapa elemen penting, di antaranya yaitu jumlah anggota keluarga, kondisi keuangan, jenis serta jumlah perangkat listrik yang dimiliki, dan juga pola kebiasaan pengguna. Penelitian menunjukkan bahwa konsumsi energi rumah tangga memiliki hubungan erat dengan faktor sosial ekonomi dan demografi, di mana peningkatan pendapatan dan jumlah anggota keluarga cenderung meningkatkan penggunaan energi listrik (Adistiariani et al., 2020).

Selain itu, konsumsi energi listrik rumah tangga juga dipengaruhi oleh pertumbuhan penduduk dan perkembangan teknologi. Sejalan dengan pertumbuhan populasi, permintaan akan energi listrik di sektor rumah tangga juga menunjukkan kenaikan yang besar dan menjadi salah satu faktor utama dalam konsumsi energi di tingkat nasional (Jamilatun et al., 2025). Ini mengindikasikan bahwa sektor rumah tangga memainkan peran krusial dalam total konsumsi energi. Dalam praktiknya, konsumsi energi listrik rumah tangga dihitung berdasarkan daya peralatan listrik dan lamanya waktu penggunaan. Semakin besar daya alat dan semakin lama waktu pemakaian, maka semakin besar pula energi listrik yang dikonsumsi. Penelitian

menyatakan bahwa perhitungan konsumsi energi dapat dilakukan dengan menjumlahkan penggunaan energi dari masing-masing peralatan listrik berdasarkan daya dan durasi penggunaannya (Hartono et al., 2025).

Di sisi lain, perilaku pengguna juga menjadi faktor penting dalam menentukan tingkat konsumsi energi listrik. Penggunaan listrik yang tidak efisien atau berlebihan dapat menyebabkan peningkatan konsumsi energi yang tidak diperlukan. Penelitian internasional menunjukkan bahwa pola konsumsi energi rumah tangga sangat dipengaruhi oleh kebiasaan dan karakteristik penghuni, sehingga perubahan perilaku dapat berkontribusi signifikan dalam penghematan energi (Wang, 2021). Dengan demikian, konsumsi energi listrik rumah tangga merupakan aspek penting yang dipengaruhi oleh berbagai faktor teknis maupun non-teknis. Pengelolaan konsumsi energi yang baik diperlukan untuk mengurangi pemborosan, menekan biaya listrik, serta mendukung penggunaan energi yang lebih efisien dan berkelanjutan.

B. Kajian Empiris

1. Judul: Sistem Monitoring Biaya Konsumsi Listrik Rumah Tangga Berbasis IoT

Penelitian ini dilakukan oleh (Magfirah & Widhiantoro, 2024) bertujuan untuk menciptakan suatu sistem pemantauan penggunaan listrik di rumah yang menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) yang mampu menampilkan informasi tentang konsumsi listrik serta perkiraan biayanya secara langsung.

Sistem yang diciptakan mengandalkan sensor PZEM-004T

yang digabungkan dengan mikrokontroler ESP32 untuk mengawasi parameter listrik seperti voltase, arus, daya, dan energi. Data hasil pengukuran kemudian dikirim ke platform berbasis cloud (Firebase) dan ditampilkan melalui aplikasi mobile. Metode penelitian yang digunakan untuk melakukan penelitian ini, yang mencakup tahapan perancangan alat, integrasi perangkat keras, perangkat lunak, dan pengujian sistem pada beban listrik rumah tangga. Sistem juga dilengkapi dengan fitur penyimpanan data sehingga pengguna dapat melihat riwayat konsumsi energi listrik dalam periode tertentu seperti harian, bulanan, hingga tahunan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem yang dirancang mampu bekerja dengan baik dengan tingkat akurasi tinggi, dimana sensor PZEM-004T memiliki akurasi pengukuran tegangan sebesar 98,5% dan arus sebesar 99,89%. Selain itu, sistem mampu menampilkan data konsumsi energi sebesar 0,474 kWh serta estimasi biaya listrik secara langsung melalui aplikasi. Fitur tambahan seperti ekspor data ke format Excel juga memberikan kemudahan dalam analisis konsumsi energi listrik. Kelebihan penelitian ini terletak pada kemampuan sistem dalam menampilkan data secara *real-time*, menyediakan estimasi biaya listrik, serta memiliki fitur penyimpanan dan pengolahan data historis. Namun, keterbatasan penelitian ini adalah belum adanya sistem notifikasi atau peringatan otomatis ketika terjadi konsumsi listrik berlebih serta belum adanya integrasi sistem kontrol untuk mengatur penggunaan beban listrik secara otomatis.

Studi ini memiliki kemiripan dengan penelitian yang akan dilakukan, karena keduanya membahas perancangan sistem yang memantau penggunaan energi listrik untuk rumah tangga dengan memanfaatkan teknologi IoT dan menggunakan sensor PZEM004T. Adapun perbedaannya terletak pada pengembangan sistem yang akan dilakukan, dimana penelitian yang akan dibuat akan menambahkan fitur notifikasi atau alarm konsumsi listrik serta optimasi monitoring berbasis harian untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi listrik rumah tangga.

2. Judul: Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik kWh Meter Secara Real Time pada Rumah Tangga Berbasis IoT

Penelitian ini dilakukan oleh (Karuniawan et al., 2024) yang Bertujuan untuk mengembangkan sistem pengawasan penggunaan energi listrik di rumah yang menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) sehingga dapat menampilkan informasi pemakaian listrik secara langsung. Sistem yang dirancang memanfaatkan sensor PZEM-004T yang terhubung dengan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 untuk mengevaluasi parameter listrik seperti voltase, arus listrik, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya. Data hasil pengukuran kemudian dikirimkan ke aplikasi berbasis IoT sehingga dapat dipantau oleh pengguna secara langsung. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah pendekatan Penelitian dan Pengembangan (R&D) yang mencakup fase desain, pembuatan perangkat, dan evaluasi sistem. Hasil kajian menunjukkan bahwa sistem dapat melakukan pemantauan penggunaan energi

listrik secara langsung dengan menampilkan beragam parameter kelistrikan secara menyeluruh serta perkiraan biaya listrik sesuai tarif yang ditetapkan oleh PLN. Sistem ini membantu pengguna dalam mengetahui penggunaan energi listrik sehingga dapat mengontrol pemakaian listrik secara lebih efisien. Kelebihan penelitian ini adalah kemampuannya dalam menampilkan parameter listrik yang lengkap dan akurat serta monitoring berbasis IoT. Namun, keterbatasannya adalah belum adanya fitur analisis konsumsi energi secara mendalam (harian/bulanan) serta belum dilengkapi sistem notifikasi penggunaan listrik berlebih.

Jika dibandingkan dengan penelitian yang akan dilakukan dengan judul “Rancang Bangun Sistem Monitoring Konsumsi Energi Listrik Rumah Tangga Berbasis IoT”, terdapat beberapa pengembangan. Penelitian ini sudah menggunakan sensor PZEM-004T yang sama, namun sistem yang akan dibuat akan menambahkan fitur monitoring konsumsi energi berbasis harian, serta sistem notifikasi (*Buzzer* atau aplikasi) untuk peringatan penggunaan listrik berlebih. Dengan demikian, penelitian yang akan dilakukan memiliki keunggulan dalam aspek analisis data dan fitur kontrol dibandingkan penelitian terdahulu.

3. Judul: Sistem Data Logger Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis IoT Menggunakan Sensor PZEM-004T.

Penelitian ini dilakukan oleh (Putra et al., 2025) didasarkan pada kajian teori bahwa sistem monitoring energi listrik berbasis *Internet of Things* (IoT)

memungkinkan pengukuran, pengiriman, dan penyimpanan data berlangsung secara langsung dan terpadu. Sistem monitoring modern tidak hanya berperan sebagai perangkat ukur, melainkan juga berfungsi sebagai sistem pencatat yang dapat menyimpan data historis untuk analisis energi. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dan mencakup langkah-langkah perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, dan pengujian kinerja alat. Sensor PZEM-004T digunakan untuk mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, energi, frekuensi, dan faktor daya dalam sistem yang dirancang. Data hasil pengukuran kemudian dikirim melalui modul ESP8266 ke platform IoT (*ThingSpeak*) untuk ditampilkan dan disimpan secara online.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring dan pencatatan data energi listrik secara *real-time* dan berkelanjutan, serta memungkinkan pengguna untuk mengunduh data dalam bentuk file (misalnya Excel) untuk analisis lebih lanjut. Sistem ini juga terbukti efektif dalam meningkatkan kemudahan pemantauan dan pengelolaan energi listrik. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, yaitu fokus pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) dan belum dilengkapi fitur notifikasi otomatis maupun integrasi dengan platform sederhana seperti Telegram. Selain itu, sistem belum secara spesifik menghitung estimasi biaya listrik untuk pengguna rumah tangga

4. Judul: Design and Evaluation of an IoT-Based *Real-time* Energy Monitoring System Using NodeMCU and PZEM-004T.

Penelitian ini dilakukan oleh (Agil et al., 2025) didasarkan pada kajian teori bahwa kebutuhan akan sistem monitoring energi listrik yang akurat, *real-time*, dan terjangkau semakin meningkat, terutama pada sektor rumah tangga. Sistem monitoring berbasis *Internet of Things* (IoT) memungkinkan pengguna untuk memperoleh data konsumsi energi secara langsung dan berkelanjutan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan listrik. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yang mencakup tahapan perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, dan pengujian sistem pada alat rumah tangga seperti setrika, kipas angin, dan kulkas. Mikrokontroler NodeMCU (ESP8266), yang diintegrasikan dengan sensor PZEM-004T, digunakan dalam sistem untuk mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan energi listrik. Hasil pengukuran kemudian dibandingkan dengan alat ukur standar untuk mengetahui tingkat akurasi sistem.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dapat memantau konsumsi energi secara *real-time* dengan tingkat akurasi yang tinggi dan dapat digunakan sebagai alternatif sistem pemantauan energi yang lebih murah daripada alat konvensional. Sistem ini juga mampu memberikan informasi detail terkait penggunaan energi pada masing-masing peralatan listrik, sehingga membantu pengguna dalam memahami pola konsumsi energi listrik. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, yaitu belum adanya sistem penyimpanan data

historis berbasis cloud secara terstruktur serta belum dilengkapi fitur notifikasi otomatis untuk memberikan peringatan kepada pengguna.

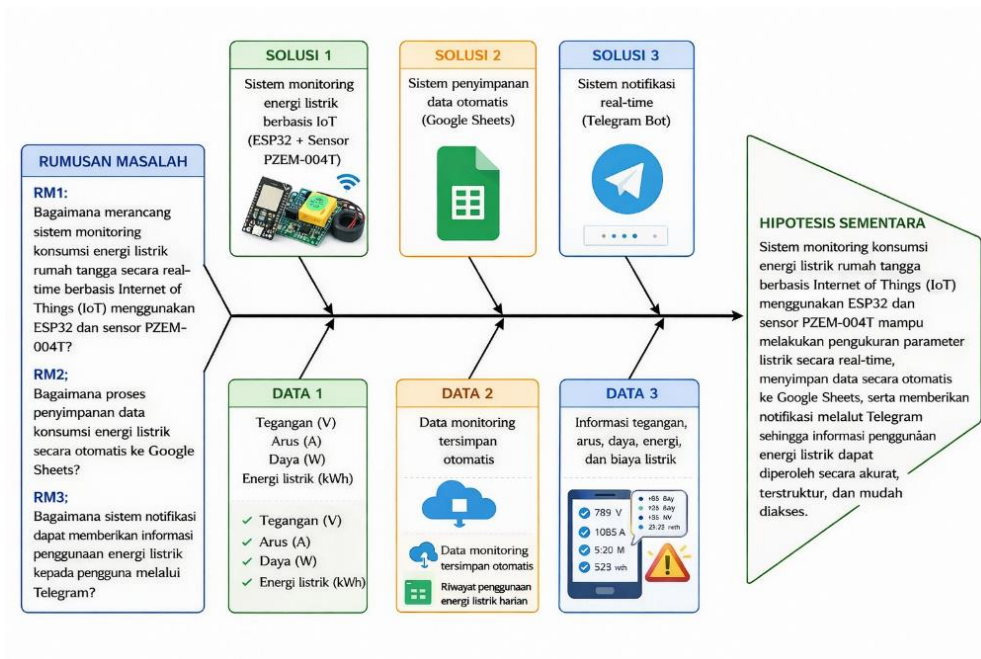
5. Judul: IoT-Based Smart Energy Meter with *Real-time* Monitoring and Theft Detection using Arduino and PZEM004T.

Penelitian ini dilakukan oleh (Nalbalwar, 2025) didasarkan pada kajian teori bahwa sistem pengukuran energi listrik konvensional masih memiliki keterbatasan dalam hal monitoring *real-time*, akses jarak jauh, dan keamanan sistem. Akibatnya, untuk memantau konsumsi energi listrik secara langsung dan berkelanjutan, sensor dihubungkan ke jaringan internet melalui teknologi *Internet of Things* (IoT). Penelitian dilakukan dengan metode eksperimen, yang mencakup langkah-langkah perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, dan pengujian sistem pada beban listrik. Sistem ini menggunakan sensor PZEM-004T untuk mengukur nilai listrik seperti arus, tegangan, daya, dan energi, dan mikrokontroler berbasis Arduino untuk mengolah dan mengirim data ke platform *Internet of Things*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan monitoring energi listrik secara *real-time* serta mendeteksi adanya penyimpangan penggunaan energi (seperti indikasi pencurian listrik). Sistem ini juga memberikan kemudahan dalam pemantauan konsumsi energi melalui perangkat digital sehingga meningkatkan efisiensi dan keamanan penggunaan listrik. Namun, penelitian ini memiliki keterbatasan, yaitu lebih berfokus pada aspek keamanan (deteksi pencurian listrik) dan belum dilengkapi dengan fitur

penyimpanan data historis berbasis cloud yang sederhana (seperti *Google sheets*), serta belum menyediakan notifikasi langsung ke pengguna seperti Telegram.

C. Kerangka Berpikir



Gambar 2.5 diagram fishbone

Diagram fishbone pada penelitian ini menggambarkan hubungan antara rumusan masalah, solusi yang ditawarkan, data yang dihasilkan, hingga hipotesis sementara dalam perancangan sistem monitoring konsumsi energi listrik berbasis IoT. Pada bagian ekor diagram terdapat tiga rumusan masalah utama, yaitu bagaimana merancang sistem monitoring energi listrik berbasis IoT, bagaimana melakukan penyimpanan data konsumsi energi secara otomatis, serta bagaimana memberikan notifikasi penggunaan listrik kepada pengguna. Ketiga rumusan masalah ini menjadi dasar dalam menentukan arah penelitian dan pengembangan sistem. Untuk menjawab permasalahan tersebut,

pada bagian tulang atas ditetapkan tiga solusi utama. Solusi pertama adalah merancang sistem monitoring berbasis IoT menggunakan mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM-004T yang mampu mengukur parameter listrik secara *real-time*. Solusi kedua adalah penggunaan platform *Google sheets* sebagai media penyimpanan data berbasis cloud yang memungkinkan pencatatan data konsumsi energi listrik secara otomatis dan terstruktur. Solusi ketiga adalah pengembangan sistem notifikasi menggunakan Telegram dan *Buzzer* yang berfungsi memberikan peringatan kepada pengguna terkait penggunaan energi listrik.

Dari setiap solusi yang diterapkan, dihasilkan data yang ditunjukkan pada bagian tulang bawah. Sistem pemantauan mengumpulkan data tentang tegangan, arus, daya, dan konsumsi listrik secara *real-time*. Sistem penyimpanan menyimpan data konsumsi listrik masa lalu yang dapat dianalisis. Sedangkan sistem notifikasi menghasilkan informasi berupa peringatan penggunaan listrik serta estimasi biaya yang dapat membantu pengguna dalam mengontrol pemakaian energi. Seluruh komponen tersebut bermuara pada bagian kepala diagram yang berisi hipotesis sementara, yaitu bahwa sistem monitoring energi listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang terintegrasi dengan penyimpanan data dan sistem notifikasi dapat memberikan informasi tentang konsumsi energi secara *real-time*, akurat, dan mudah diakses. Ini memungkinkan pengguna untuk mengelola serta menghemat lebih banyak energi di rumah tangga.

D. Hipotesis

Hipotesis 1: Perancangan sistem monitoring energi listrik berbasis IoT.

H_A^0 : Perancangan sistem monitoring energi listrik berbasis IoT tidak bisa beroperasi dengan baik, maka sistem tidak mampu melakukan pengukuran dan pengiriman data konsumsi energi listrik secara *real-time* dan akurat.

H_A^1 : Perancangan sistem monitoring energi listrik berbasis IoT dapat beroperasi dengan baik, maka sistem mampu melakukan pengukuran dan pengiriman data konsumsi energi listrik secara *real-time* dan akurat.

Hipotesis 2: Keberhasilan pengiriman data IoT ke *Google sheets*.

H_B^0 : Sistem monitoring berbasis IoT tidak mampu mengirimkan dan menyimpan data hasil pengukuran energi listrik ke *Google sheets* dengan tingkat keberhasilan yang baik.

H_B^1 : Sistem monitoring berbasis IoT mampu mengirimkan dan menyimpan data hasil pengukuran energi listrik ke *Google sheets* secara otomatis, *real-time*, dan dengan tingkat keberhasilan yang baik.

Hipotesis 3: Perbandingan penggunaan energi listrik dan biaya.

H_C^0 : Hasil pembacaan alat tidak mendekati hasil perhitungan penggunaan energi listrik dan estimasi biaya berdasarkan spesifikasi daya beban, yang ditunjukkan oleh persentase error melebihi batas toleransi 5%.

H_C^1 : Hasil pembacaan alat mendekati hasil perhitungan penggunaan energi listrik dan estimasi biaya berdasarkan spesifikasi daya beban, yang ditunjukkan oleh persentase error tidak melebihi batas toleransi 5%.