

Sistem Monitoring Energi Listrik Rumah Menggunakan IoT (*Internet Of Things*) Berbasis Web

¹Nikolaus Samanta, ²Agustian Noor, ^{3*}Oky Rahmanto

¹²³ Program Studi Teknologi Informasi Politeknik Negeri Tanah Laut, Indonesia

E-mail: ¹nikolaus.samanta@mhs.politala.ac.id, ²agustiannoor@politala.ac.id,

³oky.rahmanto@politala.ac.id

Penulis Korespondens : Oky Rahmanto

Abstrak—Penggunaan energi listrik merupakan aspek penting dalam kehidupan manusia karena memberikan efisiensi tinggi dalam berbagai aktivitas. Namun, penggunaan listrik yang tidak efisien dapat menyebabkan pemborosan, dengan konsumsi rumah tangga menjadi kontributor utama. Untuk mengatasi hal ini, diperlukan suatu sistem yang dapat membantu dalam manajemen listrik, serta mampu memantau dan mengendalikan perangkat rumah secara jarak jauh. Menanggapi kebutuhan tersebut, pengembangan Sistem Monitoring Energi Listrik Rumah Berbasis IoT (*Internet of Things*) Berbasis Web menjadi sangat penting. Kajian terhadap Sistem Monitoring Energi Listrik Rumah berbasis IoT ini terinspirasi dari penelitian sebelumnya, dengan prototipe yang mengintegrasikan pemantauan penggunaan listrik rumah tangga yang terhubung dengan internet serta menawarkan fitur analisis dan estimasi biaya. Penelitian ini menjawab tantangan dalam memantau dan mengendalikan penggunaan energi rumah tangga melalui pengembangan sistem monitoring energi listrik berbasis IoT berbasis web, yang diimplementasikan secara efektif untuk memantau dan mengendalikan perangkat yang terhubung, serta menyajikan data melalui antarmuka web yang intuitif. Fitur yang mudah digunakan seperti penjadwalan dan hitung mundur semakin meningkatkan manajemen energi, menunjukkan kemampuannya dalam manipulasi dan penyajian data, memastikan fungsionalitas dan skalabilitas sistem, serta menawarkan solusi energi yang disesuaikan dan mengoptimalkan penggunaan energi rumah tangga secara efisien.

Kata Kunci— Listrik, Monitoring, IoT, Web

Abstract— *The use of electrical energy is an important aspect in human life, providing high efficiency in various activities. However, inefficient use of electricity can result in waste, with household consumption being the main contributor. To overcome this, a system is needed that helps in electricity management, is able to monitor and control home devices remotely. In response to this need, developing a Home Electrical Energy Monitoring System using Web-Based IoT (Internet of Things) is very important. The study of an IoT-based Home Electrical Energy Monitoring System takes inspiration from previous research, with a prototype that integrates internet-connected household electricity usage monitoring and offers analysis and cost estimation features. This research addresses the challenge of monitoring and controlling household energy use through the development of a web-based IoT electrical energy monitoring system, implemented effectively to monitor and control connected devices, presenting data through an intuitive web interface. Easy-to-use features such as schedules and countdowns further enhance energy management, demonstrating its capabilities in data manipulation and presentation, ensuring system functionality and scalability, offering customized energy solutions, optimizing the efficient use of home energy*

Keywords— Electricity, Monitoring, IoT, Web

This is an open access article under the CC BY-SA License.



I. PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik merupakan sebuah aspek penting dalam kehidupan manusia yang sangat bermanfaat. Energi listrik memberikan efisiensi yang tinggi dalam menjalankan berbagai aktivitas. Namun, penggunaan energi listrik yang tidak bijaksana dapat mengakibatkan pemborosan. Salah satu faktor penyebab pemborosan energi listrik adalah kebiasaan membiarkan peralatan listrik tetap menyala meskipun tidak digunakan. Berdasarkan data statistik nasional, konsumsi listrik secara keseluruhan terbagi ke dalam beberapa sektor. Konsumsi listrik rumah tangga menyumbang sekitar 42,41% atau setara dengan 116.095,41 GWh, diikuti oleh sektor industri dengan konsumsi sebesar 32,32% atau sekitar 88.483,30 GWh. Sementara itu, sektor bisnis mengonsumsi sekitar 18,46% atau sekitar 50.532,19 GWh, dan sektor lainnya (sosial, gedung pemerintah dan penerangan jalan umum) menggunakan sekitar 6,81% atau sekitar 18.650,58 GWh dari total konsumsi listrik nasional[1]

Salah satu kelalaian yang sering terjadi dalam penggunaan listrik adalah meninggalkan peralatan menyala ketika tidak digunakan. Kelalaian ini berpotensi meningkatkan tagihan listrik yang harus dibayarkan. Jumlah lamanya pemakaian listrik merupakan faktor utama yang menentukan besarnya tagihan[1]. Sebagai manusia, kita tidak luput dari kelalaian dan kebiasaan lupa, termasuk dalam penggunaan energi listrik. Masalah ini sering kali sulit diatasi. Oleh karena itu, diperlukan sistem yang dapat membantu manusia dalam mengelola penggunaan energi listrik. Sistem tersebut memiliki kemampuan untuk melakukan pemantauan dan pengendalian peralatan listrik di rumah secara jarak jauh, tidak terbatas oleh waktu dan lokasi.

Dengan adanya sistem seperti itu, pengguna dapat mengawasi pemakaian listrik dan mengontrol peralatan rumah tangga dengan lebih efisien. Misalnya, kita dapat mematikan atau menghidupkan peralatan secara remote ketika sedang tidak digunakan, atau mengatur jadwal pengoperasian peralatan agar sesuai dengan kebutuhan. Hal ini dapat membantu mengurangi pemborosan energi listrik dan menghemat biaya tagihan listrik. Sistem manajemen energi listrik tersebut memberikan kemudahan dan kenyamanan bagi pengguna, sekaligus mendukung penggunaan listrik yang efisien dan berkelanjutan.

Berdasarkan konteks tersebut, diperlukan pengembangan dan pembangunan sebuah Sistem Monitoring Energi Listrik Rumah Menggunakan IoT(*Internet Of Things*) Berbasis Web. Dengan adanya sistem pemantauan energi listrik yang dapat diakses dari jarak jauh, pengguna dapat melihat informasi tentang konsumsi energi secara real-time tanpa perlu berada di tempat alat pemantauan. Selain itu, sistem kendali peralatan listrik yang dapat dioperasikan dari jarak jauh memungkinkan pengguna untuk mengendalikan peralatan listrik secara efisien, menghindari pemborosan energi, dan mengoptimalkan penggunaan energi listrik di rumah, bahkan ketika mereka tidak berada di rumah.

Untuk mendukung efektivitas sistem monitoring energi listrik rumah tangga, diperlukan dukungan dari berbagai teknologi sensor dan arsitektur jaringan yang andal. Sensor arus dan tegangan merupakan komponen utama dalam pengukuran konsumsi energi secara real-time yang dapat diterapkan dalam sistem monitoring berbasis IoT [6]. Selain itu, pengembangan sistem monitoring energi rumah juga mengarah pada pemanfaatan arsitektur *Internet of Things* yang terintegrasi dengan teknologi penyimpanan terdistribusi seperti *Inter Planetary File System*

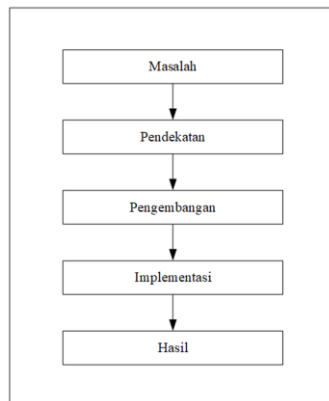
(IPFS), guna menjamin keamanan dan integritas data energi [7]. Dalam konteks manajemen energi yang lebih canggih, arsitektur *fog-based IoT* memungkinkan proses pengolahan data dilakukan lebih dekat dengan sumbernya, sehingga mempercepat respons dan meningkatkan efisiensi sistem [8]. Studi sistematis lainnya menegaskan bahwa pemanfaatan IoT dalam manajemen energi bangunan memberikan dampak signifikan terhadap efisiensi konsumsi energi dan pelestarian lingkungan, dengan implementasi yang mencakup sistem kendali otomatis, pengaturan waktu, dan respons adaptif terhadap pola konsumsi pengguna [9]. Lebih lanjut, *Smart Home Energy Management Systems* (SHEMS) berkembang tidak hanya dalam segi perangkat keras, tetapi juga dalam arsitektur sistem, protokol komunikasi, dan algoritma prediksi untuk mengoptimalkan penggunaan daya [10]. Bahkan, IoT dipandang sebagai solusi menjanjikan untuk mengatasi berbagai tantangan pengelolaan energi dalam bangunan pintar, termasuk dalam hal integrasi data lintas perangkat dan pemantauan beban secara dinamis [11].

II. METODE

2.1 Metode Penelitian

Metode dalam pelaksanaan Studi Literatur tentang Sistem Monitoring Energi Listrik Rumah Menggunakan IoT (*Internet Of Things*) Berbasis Web mengacu pada beberapa kajian penelitian sebelumnya. [2] telah membuat penelitian prototipe sistem monitoring penggunaan daya listrik peralatan rumah tangga yang terhubung dengan internet dan dapat diakses secara real-time melalui website. Prototipe ini menggunakan sensor arus tipe SCT-013 dan mikrokontroler NodeMCU ESP8266 untuk mengukur dan mengirimkan data penggunaan daya listrik ke database. Selain itu, prototipe ini juga dilengkapi dengan fitur analisis penggunaan dan estimasi tarif penggunaan konsumsi daya. Dalam pengujian, prototipe ini berhasil mengirimkan data setiap 1 menit (60 detik) dan memberikan hasil pengukuran yang lebih tepat. Selain itu [3] juga berhasil untuk membuat prototipe alat yang menggunakan Arduino Mega2560 dapat diaplikasikan untuk memonitoring biaya dan konsumsi daya listrik. Alat ini dapat memantau tegangan, arus, daya, daya reaktif, daya semu, faktor daya, frekuensi listrik, dan biaya pemakaian listrik dalam Rupiah. Perhitungan biaya listrik dilakukan dengan mengumpulkan data nilai pemakaian listrik dari sistem untuk diakumulasikan dalam bentuk tagihan rupiah yang sudah disesuaikan dengan tarif dasar listrik yang berlaku. [4] juga membuat Prototipe untuk monitoring dan kontrol konsumsi daya listrik menggunakan sensor arus ACS712, sensor tegangan ZMPT101B, serta mikrokontroler Arduino Uno dan NodeMCU V3, alat ini dapat mengirimkan data arus, tegangan, serta watt kedalam database dan kemudian dikonversi menjadi kwh dan biaya yang ditimbulkan dari pemakaian listrik berdasarkan tarif dasar listrik PLN. [5] dan [6] juga pernah melakukan penelitian serupa dengan sensor PZEM-004T yang dapat digunakan sebagai alat ukur yang akurat untuk memantau pemakaian energi listrik rumah tangga.

Pelaksanaan penelitian ini dilakukan dengan mengikuti alur sebagai berikut



Gambar 1. Alur Penelitian

A. Masalah

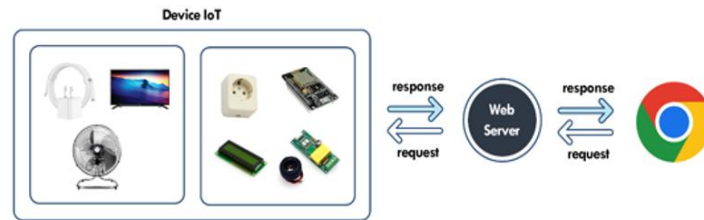
Pengguna menghadapi kesulitan dalam memantau, menganalisis, dan mengontrol penggunaan daya energi listrik dari peralatan rumah mereka. Hal ini disebabkan oleh kurangnya informasi yang cukup tentang peralatan mana yang mengonsumsi energi listrik secara signifikan, sehingga pengguna tidak dapat mengidentifikasi secara jelas sumber utama konsumsi energi. Selain itu, kurangnya kontrol yang efektif terhadap penggunaan energi juga menyebabkan pengguna kesulitan dalam mengelola dan mengoptimalkan penggunaan energi di rumah mereka.

B. Pendekatan

Untuk mengatasi masalah tersebut, solusinya adalah dengan mengembangkan sistem analisis dan monitoring energi listrik berbasis web yang memungkinkan pengguna untuk memantau, menganalisis, dan mengontrol penggunaan energi listrik dari peralatan rumah melalui antarmuka web yang mudah digunakan. Sistem ini menggunakan teknologi *Internet of Things* (IoT) untuk menghubungkan peralatan rumah dengan sistem monitoring.

C. Pengembangan

Pada tahap pengembangan, penelitian ini menggunakan metode *Unified Modeling Language* (UML) untuk merancang sistem ini. Diagram UML yang meliputi diagram *use case*, *activity*, *class*, *object*, dan *sequence* digunakan untuk menggambarkan fungsionalitas sistem secara detail. Selain itu, implementasi dilakukan menggunakan teknologi web dan bahasa pemrograman yang sesuai dengan kebutuhan proyek. Untuk Sistem Monitoring Energi Listrik Rumah Berbasis IoT dan Web ini merupakan sistem yang mengandalkan web server sebagai pusat kendali dan penghubung utama antara tiga komponen: perangkat IoT, *web server*, dan *web browser*. Perangkat IoT berfungsi sebagai pengirim sekaligus penerima data, dengan mekanisme komunikasi berbasis metode "*request*" dan "*response*" yang terhubung ke web server. *Web server* sendiri berperan sebagai pengendali utama, yang menerima permintaan dari web browser dan menyampaikan instruksi atau tanggapan kembali ke perangkat IoT. Sementara itu, *web browser* digunakan sebagai antarmuka bagi pengguna untuk memantau kondisi dan mengendalikan perangkat IoT melalui interaksi dengan *web server*.



Gambar 2. Sistem yang diusulkan

D. Implementasi

Setelah tahap pengembangan selesai, sistem ini diimplementasikan dengan mengintegrasikan perangkat IoT yang terhubung dengan peralatan rumah ke dalam antarmuka web yang dibuat. Hal ini memungkinkan pengguna untuk melihat dan memantau penggunaan energi listrik secara real-time, menganalisis pola konsumsi energi, dan mengontrol perangkat-perangkat rumah melalui antarmuka web yang telah disediakan.

E. Hasil

Dengan implementasi sistem analisis dan monitoring energi listrik berbasis web ini, pengguna dapat dengan mudah memantau, menganalisis, dan mengontrol penggunaan energi listrik dari peralatan rumah secara real-time. Sistem ini membantu pengguna dalam mengoptimalkan penggunaan energi, mengidentifikasi peralatan yang mengkonsumsi energi secara signifikan, serta memberikan kontrol yang lebih baik terhadap perangkat-perangkat rumah untuk menghemat energi.

2.2 Perancangan

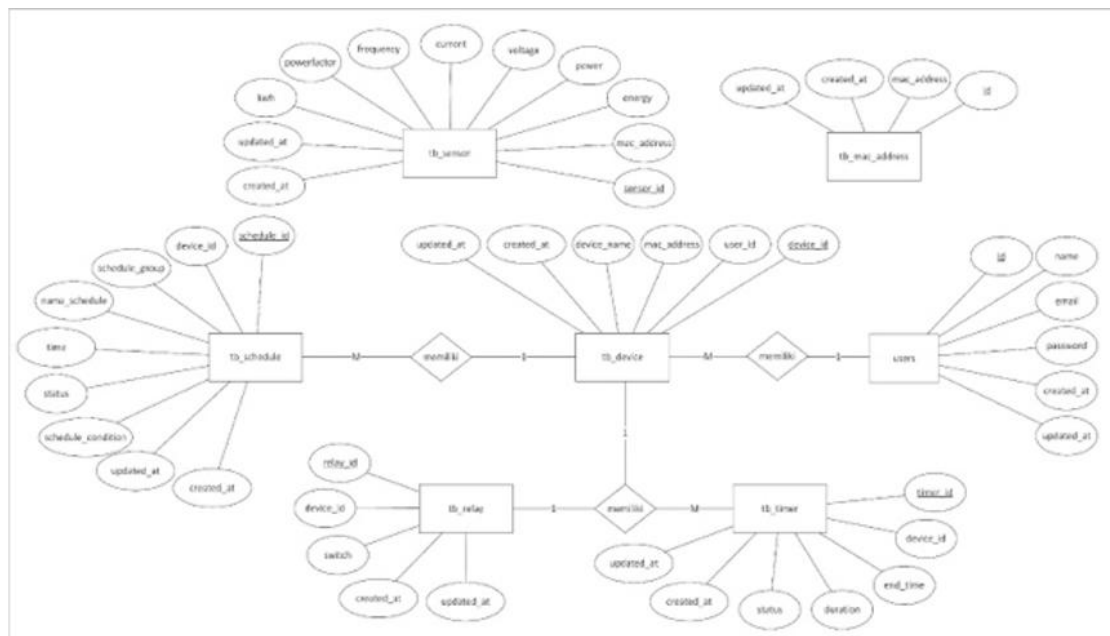
Perancangan dalam pengembangan sistem ini menggunakan ERD dan *Use Case* sebagai acuan dalam melakukan implementasi dari sistem



Gambar 3. Use Case Diagram Sistem Monitoring IoT

Diagram use case yang menggambarkan interaksi antara pengguna (*user*) dengan sistem dalam konteks aplikasi pengelolaan perangkat IoT. Aktor utama adalah *User* yang memiliki sejumlah fungsionalitas yang bisa dijalankan, antara lain mengelola perangkat (*device*), sensor, relay, jadwal (*schedule*), dan timer. Masing-masing pengelolaan mencakup aksi-aksi seperti menambah, mengubah, menghapus, dan melihat data yang terkait. Sebagai contoh, dalam *use case* “Kelola *Device*”, user dapat melakukan aksi “Menambah *Device*”, “Mengubah *Device*”, “Menghapus *Device*”, dan “Melihat *Device*”. Hal yang sama berlaku pada entitas lain seperti relay, *schedule*, dan timer.

Selain pengelolaan entitas, sistem juga memiliki fitur otentikasi (Auth) yang mencakup *Register*, *Login*, dan *Logout*. Use case “memeriksa status *login*” disertakan sebagai bagian penting dalam alur sistem untuk memastikan hanya user yang terverifikasi yang dapat mengakses fungsi lainnya. Relasi <<include>> menandakan bahwa suatu use case akan selalu menyertakan *use case* lain saat dijalankan, misalnya “Kelola Sensor” menyertakan “Melihat Sensor”. Diagram ini secara keseluruhan menggambarkan sistem yang kompleks namun terstruktur untuk mengatur data dan kontrol pada lingkungan berbasis IoT, dengan user sebagai pusat dari semua aktivitas pengelolaan.



Gambar 4. ERD

Entity Relationship Diagram (ERD) dari sistem IoT yang dirancang untuk memonitor dan mengendalikan perangkat listrik secara otomatis. Sistem ini melibatkan pengguna (*users*) yang dapat memiliki beberapa perangkat (*tb_device*). Setiap perangkat terhubung dengan berbagai modul seperti sensor (*tb_sensor*) untuk membaca data kelistrikan (tegangan, arus, daya, energi, dsb.), modul relay (*tb_relay*) untuk mengatur status ON/OFF perangkat, serta pengatur waktu (*tb_timer*) dan penjadwalan (*tb_schedule*) untuk otomatisasi operasional. Selain itu, tabel *tb_mac_address* menyimpan informasi MAC address yang kemungkinan digunakan sebagai validasi identitas perangkat yang terhubung.

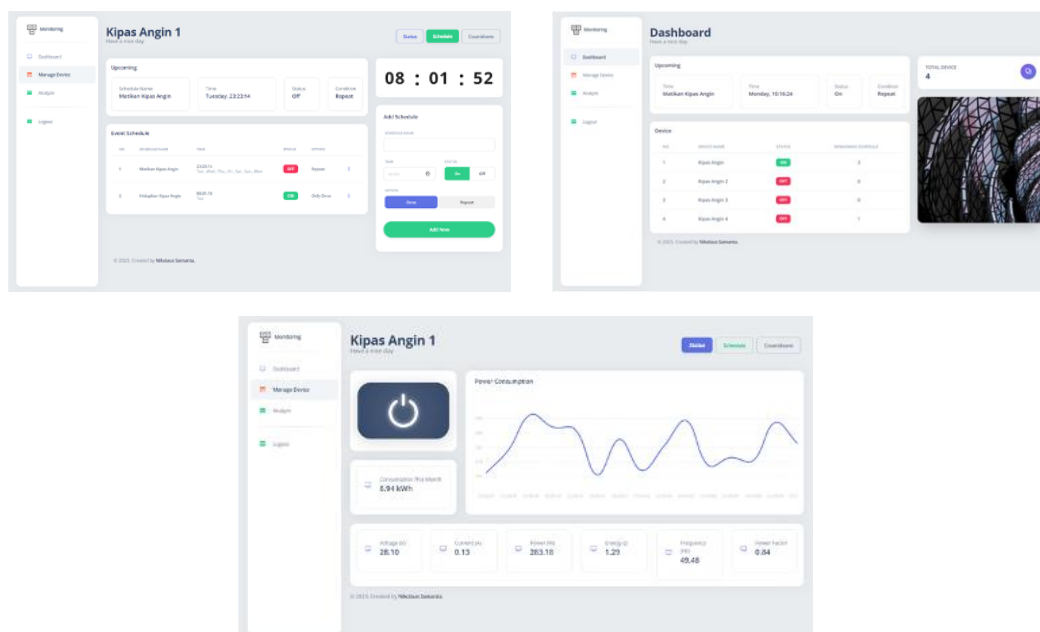
Struktur hubungan antar entitas menunjukkan bahwa satu pengguna dapat mengelola banyak perangkat, dan setiap perangkat dapat memiliki beberapa sensor, jadwal, relay, serta pengaturan timer. Atribut-atribut seperti *created_at* dan *updated_at* di sebagian besar tabel

mencerminkan jejak waktu perubahan data. Sistem ini cocok diterapkan dalam skenario smart home atau monitoring energi, karena mendukung kontrol perangkat berbasis waktu dan kondisi, serta pencatatan konsumsi listrik secara real-time. Pendekatan relasional ini memungkinkan fleksibilitas dalam pengelolaan data dan pengembangan fitur berbasis web atau aplikasi mobile.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sistem yang diusulkan pada Sistem Monitoring Energi Listrik Rumah Menggunakan IoT(*Internet Of Things*) Berbasis Web, yaitu sebuah sistem IoT yang menggunakan *web server* sebagai pusat kontrol dan koordinasi antara tiga komponen utama, yaitu *device IoT*, *web server*, dan *web browser*. *Device IoT* bertindak sebagai pengirim dan penerima data yang menggunakan metode "*response*" dan "*request*" untuk berkomunikasi dengan *web server*. *Web server* berfungsi sebagai pusat kontrol yang menerima permintaan (*request*) dari *device IoT* melalui *web browser*, kemudian memberikan respons (*response*) yang sesuai kepada *device IoT*. *Web browser* berperan sebagai antarmuka pengguna yang mengirimkan permintaan kepada *web server* dan menerima respons dari *web server* untuk memantau dan mengendalikan *device IoT*.

Sistem dapat menampilkan halaman dashboard sebagai monitoring dari pemakaian listrik. Implementasi antarmuka ini dirancang untuk memberikan user akses langsung ke data penting seperti informasi total *device* yang berarti total *device* yang sudah user tambahkan ke dalam sistem, *upcoming schedule* yang berarti memberitahukan salah satu jadwal yang kita tambahkan akan segera datang dan dieksekusi oleh sistem, kemudian yang terakhir adalah informasi *device* yang mana ini memberitahukan informasi *device* yang kita miliki seperti nama *device*, status apakah *device* dalam kondisi hidup atau mati, dan total *schedule* yang tersedia.



Gambar 3. Dashboard Monitoring dari sistem

A. Pengujian

Pengujian sistem dilakukan dengan metode *black box*. Pengujian ini merupakan pengujian yang digunakan untuk menguji fungsionalitas dari sebuah sistem tanpa menguji desain dan kode program. Pengujian bertujuan untuk mengetahui apakah fungsi-fungsi masukan dan keluaran dari perangkat lunak sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan.

Tabel 1. Skenario Pengujian

No	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Membuka tampilan <i>relay</i>	Melihat informasi data <i>relay</i>	Berhasil melihat informasi data <i>relay</i>	<i>Valid</i>
2	Tombol <i>on</i> diklik dan <i>relay</i> akan hidup	Proses berhasil dan sistem menampilkan <i>relay</i> dalam kondisi hidup	Data <i>relay</i> berhasil disimpan dan berubah	<i>Valid</i>
3	Tombol <i>off</i> diklik dan <i>relay</i> akan mati	Proses berhasil dan sistem menampilkan <i>relay</i> dalam kondisi mati	Data <i>relay</i> berhasil disimpan dan berubah	<i>Valid</i>

Tabel 2. Skenario Pengujian Halaman Status (*Relay*)

No	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Membuka tampilan <i>schedule</i>	Melihat informasi data <i>schedule</i>	Berhasil melihat informasi data <i>schedule</i>	<i>Valid</i>
2	Tombol hapus diklik dan data <i>schedule</i> telah terhapus	Data berhasil dihapus dan sistem menampilkan data berhasil dihapus	Data <i>schedule</i> berhasil dihapus	<i>Valid</i>
3	Ketika waktu <i>schedule</i> sudah dieksekusi dengan status <i>on</i> dan kondisi <i>once</i>	<i>Relay</i> akan hidup dan <i>schedule</i> akan dihapus	<i>Relay</i> hidup dan <i>schedule</i> berhasil dihapus	<i>Valid</i>
4	Ketika waktu <i>schedule</i> sudah dieksekusi dengan status <i>off</i> dan kondisi <i>once</i>	<i>Relay</i> akan mati dan <i>schedule</i> akan dihapus	<i>Relay</i> mati dan <i>schedule</i> berhasil dihapus	<i>Valid</i>
5	Ketika waktu <i>schedule</i> sudah dieksekusi dengan status <i>on</i> dan kondisi <i>repeat</i>	<i>Relay</i> akan hidup dan waktu <i>schedule</i> akan ditambah 1 minggu	<i>Relay</i> hidup dan waktu <i>schedule</i> ditambah 1 minggu	<i>Valid</i>
6	Ketika waktu <i>schedule</i> sudah dieksekusi dengan status <i>off</i> dan kondisi <i>repeat</i>	<i>Relay</i> akan mati dan waktu <i>schedule</i> akan ditambah 1 minggu	<i>Relay</i> mati dan waktu <i>schedule</i> ditambah 1 minggu	<i>Valid</i>

B. Pembahasan

Monitoring Energi Listrik Rumah menggunakan IoT Berbasis Web menyoroti kemampuan pengontrolan yang luas dengan mendukung penggunaan lebih dari satu NodeMCU. Dengan integrasi beberapa NodeMCU ke dalam sistem, pengguna dapat mengendalikan berbagai perangkat elektronik di rumah secara efisien melalui antarmuka web yang terpusat. Hal ini memberikan fleksibilitas dan skalabilitas tinggi dalam pengelolaan energi rumah tangga.

Selain itu, sistem ini memberikan kemampuan pengontrolan langsung terhadap perangkat elektronik yang dimiliki oleh pengguna, memungkinkan mereka untuk mengatur perangkat seperti lampu, AC, atau kipas angin dari jarak jauh melalui antarmuka web yang intuitif. Pengguna dapat mengontrol perangkat mereka dari mana saja dan kapan saja, meningkatkan kenyamanan dan efisiensi dalam penggunaan energi.

Fitur pembuatan jadwal dan countdown juga menjadi bagian integral dari sistem ini. Pengguna dapat menentukan jadwal penggunaan perangkat elektronik sesuai dengan kebutuhan dan preferensi mereka, serta mengatur countdown untuk mematikan perangkat secara otomatis setelah jangka waktu tertentu. Hal ini membantu dalam mengatur penggunaan energi rumah tangga secara fleksibel dan efisien, sesuai dengan rutinitas sehari-hari dan kebutuhan individu pengguna.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan mengenai Sistem Monitoring Energi Listrik Rumah Menggunakan IoT(*Internet Of Things*) Berbasis Web dapat disimpulkan bahwa sistem ini mampu mengontrol device yang terhubung dalam sistem dan menangkap data sensor yang dikirimkan oleh *device* dan melakukan analisa data sehingga mudah dimengerti dan berguna bagi user. Sistem Analisis Monitoring Energi Listrik Rumah Menggunakan IoT(*Internet Of Things*) Berbasis Web ini dirancang dengan menggunakan *Unified Model Language*. Pengguna dalam sistem hanya satu saja yaitu user yang dapat mengelola semua data yang ada di sistem. Sesuai dengan pengujian menggunakan metode blackbox yang digunakan, sistem ini dapat melakukan tambah data, hapus data, perbarui data, sampai dengan menampilkan data-data yang terdapat didalam sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] "Listrik untuk Kehidupan yang Lebih Baik," PT PLN (Persero). Diakses: 8 Mei 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://web.pln.co.id/en/stakeholders/sustainability-report>
- [2] D. H. Manik, R. Nandika, dan P. Gunoto, "PENERAPAN INTERNET OF THINGS (IOT) PADA SISTEM MONITORING PEMAKAIAN DAYA LISTRIK RUMAH TANGGA BERBASIS MIKROKONTROLER DAN WEBSITE," SIGMA Tek., vol. 4, no. 2, Art. no. 2, Nov 2021, doi: 10.33373/sigmateknika.v4i2.3618.
- [3] G. Herandy dan B. Suprianto, "MONITORING BIAYA DAN PENGUKURAN KONSUMSI DAYA LISTRIK BERBASIS ARDUINO MEGA2560 MENGGUNAKAN WEB," J. Tek. ELEKTRO, vol. 8, no. 3, Jul 2019, doi: 10.26740/jte.v8n3.p%p.
- [4] A. R. Suharso, A. Nugraha, dan D. O. D. Handayani, "SISTEM MONITOR DAN KONTROL KONSUMSI LISTRIK RUMAH TANGGA BERBASIS IOT DAN ANDROID," J. Rekayasa Teknol. Nusa Putra, vol. 7, no. 2, Art. no. 2, Feb 2021, doi: 10.52005/rekayasa.v7i2.51.
- [5] "SISTEM MONITORING PEMAKAIAN ENERGI LISTRIK RUMAH TANGGA BERBASIS WEB | Zaen | Jurnal Elektro Kontrol (ELKON)." Diakses: 8 Mei 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.umk.ac.id/index.php/elkon/article/view/6965>
- [6] M. Wahyudi dan J. Lianda, "Sensor Arus dan Sensor Tegangan Untuk Monitoring Energi Listrik," Semin. Nas. Ind. Dan Teknol., hlm. 61–66, Nov 2018.

- [7] A. Onay, G. Ertürk, C. Kıranlı, H. Ateş, dan Y. Isikdemir, “A Smart Home Energy Monitoring System Based on Internet of Things and Inter Planetary File System for Secure Data Sharing,” *J. Comput. Commun.*, vol. 11, hlm. 64–81, 2023, doi: 10.4236/jcc.2023.1110005.
- [8] M. Umair, M. A. Cheema, B. Afzal, dan G. Shah, “Energy management of smart homes over fog-based IoT architecture,” *Sustain. Comput.: Inform. Syst.*, vol. 39, p. 100898, Sep. 2023, doi: 10.1016/j.suscom.2023.100898.
- [9] G. de Oliveira Cavalcanti dan H. C. D. Pimenta, “Electric Energy Management in Buildings Based on the Internet of Things: A Systematic Review,” *Energies*, vol. 16, no. 15, p. 5753, Jul. 2023, doi: 10.3390/en16155753.
- [10] P. C. Siswipraptini, R. N. Aziza, R. R. A. Siregar, dan A. Ramadhan, “Smart Home Energy Management Systems: A Systematic Review of Architecture, Communication, and Algorithmic Trends,” *J. Syst. Manage. Sci.*, vol. 14, no. 11, pp. 129–146, 2024, doi: 10.33168/JSMS.2024.1108.
- [11] E. A. G. et al., “IoT—A Promising Solution to Energy Management in Smart Buildings,” *Build.*, vol. 14, no. 11, p. 3446, 2022, doi: 10.3390/buildings14113446.