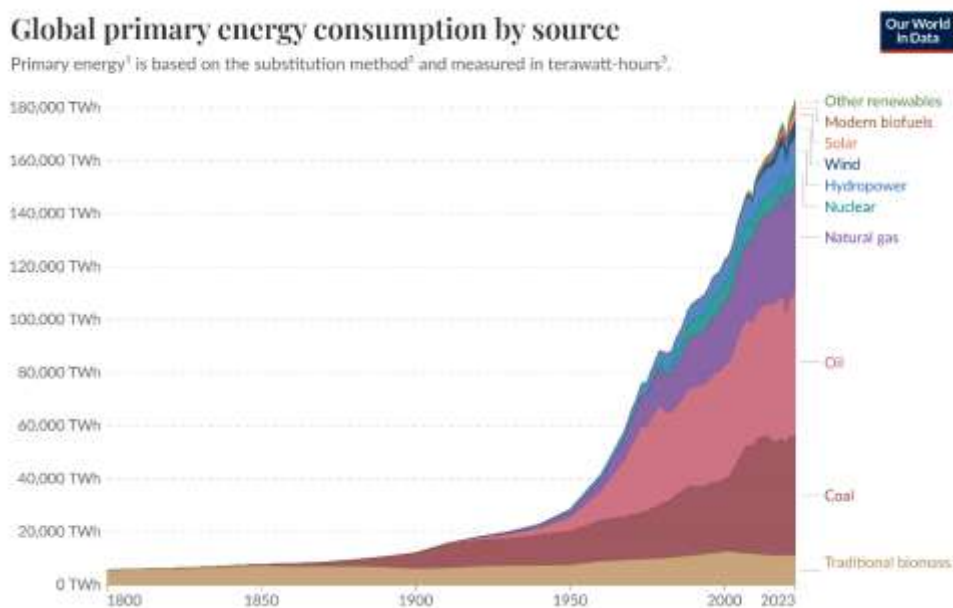


BAB I

PENDAHULUAN

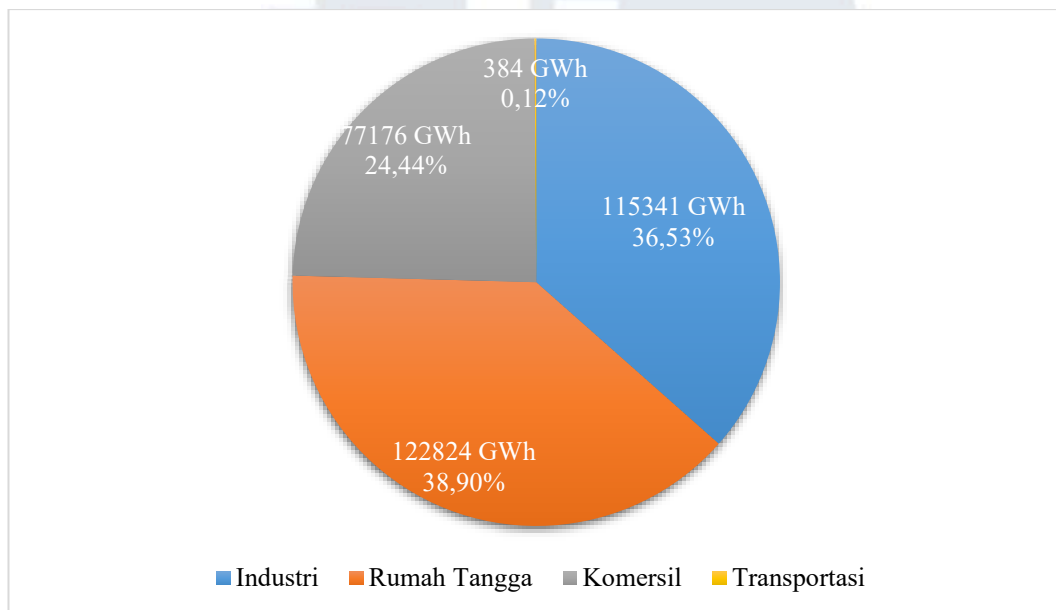
1.1 Latar Belakang

Kebutuhan energi listrik meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi dan industri. Berdasarkan laporan dari *International Energy Agency* (IEA), kebutuhan listrik global meningkat sebesar 4,3% dan emisi karbon dioksida (CO₂) dari pembangkit listrik meningkat 1% dari 13.680 Mt di 2023 menjadi 13.822 Mt di 2024 [1]. Energi listrik yang digunakan sebagian besar bersumber dari energi fosil yaitu batu bara, minyak, dan gas bumi [2]. Bahan bakar fosil masih menjadi sumber energi utama untuk menghasilkan listrik global seperti terlihat di Gambar 1.1 karena persediaannya masih cukup banyak [3]. Pembakaran bahan bakar fosil tidak hanya menghasilkan energi listrik, tapi juga menghasilkan emisi CO₂ [4]. Emisi CO₂ berdampak negatif pada lingkungan, seperti, meningkatkan suhu bumi, menghasilkan polusi udara, melelehkan es di kutub, meningkatkan air laut, dan mengubah iklim dunia.



Gambar 1.1 Konsumsi Energi Global berdasarkan Sumber Energi [2]

Di Indonesia terjadi kenaikan konsumsi energi listrik sebesar 7,78% dari 1.337 kW/per kapita di tahun 2023 menjadi 1.441 kWh/per kapita di tahun 2024 [5]. Salah satu sektor yang berkontribusi dalam penggunaan listrik adalah sektor rumah tangga. Berdasarkan gambar 1.2, sektor rumah tangga di Indonesia mengonsumsi 122.824 GWh energi listrik atau sekitar 38,9% dari total konsumsi energi listrik di Indonesia pada tahun 2023 [6]. Persentase ini menunjukkan bahwa sektor rumah tangga merupakan salah satu kontributor utama dalam penggunaan energi listrik di Indonesia. Energi listrik menjadi kebutuhan krusial bagi kehidupan sehari-hari manusia terutama saat berada di dalam ruangan. Peralatan elektronik yang digunakan untuk menunjang kehidupan manusia membutuhkan listrik untuk beroperasi. Perilaku pengguna dalam menggunakan peralatan listrik mempengaruhi jumlah energi listrik yang dikonsumsi.



Gambar 1.2 Konsumsi Energi Listrik 2023 di Indonesia berdasarkan Sektor [6]

Untuk mengurangi konsumsi energi diperlukan kesadaran dan komitmen dari penghuni untuk menggunakan energi secara efisien. Efisiensi energi mengurangi konsumsi energi dan biaya yang dikeluarkan untuk membeli energi [7]. Selain itu, efisiensi energi juga dapat mengurangi gas rumah kaca hingga 40% [7], [8]. Konsumsi energi yang lebih efisien dan berkelanjutan diperlukan pada bangunan tempat tinggal. Namun, optimasi energi pada bangunan sulit untuk dicapai karena

kurangnya kontrol total dan kompleksitas perilaku yang ditunjukkan oleh penghuninya [9]. Bangunan tempat tinggal umumnya masih menggunakan meteran analog untuk mencatat pemakaian listrik penghuni. Namun, meteran analog tidak dapat memberikan informasi mengenai konsumsi energi listrik secara *real-time* kepada pengguna. Hal ini menyulitkan pengguna untuk melakukan akuisisi data dan penghematan energi secara efektif. Akibatnya, pengguna cenderung menggunakan listrik secara bebas tanpa kontrol yang tepat dan hanya dapat memperkirakan banyaknya energi listrik yang dikonsumsi. Masalah ini dapat diatasi dengan menerapkan sistem akuisisi data konsumsi energi listrik secara *real-time* berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk memantau dan mengendalikan listrik secara lebih efisien.

Penelitian mengenai alat akuisisi data konsumsi listrik telah dilakukan oleh beberapa peneliti terdahulu. Penelitian yang dilakukan oleh Jokanan dkk membahas tentang rancang bangun alat akuisisi data daya listrik berbasis IoT yang menggunakan Firebase dan aplikasi Android untuk memantau penggunaan daya listrik dan biaya konsumsi listrik secara *real-time*. Pengumpulan data dan hasil pengukuran sensor menunjukkan tingkat akurasi yang cukup baik. Ketika pemakaian arus dan daya listrik melebihi batas yang diinginkan, maka akan ada notifikasi untuk mengingatkan pengguna [10]. Selanjutnya, studi yang dilakukan Pangestu dkk membahas pengembangan sistem akuisisi data beban listrik rumah tangga menggunakan NodeMCU ESP8266 untuk memantau konsumsi energi listrik secara *real-time*. Penelitian ini melibatkan pengujian beberapa alat listrik pada beban induktif dan resistif, seperti lampu LED dan setrika listrik, yang menunjukkan tingkat akurasi pembacaan arus dan daya antara 96% hingga 98%. Hasil pengujian menunjukkan bahwa alat akuisisi data ini efektif dalam memantau penggunaan daya listrik pada berbagai jenis beban [11].

Berdasarkan penelitian-penelitian yang sudah dilakukan oleh peneliti terdahulu, hampir semua penelitian menggunakan teknologi IoT. Mikrokendali dan sensor yang digunakan sangat bervariasi. Namun, sistem yang dibangun Jokanan dkk masih di peruntukan untuk satu alat elektronik. Selain itu, penelitian Pangestu

dkk hanya menampilkan data konsumsi energi listriknya saja. Maka, pada tugas akhir ini dirancang bangun Sistem Akuisisi Data Konsumsi Listrik berbasis IoT menggunakan PZEM-004T yang diperuntukkan untuk dua alat elektronik di mana data yang dihasilkan tidak hanya data konsumsi energi listrik, namun juga estimasi biaya konsumsi energi listrik dalam Rupiah.

Sistem akuisisi data ini menggunakan sensor PZEM-004T karena dapat melakukan pengukuran parameter listrik secara lengkap yaitu tegangan, arus, dan faktor daya tanpa memerlukan tambahan sensor lainnya [12]. Data dari sensor diolah menjadi daya aktif, daya reaktif, daya semu, konsumsi energi listrik, dan estimasi biaya oleh mikrokendali NodeMCU ESP8266 yang memiliki konektivitas langsung ke internet [13], sehingga data tersebut dapat dikirim secara *real-time* ke platform IoT. Sistem akuisisi data konsumsi energi memberikan angka pasti konsumsi energi dan estimasi biaya, sehingga masyarakat dapat mengetahui banyak energi listrik yang dikonsumsi dan dapat mengontrol besarnya energi listrik yang dikonsumsi. Implementasi sistem ini sejalan dengan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (*Sustainable Development Goals/SDGs*), khususnya tujuan ke-12 mengenai Produksi dan Konsumsi yang Bertanggung Jawab. Dengan adanya sistem akuisisi data konsumsi listrik diharapkan penghuni dapat lebih bertanggung jawab dalam menggunakan listrik karena telah mengetahui besaran energi yang digunakan.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang bangun sistem akuisisi data konsumsi listrik secara *real-time* menggunakan PZEM-004T?
2. Bagaimana melakukan pengukuran dengan sistem akuisisi data konsumsi listrik secara *real-time* menggunakan PZEM-004T?
3. Bagaimana analisis sistem akuisisi data konsumsi listrik secara *real-time* menggunakan PZEM-004T?

1.3 Tujuan Tugas Akhir

1. Merancang bangun sistem akuisisi data konsumsi listrik secara *real-time* menggunakan PZEM-004T
2. Melakukan pengukuran dengan sistem akuisisi data konsumsi listrik secara *real-time* menggunakan PZEM-004T
3. Menganalisis sistem akuisisi data konsumsi listrik secara *real-time* menggunakan PZEM-004T

1.4 Batasan Masalah

1. Perangkat yang digunakan adalah ESP8266 sebagai mikrokendali dan modul PZEM-004T sebagai sensor.
2. Perhitungan biaya konsumsi listrik dengan asumsi harga Rp1.440,70/kWh.
3. Pengujian dan *adjustment* sistem akuisisi data konsumsi listrik menggunakan empat peralatan elektronik, yaitu *charger earphone*, *charger ponsel*, kipas, dan pengering rambut.
4. Akuisisi data konsumsi listrik selama 1 jam menggunakan dua peralatan elektronik yaitu kipas dan *charger tablet*.
5. Pengujian sistem terbatas pada beban listrik yang digunakan di sektor rumah tangga.
6. Akuisisi data dilakukan secara *real-time* dan berbasis IoT menggunakan platform *ThingSpeak* dan Telegram Bot.

1.5 Manfaat Tugas Akhir

1. Dengan adanya sistem akuisisi data listrik, konsumsi listrik pada sektor rumah tangga dapat dipantau secara *real-time*, serta sehingga pengguna listrik dapat mengendalikan konsumsi listrik agar menjadi lebih efisien.
2. *Relay* dapat digunakan untuk mengontrol aliran listrik ke beban, sehingga ketika konsumsi listrik dan biaya sudah terlalu besar, *relay* dapat dikontrol melalui Telegram Bot dari jarak jauh.

3. Data konsumsi listrik selama satu hari dapat tersimpan di *ThingSpeak*, sehingga dapat menemukan pola konsumsi energi harian.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

BAB I Pendahuluan berisi latar belakang, rumusan masalah, tujuan, batasan masalah, manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II Landasan Teori berisi kajian teori penelitian-penelitian sebelumnya dan landasan teori dari parameter listrik, konsumsi listrik, mikrokendali NodeMCU ESP8266, sensor PZEM-004T, *relay*, *ThingSpeak*, Telegram Bot, serta akurasi dan error pengukuran.

BAB III Metode Perancangan dan Eksperimen menjelaskan tahapan-tahapan dalam proses perancangan dan pembuatan sistem. Bab ini mencakup metode perancangan, alat dan bahan yang digunakan, alur kerja sistem, pembuatan perangkat lunak dan perangkat keras, serta metode pengujian yang digunakan untuk memastikan sistem bekerja sesuai dengan yang diharapkan.

BAB IV Hasil dan Analisis menyajikan prototipe sistem, pengujian data, dan antarmuka sistem akuisisi data. Uji coba dilakukan mulai dari pengujian awal sistem sensor PZEM-004T, proses *adjustment* sensor, pengujian setelah *adjustment* untuk mengetahui peningkatan akurasi, serta pengujian waktu respons dari Telegram Bot.

BAB V Kesimpulan dan Saran berisi kesimpulan yang diambil dari hasil pengujian yang telah dilakukan. Selain itu, bab ini juga memuat saran yang dapat dijadikan acuan untuk pengembangan sistem lebih lanjut.