

BAB 2

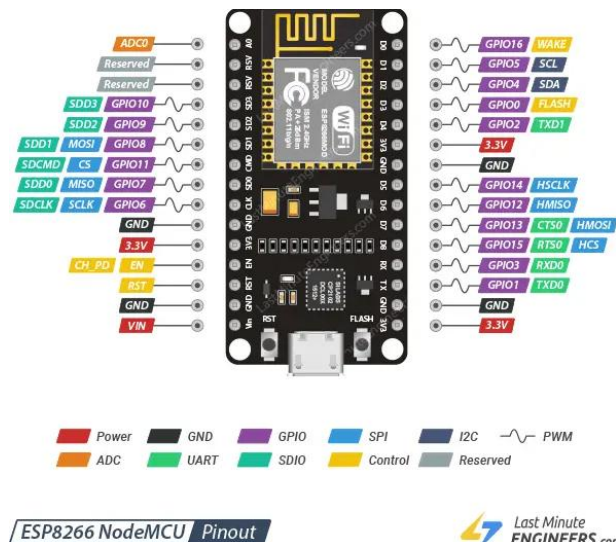
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Landasan teori merupakan kumpulan konsep dan teori yang relevan dengan topik penelitian yang berfungsi sebagai dasar dalam penyusunan serta pelaksanaan penelitian. Teori-teori tersebut digunakan untuk memberikan arah, memperkuat argumentasi, dan mendukung analisis terhadap permasalahan yang diteliti. Oleh karena itu, pada bagian ini akan dijelaskan berbagai landasan teori yang menjadi acuan dalam penelitian ini.

2.1.1 ESP8266

NodeMCU ESP8266 adalah sebuah platform IoT *open-source* yang terdiri dari perangkat keras berupa modul *System on Chip (SoC)* ESP8266 dari Espressif Systems. Namun, dalam perkembangannya, modul NodeMCU menjadi sangat populer untuk diprogram menggunakan Arduino IDE karena kemudahan dan banyaknya pustaka (library) yang tersedia. Modul ini dirancang khusus untuk memudahkan pengembangan aplikasi berbasis IoT berkat chip ESP8266 yang telah terintegrasi dengan modul Wi-Fi (Espressif, 2018).



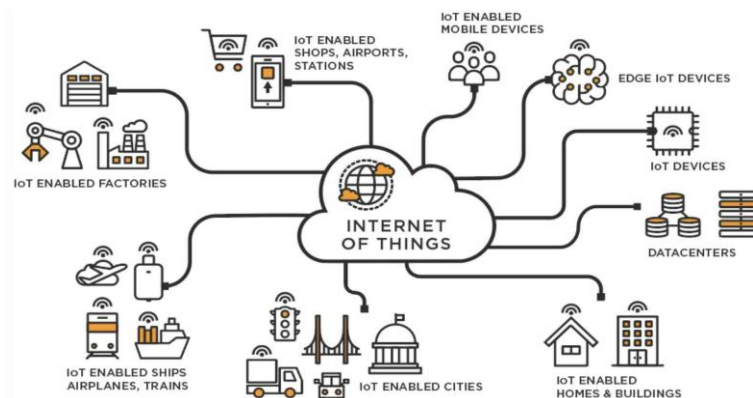
Gambar 2. 1 ESP8266¹

¹Sumber: <https://medium.com/@doditsuprianto/pengantar-microcontroller-dengan-nodemcu-esp8266-12e-93c7c3ca80ae>

ESP8266 adalah mikrokontroler berbiaya rendah dengan konsumsi daya yang efisien, dilengkapi dengan tumpukan protokol TCP/IP penuh. Hal ini memungkinkan perangkat untuk terhubung ke jaringan Wi-Fi dan berkomunikasi melalui internet. Spesifikasi utamanya mencakup prosesor Tensilica L106 32-bit, sejumlah pin *General Purpose Input/Output* (GPIO) yang dapat digunakan untuk berinteraksi dengan sensor dan komponen elektronik lainnya seperti modul relay dan sensor PZEM-004T. Kemampuannya untuk diprogram melalui Arduino IDE menjadikannya pilihan ideal bagi para pengembang, baik pemula maupun ahli, untuk membuat prototipe proyek IoT dengan cepat.

2.1.2 *Internet of things (IoT)*

Internet of things (IoT) merupakan suatu paradigma teknologi modern yang mengintegrasikan berbagai perangkat fisik dengan kemampuan konektivitas internet, sehingga memungkinkan pertukaran data secara otomatis tanpa intervensi manusia secara langsung. Konsep ini berkembang pesat seiring dengan kemajuan teknologi sensor, mikrokontroler, dan komunikasi nirkabel, menjadikan perangkat-perangkat sehari-hari mampu berfungsi lebih cerdas dan responsif (Ayu Syahfitri, 2025). Dalam konteks teknis, IoT mencakup sistem yang terdiri dari node sensor atau aktuator, jaringan komunikasi, platform *cloud*, serta antarmuka pengguna. Setiap komponen ini saling terintegrasi untuk mendukung proses akuisisi data, pengiriman data ke server, pemrosesan data secara *real-time*, serta umpan balik yang dapat ditindaklanjuti oleh pengguna maupun sistem otomatisasi (Selay et al., 2022).



Gambar 2. 2 *Internet of things*²

² Sumber: <https://smkglobin.sch.id/mengenal-apa-itu-internet-of-things-iot/>

Implementasi IoT sangat luas dan menyentuh berbagai sektor kehidupan, mulai dari rumah tangga, industri, pertanian, transportasi, hingga layanan kesehatan. Dalam bidang rumah tangga, misalnya, IoT diterapkan dalam bentuk *smart home* yang memungkinkan pengguna memantau dan mengendalikan perangkat seperti lampu, kipas angin, atau AC dari jarak jauh melalui smartphone. Di sektor industri, IoT membantu dalam meningkatkan efisiensi operasional melalui predictive maintenance dan *monitoring* proses produksi secara *real-time*. Sedangkan dalam pertanian, IoT dimanfaatkan untuk mengontrol kelembaban tanah dan penyiraman tanaman secara otomatis, sehingga meningkatkan hasil panen sekaligus menghemat sumber daya. Semua implementasi ini bertujuan untuk menciptakan sistem yang lebih efisien, adaptif, dan berbasis data, yang pada akhirnya meningkatkan kualitas hidup manusia.

2.1.3 PZEM-004T

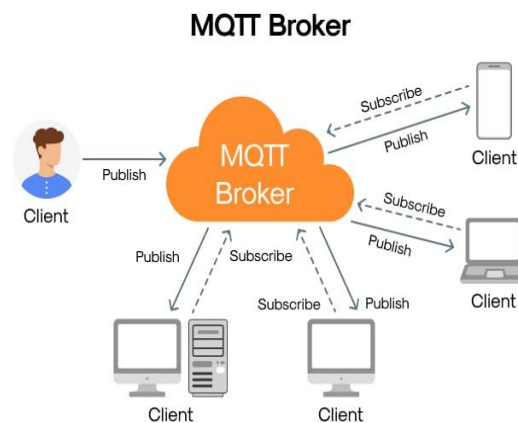
Sensor PZEM-004T adalah modul sensor listrik yang digunakan untuk mengukur parameter kelistrikan seperti tegangan (volt), arus (ampere), daya aktif (watt), energi (kWh), frekuensi (Hz), dan faktor daya (power factor) secara akurat. Sensor ini sangat cocok digunakan dalam proyek *monitoring* konsumsi listrik karena mampu memberikan data secara *real-time* melalui antarmuka komunikasi serial (UART) (Nn-digital.com, 2019). PZEM-004T bekerja dengan mendeteksi arus dan tegangan yang melewati sebuah beban listrik, kemudian menghitung nilai daya dan energi berdasarkan parameter tersebut. Modul ini biasanya digunakan bersama current transformer (CT) yang dilingkarkan ke kabel fase, sehingga memungkinkan pengukuran tanpa harus memutus arus utama. Selain itu, sensor ini kompatibel dengan mikrokontroler seperti NodeMCU atau Arduino dan mudah diintegrasikan ke dalam sistem IoT (Hamdani & Airlangga, 2025).



Gambar 2. 3 ZPEM-004T³

2.1.4 Protokol MQTT

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) adalah protokol komunikasi ringan yang dirancang khusus untuk perangkat dengan sumber daya terbatas dan koneksi jaringan yang tidak stabil. Protokol ini menggunakan model komunikasi *publish/subscribe*, di mana pengirim data (*publisher*) dan penerima data (*subscriber*) berkomunikasi melalui perantara yang disebut broker (Quincozes et al., 2019). MQTT sangat cocok digunakan dalam aplikasi *Internet of things* (IoT) karena efisien dalam penggunaan *bandwidth*, cepat dalam pengiriman data, dan mendukung komunikasi asynchronous secara *real-time* (Prasetyo et al., 2024).



Gambar 2. 4 Protokol MQTT⁴

Dalam proyek *monitoring* dan kontrol konsumsi listrik ini, ESP8266 berperan sebagai *publisher* yang mengirimkan data dari sensor PZEM-004T ke broker

³ Sumber: <https://manuals.plus/id/innovators-guru/ac-communication-module-pzem-004t-v3-0-manual>

⁴ Sumber: <https://artec.bg/mqtt-message-queuing-telemetry-transport-protokol/>

MQTT. Di sisi lain, *dashboard* atau aplikasi pengguna bertindak sebagai subscriber untuk menerima data tersebut dan menampilkannya secara *real-time*. Selain itu, *dashboard* juga dapat mengirimkan perintah ke ESP8266 untuk mengaktifkan atau menonaktifkan relay, yang memungkinkan sistem melakukan kontrol perangkat listrik dari jarak jauh. Arsitektur ini memberikan fleksibilitas dan efisiensi tinggi dalam sistem pemantauan dan pengendalian berbasis IoT.

2.1.5 Relay

Relay adalah sebuah komponen elektromekanis yang berfungsi sebagai saklar otomatis yang dikendalikan oleh arus listrik. Dalam sistem elektronik dan IoT, relay digunakan untuk menghubungkan dan memutuskan aliran listrik ke beban bertegangan tinggi seperti lampu, kipas angin, atau peralatan rumah tangga lainnya, dengan menggunakan sinyal arus kecil dari mikrokontroler seperti NodeMCU atau Arduino (Prasetyo, 2024). Ketika mikrokontroler mengirimkan sinyal ke coil (kumparan) di dalam relay, medan magnet yang terbentuk akan menarik kontak saklar, sehingga terjadi hubungan atau pemutusan arus pada sirkuit utama (Fauziyah, 2022).

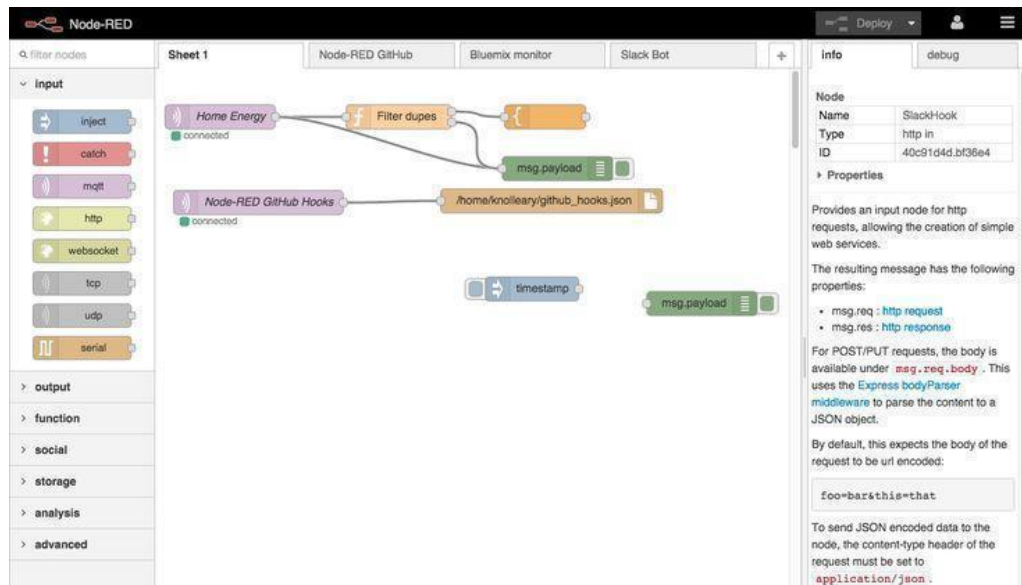


Gambar 2. 5 Relay Modul 4 Channel

2.1.6 Node Red

Node RED merupakan platform berbasis alur (*flow-based programming*) yang dikembangkan oleh IBM untuk memudahkan pengembangan aplikasi *Internet of Things*. Platform ini menyediakan antarmuka berbasis web yang memungkinkan pengguna untuk menyusun alur logika dengan menggunakan node yang dapat dihubungkan secara visual. *Node RED* juga dirancang untuk mengintegrasikan perangkat keras, *API*, dan layanan online dengan cara yang sederhana dan efisien

(Sari et al., 2025).



Gambar 2. 6 Node RED⁵

Keunggulan utama *Node RED* yaitu memudahkan pengembangan sistem otomatisasi dan pemantauan, karena pengguna tidak perlu menulis kode secara manual secara keseluruhan. *Node RED* juga mendukung berbagai protokol komunikasi seperti *MQTT*, *HTTP*, dan *WebSocket*, yang menjadikannya sangat cocok untuk implementasi proyek berbasis *IoT* dan *smart Surveillance*.

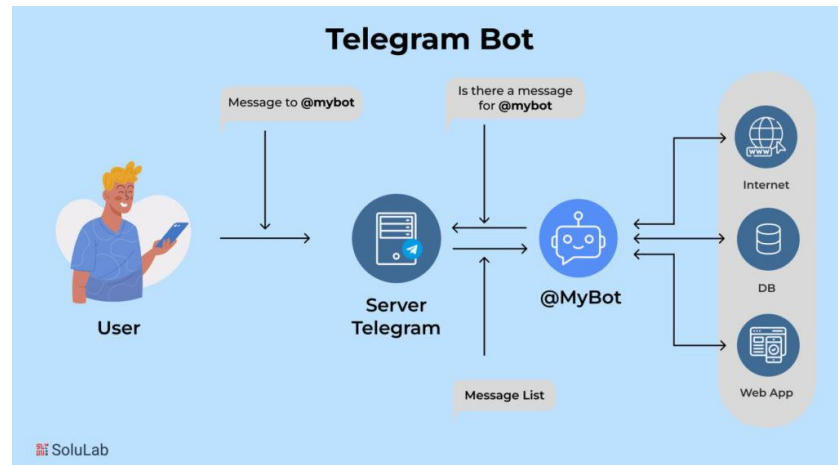
2.1.7 Telegram

Telegram merupakan sebuah aplikasi berbasis cloud yang dirancang untuk mengirim pesan teks, suara, gambar, video, dokumen hingga melakukan panggilan suara maupun video dengan cepat dan aman. Aplikasi ini dikembangkan oleh Pavel Durov pada tahun 2013 dengan fokus keamanan, kecepatan, serta kemudahan akses lintas platform. Telegram mendukung penggunaan di berbagai perangkat secara bersamaan, baik melalui aplikasi mobile, desktop, maupun web, karena semua data disinkronkan secara otomatis melalui server cloud (Kontrol et al., 2024).

Keunggulan utama Telegram terletak pada kelengkapan fitur dan skalabilitasnya. Pengguna dapat membuat grup dengan ribuan anggota, channel untuk siaran publik, hingga menggunakan bot yang bisa deprogram untuk menjalankan berbagai fungsi otomatis seperti mengelola data, memberikan

⁵ Sumber: <https://www.instructables.com/A-Weather-Forecast-Display-Using-Node-red-and-a-Ra/>

notifikasi, atau integrasi dengan system IoT. Dukungan terhadap API yang terbuka menjadikan telegram populer di kalangan pengembang IoT, karena memudahkan pembuatan aplikasi tambahan maupun sistem otomasi. Dengan kombinasi fitur komunikasi yang kaya, kecepatan transfer data, serta sistem keamanan yang cukup baik.



Gambar 2. 7 Telegram⁶

2.2 Penelitian Terdahulu

Pada bagian ini akan dipaparkan beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini. Hal ini bertujuan untuk melakukan pengambilan referensi yang mendukung penelitian saat ini serta sebagai perbandingan antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu.

(Artiyasa et al., 2020) dan kawan-kawan yang berfokus pada pengembangan sistem *smart home* menggunakan mikrokontroler NodeMCU yang terintegrasi dengan aplikasi Blynk. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol berbagai perangkat rumah tangga seperti lampu, kipas, dan sensor suhu secara *real-time* melalui aplikasi pada smartphone. Dengan memanfaatkan konektivitas internet dan platform Blynk, sistem ini memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memantau kondisi rumah dari jarak jauh, sehingga meningkatkan kenyamanan dan keamanan penggunaan listrik secara efisien.

Christanto dan kawan-kawan (Christanto et al., 2021) mengembangkan sistem mirroring display KWH meter menggunakan ESP32-CAM yang

⁶ Sumber: <https://smart.dhgate.com/essential-steps-to-build-powerful-telegram-bots-without-coding-experience/>

memungkinkan pengguna memantau penggunaan daya listrik secara *real-time*. Sistem ini memanfaatkan kamera pada ESP32-CAM untuk menangkap tampilan meteran listrik, kemudian mengirimkan gambar tersebut ke perangkat pengguna. Pendekatan ini bertujuan untuk memberikan kemudahan dalam pemantauan konsumsi listrik tanpa harus melakukan pembacaan secara manual di lokasi meteran. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini dapat bekerja dengan baik dalam menyampaikan informasi visual mengenai pemakaian listrik rumah tangga.

Saputro dan Kautsar (Saputro et al., 2024) mengusulkan sebuah sistem pengendali perangkat elektronik menggunakan NodeMCU yang dikontrol melalui Telegram Bot. Dengan pendekatan ini, pengguna dapat mengendalikan perangkat listrik seperti lampu dan kipas hanya dengan mengirimkan perintah pesan dari aplikasi Telegram. Sistem ini memberikan solusi kontrol jarak jauh yang praktis, terutama bagi pengguna yang sering bepergian. Penelitian ini menyoroti kelebihan penggunaan platform komunikasi populer seperti Telegram dalam sistem otomasi rumah berbasis IoT.

Aryanto dan Atmojo (Atmojo, 2023) merancang sistem *monitoring* suhu dan kelembaban pada laboratorium yang terintegrasi dengan platform *web* berbasis konsep IoT. Sistem ini menggunakan sensor suhu dan kelembaban yang datanya dikirim secara *real-time* menggunakan protokol MQTT dan ditampilkan dalam antarmuka *web* yang responsif. Penelitian ini bertujuan untuk memastikan lingkungan laboratorium tetap dalam kondisi optimal, serta mempermudah proses *monitoring* oleh pengguna dari berbagai lokasi. Sistem ini menunjukkan efektivitas dalam menyediakan data lingkungan secara akurat dan terus menerus.

Rahman dkk. (Rahman et al., 2024) merancang prototipe sistem *monitoring* dan kontrol konsumsi listrik menggunakan ESP8266 dan sensor PZEM-004T yang terhubung ke antarmuka berbasis *web*. Sistem ini mampu membaca data konsumsi listrik secara *real-time* dan memungkinkan pengguna untuk mengontrol beban listrik dari jarak jauh melalui browser. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan listrik rumah tangga serta memberikan pengalaman pengguna yang interaktif melalui tampilan visualisasi data yang mudah dipahami. Sistem ini memberikan solusi yang cukup lengkap dalam manajemen konsumsi daya listrik. Tabel 2.1 merangkum penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya.

Tabel 2. 1 Perbandingan variabel penelitian

Kategori	Peneliti 1	Peneliti 2	Peneliti 3	Peneliti 4	Peneliti 5
Penulis	Marina Artiyasa, Aidah Nita Rostini, Edwinanto, Anggy Pradifta Junfithrana	Ilham Dwi Christanto, Reza Diharja, Mardiono, Parama Diptya Widayaka, Alfarid Hendro Yuwono	M. Purnomo Adji Saputro, Irwan Alnarus Kautsar, Arif Senja Fitrani	Komang Agus Ady Aryanto, Yohanes Priyo Atmojo	Farid Fadlu Rahman, Rudi Susanto, Fajar Suryani
Tahun	2021	2021	2024	2023	2024
Judul	APLIKASI SMART HOME NODE MCU IOT UNTUK BLYNK	Mirroring Display KWH Meter untuk Memantau Penggunaan Daya Listrik Menggunakan Mikrokontroler ESP32-CAM	PENGEMBANGAN PENGENDALIAN PERANGKAT ELEKTRONIK DENGAN NODEMCU MELALUI BOT TELEGRAM	Sistem Pemantauan Suhu dan Kelembapan pada Laboratorium Berbasis Web dengan Konsep IoT	Implementasi Smart Energy Meter dan Controlling Alat Listrik Pada Rumah Pintar Berbasis IoT
Metode/Tools					
Hasil Utama					
Relevansi dengan Penelitian					

Tabel 2.1 di atas merangkum perbandingan antara penelitian terdahulu dengan usulan penelitian saat ini. Dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya yang umumnya hanya berfokus pada sistem monitoring konsumsi listrik atau pengendalian perangkat secara terpisah, penelitian ini mengusulkan sebuah sistem yang mengintegrasikan fungsi monitoring dan kontrol dalam satu platform berbasis Internet of Things (IoT). Sistem yang dikembangkan menggunakan NodeMCU sebagai mikrokontroler, sensor PZEM-004T untuk memantau parameter kelistrikan seperti tegangan, arus, daya, dan energi secara

real-time, serta protokol MQTT sebagai media komunikasi data. Selain itu, sistem memanfaatkan Node-RED sebagai dashboard berbasis web yang memungkinkan pengguna memantau konsumsi listrik sekaligus mengendalikan perangkat listrik dari jarak jauh melalui modul relay. Dengan integrasi tersebut, sistem diharapkan mampu memberikan solusi yang lebih efisien, mudah diakses, dan mendukung penerapan konsep smart home yang hemat energi.