

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Energi memiliki peran yang sangat krusial dalam mendukung pertumbuhan ekonomi dan meningkatkan kesejahteraan masyarakat global (Karthick et al., 2021). Seiring dengan meningkatnya populasi dunia yang diperkirakan mencapai 9,8 miliar jiwa pada tahun 2050 (Martins et al., 2018), kebutuhan terhadap energi listrik juga mengalami peningkatan yang signifikan (Saleem et al., 2021). Peningkatan ini menjadi tantangan besar karena tidak sebanding dengan ketersediaan pasokan energi yang terbatas (Staffell & Pfenninger, 2018). Oleh karena itu, efisiensi dan pengelolaan energi yang optimal menjadi kebutuhan mendesak yang harus segera diwujudkan. Menurut laporan (U.S Department of Energy Information Administration & (EIA), 2023) memperkirakan bahwa pembangkitan listrik global akan meningkat sebesar 30% - 76% pada tahun 2050 dibandingkan dengan tahun 2022, sementara konsumsi energi di SMA 1 Ambarawa mengalami penghematan hingga 42% (Yustika et al., 2018). Data tersebut menunjukkan bahwa peningkatan konsumsi energi listrik secara global tidak dapat dihindari dan berisiko menimbulkan krisis energi apabila tidak diimbangi dengan strategi pengelolaan yang tepat. Namun, diperlukan langkah konkret untuk mengatasi ketidakseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan energi listrik. Salah satu solusi efektif adalah pengembangan *smart energy monitoring system* yang mampu mengawasi, mengendalikan, dan mengoptimalkan penggunaan energi secara real-time, khususnya pada sekolah di Indonesia.

Pemantauan proses pendidikan saat ini telah mengalami kemajuan teknologi yang signifikan seiring dengan integrasi antara *Information Technology* (TI) dan *Operational Technology* (OT) dalam kerangka paradigma Industry 4.0 serta *Industrial Internet of Things* (IIoT) (Bachir & Abenia, 2019). Penerapan IIoT berperan penting dalam memperkuat kemampuan jaringan pintar dengan memungkinkan manajemen dan pemantauan sumber daya energi secara lebih canggih (Minh et al., 2022). Pemanfaatan teknologi IoT, akuisisi dan analisis data secara waktu nyata dapat dilakukan menggunakan sensor dan smart meter yang

saling terhubung, sehingga meningkatkan keandalan, efisiensi, dan distribusi daya listrik dalam sistem jaringan (Choudhary, 2024). Teknologi IoT juga memiliki peran strategis dalam berbagai sektor, seperti keuangan, kesehatan, teknik, jaringan pintar, hingga logistic (Bello et al., 2024). Sektor energi IoT telah merevolusi sistem manajemen dengan mengubah cara penggunaan, pengolahan, serta pengumpulan data secara menyeluruh. Meskipun demikian, tantangan masih ditemukan pada aspek penyimpanan energi jangka panjang untuk sistem *Internet of Things* (IoT) (Adila et al., 2018).

Penelitian terdahulu Roy (Roy, 2018) merancang alat pengendali peralatan listrik rumah tangga berbasis IoT menggunakan mikrokontroler Wemos ESP8266. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem memiliki waktu respons antara 10 hingga 20 detik dalam menyalakan atau mematikan peralatan listrik melalui aplikasi Android. Selanjutnya, Kedoh (Alvin R. Kedoh, Nursalim, 2019) mengembangkan sistem pengendali berbasis Android dengan memanfaatkan Arduino Uno sebagai pusat kendali. Sistem ini mampu mendeteksi kondisi lampu baik menyala, padam, maupun tidak terhubung serta dapat dioperasikan secara manual maupun otomatis menggunakan sensor cahaya dan timer agar lampu dapat menyala sesuai jadwal yang telah ditentukan.

Widiasari (Widiasari, I. R., Nugroho, L. E., & Widyawan, 2020) juga merancang sistem yang berfungsi untuk mengontrol dan memantau pemakaian daya listrik pada peralatan elektronik berdaya tinggi dengan menerapkan konsep IoT. Sistem tersebut menggunakan sensor arus ACS712 dan mikrokontroler Arduino Mega 2560 untuk mengolah data arus guna memperoleh nilai konsumsi daya listrik. Data hasil pengukuran kemudian dikirim ke database MySQL melalui modul Ethernet Shield dan ditampilkan pada aplikasi Android berbasis PHP sebagai antarmuka utama. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem bekerja dengan baik meskipun masih terdapat sedikit kesalahan pengukuran parameter. Sementara itu, Handarly (Handarly & Lianda, 2018) mengembangkan sistem pemantauan daya listrik berbasis IoT untuk memperoleh informasi terkait pengukuran energi listrik seperti daya semu (VA), tegangan (V), dan arus (A) secara real-time yang dapat diakses melalui jaringan internet. Sistem ini menggunakan Ethernet Shield sebagai penghubung ke internet dan platform Ubidots sebagai tampilan monitoring.

Berdasarkan hasil pengujian, sistem mampu menghasilkan 60 data per menit dengan tingkat akurasi di atas 90% dan persentase kesalahan antara 2,96% hingga 7,28%.

Penelitian ini merancang arsitektur sistem berbasis *Industrial Internet of Things* (IIoT) dengan dukungan komputasi tepi yang ditujukan untuk membantu sekolah di Indonesia memantau kondisi secara real-time dari jarak jauh. Sistem ini berfungsi untuk mengawasi penggunaan energi, sehingga dapat mengoptimalkan efisiensi energi dan mengurangi pemborosan listrik. Prototipe dikembangkan menggunakan mikrokontroler, unit penyimpanan data, serta modul pemrosesan cerdas. Dengan demikian, implementasi sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi energi, menurunkan biaya operasional, serta menciptakan lingkungan hunian yang lebih aman dan cerdas.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas dapat diidentifikasi masalah yang timbul sebagai berikut:

- 1) Bagaimana merancang sistem monitoring energi listrik secara real-time menggunakan sensor arus dan tegangan yang terintegrasi dengan mikrokontroler berbasis IoT?
- 2) Bagaimana mengembangkan kontrol pemutusan dan pengaktifan daya listrik secara jarak jauh melalui aplikasi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan energi?

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan khusus yang ingin dicapai dalam penelitian Tugas Akhir sebagai berikut:

- 1) Merancang sistem monitoring energi listrik berbasis *Internet of Things* (IoT) yang memanfaatkan sensor arus dan tegangan yang terintegrasi dengan mikrokontroler.
- 2) Mengembangkan mekanisme pengendalian beban listrik jarak jauh melalui aplikasi berbasis IoT yang memungkinkan pengguna memutuskan atau mengaktifkan aliran listrik.

D. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Sistem yang dikembangkan hanya mencakup dua fungsi utama, yaitu pemantauan konsumsi daya listrik secara real-time dan pengendalian perangkat listrik jarak jauh melalui aplikasi.
- 2) Prototipe sistem diuji dalam lingkungan laboratorium atau ruang simulasi, sehingga belum diterapkan pada skala bangunan besar.
- 3) Analisis penelitian difokuskan pada akurasi pemantauan, waktu respons sistem, dan efektivitas pengendalian daya listrik dalam menghemat energi.
- 4) Aplikasi pengendali yang dikembangkan berupa antarmuka sederhana berbasis web atau mobile untuk demonstrasi fungsi sistem, bukan aplikasi komersial penuh

E. Sistematika Penelitian

Penulisan Tugas Akhir terdiri dari lima bab sebagai Berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Memuat latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian batasan masalah, dan sistematika penulisan laporan TA.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Memuat kajian literatur deduktif dan induktif yang dapat membuktikan bahwa topik TA yang diangkat memenuhi syarat dan kriteria yang telah dijelaskan di atas.

BAB III METODE PENELITIAN

Memuat obyek penelitian, data yang digunakan dan tahapan yang telah dilakukan dalam penelitian secara ringkas dan jelas. Bagian ini didahului dengan Kerangka Berpikir. Selanjutnya dibuat bagan metode penelitian yang menjelaskan metode penelitian. Metode ini dapat meliputi metode pengumpulan data, proses pengolahan data, alat bantu analisis data, pembangunan model, desain dan prototyping model, dan lain-lain. Pada bagian ini, diwajibkan membuat Kerangka Berpikir seperti contoh terlampir.