

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Seiring dengan perkembangan teknologi dan peningkatan kebutuhan energi listrik, konsumsi daya pada bangunan seperti perkantoran, rumah tangga, dan fasilitas umum semakin meningkat. Konsumsi energi pada bangunan mewakili bagian signifikan dari penggunaan energi global, yaitu mencapai sekitar 30% dari total konsumsi energi akhir di seluruh dunia dan 26% dari emisi terkait energi global [1]. Seiring dengan urbanisasi dan perkembangan ekonomi yang terus mendorong pembangunan dan penggunaan bangunan, mengoptimalkan efisiensi energi menjadi sangat penting, tidak hanya untuk mengurangi biaya operasional tetapi juga untuk mengurangi dampak lingkungan, terutama emisi gas rumah kaca [2]. Pemakaian listrik yang tidak efisien dapat menyebabkan pemborosan energi, peningkatan biaya operasional, serta berpotensi mengakibatkan *over consumption* yang membahayakan sistem listrik suatu bangunan.

Sebagai bentuk tanggung jawab pemerintah dalam mendorong efisiensi energi, telah diterbitkan Peraturan Menteri ESDM No. 13 Tahun 2012 tentang Penghematan Energi di Gedung Pemerintah, yang menetapkan kewajiban bagi instansi pemerintah untuk melakukan penghematan energi minimal 10% per tahun. Peraturan ini mengatur langkah-langkah teknis penghematan, termasuk pengelolaan pemakaian listrik, pemantauan konsumsi energi, serta optimalisasi peralatan listrik dan pencahayaan. Dengan adanya regulasi ini, maka dibutuhkan sistem yang dapat membantu pemantauan energi secara otomatis, akurat, dan real-time guna mendukung pencapaian target efisiensi energi tersebut.

Di era digital saat ini, *Internet of Things* (IoT) menjadi salah satu solusi teknologi yang berkembang pesat dan dapat dimanfaatkan untuk mengoptimalkan pemantauan dan pengelolaan konsumsi energi listrik secara lebih efisien dan akurat. Alat *monitoring* merupakan perangkat yang digunakan untuk mengukur, merekam atau menyatukan berbagai parameter atau kondisi dalam sistem tertentu, termasuk dalam hal pemantauan penggunaan energi Listrik [3]. Dalam bidang *monitoring* penggunaan listrik, masih banyak sistem yang mengandalkan metode manual atau

teknologi yang tidak terintegrasi dengan baik. Penggunaan daya listrik saat ini hanya menggunakan alat ukur kWh meter untuk melihat daya yang didistribusikan oleh PLN (Perusahaan Listrik Negara) [4]. Penggunaan alat tersebut tidak dapat menunjukkan informasi secara rinci tentang berapa besar penggunaan daya listrik yang terpakai [4]. Hal ini menghambat upaya pengelolaan listrik yang lebih efisien, baik dari segi pemeliharaan, deteksi dini masalah, maupun penghematan biaya operasional.

Untuk mengatasi masalah tersebut, beberapa solusi telah diusulkan, seperti penggunaan *smart meters* yang terintegrasi dengan jaringan listrik pintar (*smart grid*) atau pengembangan perangkat *monitoring* berbasis *Internet of Things* (IoT) yang mampu memberikan informasi konsumsi energi secara *real-time*. Oleh karena itu, dikembangkan sebuah perangkat yang mampu memantau penggunaan daya listrik secara *real-time*, sehingga pemakaian listrik dapat dipantau secara berkala.

Sistem peringatan terhadap penggunaan listrik diperlukan untuk meminimalkan terjadinya *over consumption* pada sebuah bangunan, serta membuat pencegahan dan respons menjadi lebih efisien dan efektif. Salah satu teknologi yang dapat membantu manajemen risiko bencana adalah sistem peringatan dini, yaitu suatu sistem yang terintegrasi antara pemantauan bahaya, penilaian risiko bencana, komunikasi serta kesiapsiagaan bencana, yang memungkinkan individu, masyarakat serta pemerintah mengambil tindakan yang tepat, guna meminimalisir dampak bencana [5]. Sistem peringatan yang ada pada Kilo Watt Hour (KWH) meter sekarang hanya berupa perubahan indikator cahaya lampu dan bunyi alarm yang terbatas jangkauannya, sistem peringatan tersebut tidak cukup membantu pengguna. Hal tersebut dikarenakan KWH meter pada umumnya diletakan di luar bangunan, sehingga sistem peringatan tersebut tidak dapat didengar atau dilihat oleh pengguna, terlebih bila pengguna sedang berada jauh dari tempat KWH meter tersebut.

Beberapa penelitian terkait *monitoring* daya listrik, yaitu dari penelitian yang dilakukan oleh Siti Nurdiyanti yang berjudul “Sistem Monitoring Daya Listrik 3 Fasa Berbasis IoT (Internet of Things)” Dimana pada penelitian tersebut menggunakan sensor PZEM-004T R, S dan T yang berfungsi sebagai sebuah sensor

yang akan membaca nilai dari tegangan, arus, daya dan beban, menggunakan platform *Internet of Things* (IoT) Blynk dengan jaringan *wifi*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dari sebuah alat *monitoring* daya listrik 3 fasa berbasis IoT bekerja dengan baik dalam hal Pengukuran tegangan dan arus pada beban listrik yang ditampilkan pada alat dan juga pada aplikasi blynk [3]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Samsul Huda yang berjudul “Prototipe Monitoring Daya Listrik dan Pengendalian Perangkat Elektronik Skala Industri Berbasis IoT di CV. Wellracom Nusantara Surabaya” pada jurnal tersebut menggunakan sensor PM-3114 yang merupakan single-phase power meter, data akan ditampilkan pada dashboard website dan aplikasi pada LINE berupa notifikasi. Prototipe yang dibuat memiliki fitur diantaranya, mampu membaca dan menampilkan daya listrik secara *real-time*, mampu menyimpan log dan menampilkan riwayat data, mampu menampilkan notifikasi saat memenuhi kondisi tertentu ke pengguna, dan mampu mengontrol *on/off* perangkat elektronik. Sistem memiliki keakuratan pembacaan hasil ukur sebesar 98% [6]. Penelitian yang dilakukan oleh Siti Nurdiyanti terdapat kelemahan alat yang hanya dapat, mengirimkan data ke aplikasi blynk bisa dilakukan dengan jarak mencapai 30meter [3]. Pada penelitian yang dilakukan oleh Samsul Huda perlunya peningkatan dalam pengembangan UI, penambahan fitur prediksi biaya pengeluaran listrik serta akses pengguna, dan pembuatan panel untuk kemasan prototipe [6].

Berdasarkan referensi penelitian yang ada penulis akan mengembangkan sistem *monitoring* dan *alert* penggunaan listrik pada bangunan berbasis *internet of things* (IoT). Pada penelitian sebelumnya tidak ada sistem peringatan otomatis, dimana hanya memberikan notifikasi pada *mobile apps*. Pada penelitian kali ini penulis akan menambahkan sistem peringatan otomatis. Sistem peringatan otomatis pada alat yang akan dibuat dapat memutuskan arus listrik pada bangunan apabila telah melewati batas pemakaian listrik yang telah ditentukan. Dimana penulis akan membuat alat yang dapat memantau penggunaan listrik pada suatu bangunan, dan adanya sistem peringatan otomatis dimana apabila penggunaan listrik telah mencapai batas tertentu maka alat akan memberikan notifikasi berupa pesan singkat, serta akan mematikan seluruh aliran listrik pada suatu bangunan secara otomatis. Untuk dapat merealisasikan alat sistem *monitoring* dan *alert* penggunaan

listrik pada bangunan berbasis *Internet of Things* (IoT) maka penulis akan membuat alat ini. Alat sistem *monitoring* dan *alert* penggunaan listrik pada bangunan berbasis *Internet of Things* (IoT) membutuhkan komponen-komponen elektronik, yang mana komponen-komponen elektronik ini yaitu PZEM-004T yang berfungsi sebagai sensor tegangan, arus, penghitung daya, dan penghitung energi listrik, LCD, relay, dan ESP32. Komponen-komponen utama tersebut akan terbuatnya sebuah alat yang dapat memonitoring penggunaan energi listrik dengan mengolah arus dan tegangan yang masuk sehingga besar daya dan energi yang dikeluarkan akan terlihat, serta dapat dipantau pada sebuah *mobile apps* atau *dashboard*.

Dengan adanya sistem *monitoring* dan *alert* penggunaan listrik pada bangunan berbasis *Internet of Things* (IoT), diharapkan pengguna dapat memaksimalkan efisiensi penggunaan energi listrik di suatu bangunan, menekan biaya tagihan listrik, serta meningkatkan efisiensi energi secara keseluruhan., dan mencegah terjadinya kelebihan beban atau korsleting listrik yang bisa membahayakan keselamatan pengguna.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan dalam tugas akhir (TA) ini yaitu:

1. Bagaimana mengembangkan sistem *monitoring* penggunaan listrik yang efisien dengan memanfaatkan teknologi *Internet of Things* (IoT) sehingga dapat memantau konsumsi listrik secara *real-time*?
2. Bagaimana merancang sistem peringatan otomatis yang mampu memberikan peringatan kepada pengguna saat konsumsi listrik disebuah bangunan mencapai ambang batas tertentu?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini untuk:

1. Mengembangkan sistem *monitoring* penggunaan listrik yang mampu bekerja secara *real-time* dan memberikan data akurat berbasis *Internet of Things* (IoT)
2. Mengembangkan sistem peringatan otomatis yang stabil dan responsif.

1.4. Manfaat Hasil Penelitian

Manfaat penelitian:

1. Memberikan informasi secara *real-time* kepada pengguna kapanpun dan dimanapun dengan menggunakan koneksi internet.
2. Memberikan *profile* penggunaan listrik pada pengguna.
3. Memudahkan pengguna dalam mengambil keputusan dalam penggunaan listrik.
4. Membantu pengguna dalam pengontrolan beban berlebih pada bangunan.

1.5. Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki beberapa batasan yang harus diperhatikan:

1. Sistem ini hanya berfokus pada pemantauan penggunaan listrik tanpa memperhitungkan aspek distribusi listrik atau faktor eksternal lainnya.
2. Data yang dikumpulkan dan diolah adalah konsumsi listrik pada bangunan skala kecil hingga menengah (rumah atau kantor kecil) / *single* phasa, bukan untuk skala industri besar.
3. Pengujian sistem dilakukan pada lingkungan lokal dengan kondisi jaringan internet stabil, sehingga tidak mempertimbangkan masalah yang muncul akibat jaringan yang lemah atau terputus.
4. Parameter dalam penelitian ini terbatas pada tegangan dan arus.

1.6. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa pendekatan metodologis untuk memastikan bahwa sistem *monitoring* dan *alert* penggunaan listrik pada bangunan berbasis *Internet of Things* (IoT) dapat dirancang dan diuji secara sistematis. Adapun metode penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini meliputi:

1. Studi literatur

Penelitian diawali dengan melakukan studi literatur untuk memahami konsep dasar mengenai *monitoring* penggunaan listrik, teknologi sensor PZEM-004T, serta arsitektur *Internet of Things* (IoT). Referensi diambil dari jurnal ilmiah, buku, serta penelitian terdahulu terkait penggunaan

sensor listrik, pengiriman data melalui platform *Internet of Things*, serta sistem peringatan atau alert berbasis *Internet of Things*. Studi ini juga akan meninjau bagaimana sistem *alert* dapat diimplementasikan secara efisien.

2. Perancangan

Setelah studi literatur, dilakukan perancangan sistem *monitoring* penggunaan listrik. Sistem ini memanfaatkan sensor PZEM-004T untuk mengukur parameter listrik seperti tegangan, arus, daya, dan energi. Data dari sensor PZEM-004T akan dikirimkan ke platform *Internet of Things* menggunakan modul ES-P32. Di dalam sistem ini, pengguna dapat menentukan ambang batas konsumsi listrik yang diinginkan (misalnya, batas maksimum energi). Ketika konsumsi listrik mendekati atau mencapai ambang batas tersebut, sistem secara otomatis akan mengirimkan peringatan kepada pengguna melalui notifikasi, melalui *mobile apps*.

3. Debugging

Sebelum implementasi secara fisik, dilakukan debugging menggunakan perangkat lunak seperti Arduino IDE untuk menguji komunikasi antara sensor PZEM-004T, modul ES-P32, dan platform *Internet of Things*. Simulasi ini akan memastikan bahwa data yang dikirimkan oleh sensor dapat diterima dengan baik oleh platform *Internet of Things*, dan sistem peringatan bekerja dengan tepat ketika konsumsi listrik mencapai ambang batas yang telah ditentukan. Software simulasi seperti Antares akan digunakan untuk menampilkan data *real-time* dan menguji fungsionalitas peringatan.

4. Implementasi

Setelah simulasi berhasil, sistem akan diimplementasikan dalam bentuk perangkat keras nyata. Sensor PZEM-004T akan dihubungkan dengan ESP-32 untuk memantau penggunaan listrik dalam bangunan secara *real-time*. Sistem ini kemudian dihubungkan ke platform *Internet of Things*, dimana pengguna dapat memantau konsumsi listrik dan menerima peringatan saat konsumsi listrik mencapai ambang batas.

Seluruh sistem akan dipasang dan diuji dalam kondisi nyata untuk memastikan sistem berjalan dengan baik sesuai desain.

5. Pengujian Lapangan

Pengujian lapangan dilakukan dengan menerapkan sistem *monitoring* di sebuah bangunan atau ruangan untuk memantau penggunaan listrik secara *real-time*. Sistem ini akan diuji dengan berbagai kondisi penggunaan listrik, seperti beban puncak dan beban rendah, untuk memastikan peringatan yang diberikan sistem saat konsumsi listrik mencapai ambang batas dapat diterima dengan baik. Pengujian juga akan mencakup pengujian daya tahan sistem dalam berbagai kondisi operasional, seperti gangguan listrik atau jaringan.

6. Analisis Data Dan Evaluasi Sistem

Data yang dikumpulkan selama pengujian lapangan akan dianalisis untuk menilai akurasi pembacaan sensor dan performa sistem peringatan. Pengukuran listrik akan dibandingkan dengan alat ukur standar untuk memastikan akurasi sensor PZEM-004T. Evaluasi juga akan mencakup keandalan sistem dalam memberikan peringatan tepat waktu ketika konsumsi listrik mencapai ambang batas yang telah ditentukan. Selain itu, efektivitas sistem dalam meningkatkan kesadaran pengguna tentang penggunaan listrik dan potensi penghematan energi akan dianalisis.

1.7. Proyeksi Pengguna

Sistem *monitoring* dan *alert* penggunaan listrik berbasis *Internet of Things* ini diharapkan dapat digunakan dalam berbagai jenis bangunan, seperti:

1. **Rumah Tinggal:** Membantu penghuni rumah dalam memantau konsumsi listrik harian dan memberikan peringatan jika penggunaan listrik melebihi batas yang wajar.
2. **Perkantoran Kecil hingga Menengah:** Memudahkan manajemen energi listrik pada kantor untuk mengurangi biaya operasional melalui pemantauan konsumsi daya secara efektif.

3. **Bangunan Komersial:** Dapat digunakan di ruko atau pusat perbelanjaan untuk memantau konsumsi listrik secara *real-time*, membantu mengidentifikasi peralatan listrik yang boros energi.