

Pemanfaatan *Internet of Things* (IoT) untuk Pengendalian Beban Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) Berbasis *Website*

1st Aquila Anandya Putri
Telkom University
Fakultas Teknik Elektro
Bandung, Indonesia
aquilaanandya@student.telkomu
niversity.ac.id

2nd Jangkung Raharjo
Telkom University
Fakultas Teknik Elektro
Bandung, Indonesia
jangkungraharjo@telkomuniver
sity.ac.id

3rd Nachwan Mufti Adriansyah
Telkom University
Fakultas Teknik Elektro
Bandung, Indonesia
nachwanma@telkomuniversity.
ac.id

Abstrak — Peningkatan kebutuhan energi listrik telah mendorong pengembangan sumber energi terbarukan, seperti Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Namun, efisiensi pemanfaatan energi dari PLTS sering kali belum optimal karena kurangnya sistem kontrol yang efektif. Penelitian ini merancang sebuah *website* berbasis *Internet of Things* (IoT) untuk mengatur beban energi pada PLTS. Menggunakan teknologi mikrokontroler, sensor, dan relay, data energi dikumpulkan dan disinkronkan secara *real-time* ke dalam *database*, yang kemudian dapat diakses dan dikelola melalui *website*. Sistem ini memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengontrol beban listrik secara *real-time* melalui antarmuka *website*. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu mengendalikan beban lampu dengan waktu respon yang efisien, umumnya di bawah 3 detik. Secara keseluruhan, sistem ini berhasil meningkatkan efisiensi dan otomatisasi pengelolaan energi pada PLTS.

Kata kunci—Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS), *Internet of Things* (IoT), mikrokontroler, *real-time*, efisiensi energi.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan pembangkit listrik berbasis energi terbarukan telah mendorong inovasi dan peningkatan efisiensi, serta mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil yang semakin terbatas ketersediaannya [1]. Berdasarkan Pasal 1 Ayat 2 Permen ESDM Nomor 53 Tahun 2018, sumber energi terbarukan merupakan energi yang berasal dari sumber daya yang bisa diperbarui dan dikelola dengan baik, seperti panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran air, serta gerakan dan perbedaan suhu di lapisan laut [2].

Universitas Telkom mendukung inisiatif pemerintah dalam pengembangan energi terbarukan dengan berbagai inovasi yang dilakukan. Salah satu Pembangkit Listrik berbasis energi terbarukan di Universitas Telkom adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS). Namun, sistem pengendalian dan pemantauan pembangkit listrik tersebut belum terintegrasi, sehingga menurunkan efisiensi penggunaan daya. Pengendalian yang kurang efisien ini menjadi salah satu faktor utama yang mengakibatkan penurunan performa dan efisiensi pembangkit.

Pengendalian dan pemantauan beban pada sistem PLTS yang belum terotomatisasi dapat menyebabkan penurunan efisiensi operasional. Dalam rangka meningkatkan performa PLTS, diperlukan pengembangan

sistem kontrol yang mampu mengelola sumber daya listrik dan beban secara *real-time*. Teknologi *Internet of Things* (IoT) memberikan solusi inovatif dalam pengendalian otomatis berbasis *website*, sehingga memungkinkan pengawasan dan pengendalian beban secara jarak jauh.

Dalam penelitian ini, dirancang sebuah prototipe yang mengintegrasikan IoT untuk memantau dan mengendalikan beban listrik pada sistem PLTS secara otomatis melalui *website*. Sistem ini diharapkan mampu meningkatkan efisiensi penggunaan energi dan mengurangi potensi kesalahan akibat intervensi manual, sehingga mendukung pengembangan energi terbarukan yang lebih efisien dan berkelanjutan.

II. KAJIAN TEORI

A. *Internet of Things* (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan suatu konsep yang menjelaskan bahwa suatu objek memiliki kemampuan untuk mengirimkan data melalui jaringan tanpa memerlukan adanya interaksi manusia ke perangkat [3]. Konsep ini membuka peluang besar dalam menciptakan sistem yang lebih cerdas dan efisien. Mikrokontroler berperan sebagai pusat pemrosesan yang mengatur operasi perangkat, relay digunakan untuk mengendalikan aliran listrik dan mengaktifkan perangkat lainnya, sementara sensor bertugas mengumpulkan data dari lingkungan. Dengan menggabungkan komponen-komponen tersebut, IoT memungkinkan pengendalian dan analisis data secara *real-time*, yang mendukung otomatisasi serta peningkatan efisiensi.

B. *Database*

Database adalah wadah untuk menyimpan dan menyinkronkan data antara sistem, termasuk perangkat dan situs web secara *real-time*. Data yang disimpan dalam *database* dapat diatur, diakses, dan diperbarui dengan efisien, memungkinkan pertukaran informasi yang mulus dan konsisten antara perangkat keras dan situs web. Hal ini mendukung berbagai operasi yang membutuhkan data terbaru dan akurat. Dalam sistem IoT, misalnya, *database* memungkinkan data yang dikirim oleh sensor dan mikrokontroler disimpan langsung dan diakses oleh pengguna melalui antarmuka situs web. Integrasi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi operasional tetapi juga memastikan bahwa keputusan yang diambil selalu didasarkan pada informasi terkini.

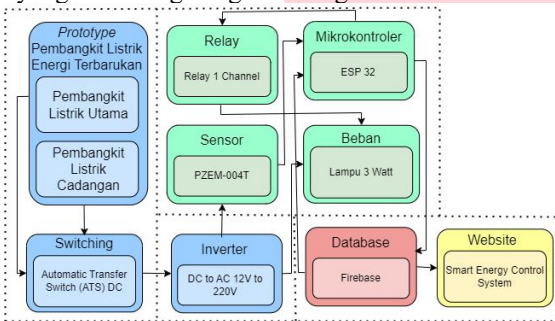
C. Website

Website adalah kumpulan halaman yang menyediakan informasi dan dihubungkan melalui *domain* atau URL. Halaman-halaman ini dapat memuat teks, gambar, audio, animasi, dan elemen lainnya. *Website* dapat dibangun dan diimplementasikan menggunakan berbagai teknologi pemrograman, seperti HTML untuk struktur halaman, CSS untuk tata letak dan gaya visual, serta JavaScript untuk interaktivitas dan fungsi dinamis. *Website* berfungsi sebagai platform yang tidak hanya menyajikan informasi kepada pengguna, tetapi juga memungkinkan interaksi dengan sistem yang terintegrasi. Melalui *website*, pengguna dapat mengakses layanan, berpartisipasi dalam aktivitas *online*, serta memperoleh data dan informasi secara *real-time*.

III. METODE

A. Desain Sistem

System yang terdiri dari panel surya, baterai, inverter, dan ATS yang terhubung dengan Perangkat IoT.



Gambar 1. Diagram Blok Solusi

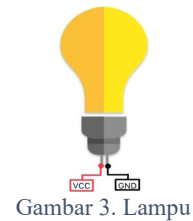
Gambar 1. menjelaskan bagaimana proses sistem pada proyek ini. Bagian IoT pada sistem ini melibatkan mikrokontroler ESP32 yang terhubung dengan sensor PZEM-004T untuk memantau parameter listrik, seperti tegangan dan daya, serta relay yang mengatur aliran listrik ke beban (lampu). Data yang dikumpulkan oleh sensor dikirim ke *Firebase* sebagai *database*, dan pengguna dapat memantau serta mengontrol sistem ini secara *real-time* melalui antarmuka *website*. Dengan demikian, IoT memungkinkan otomatisasi dan pengendalian jarak jauh untuk meningkatkan efisiensi pengelolaan energi.

B. Implementasi Sistem



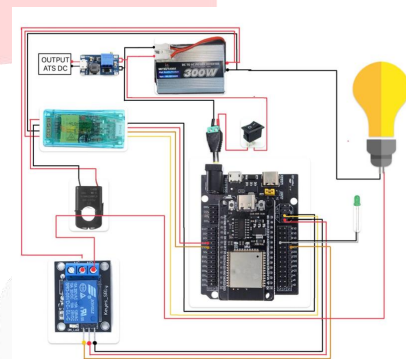
Gambar 2. Relay 1 Channel

Pada Gambar 2 proses *controlling* beban menggunakan relay yang berfungsi sebagai saklar sehingga memungkinkan mikrokontroler mengendalikan sirkuit berdaya tinggi. Relay 1 Channel akan dihubungkan dengan lampu, yang bertindak sebagai beban.



Gambar 3. Lampu

Pada Gambar 3 adalah lampu 3 Watt VAC yang digunakan sebagai beban. Dalam skenario ini, Keluaran ATS DC akan dihubungkan dengan inverter 12VDC to 220 VAC yang berfungsi untuk mengubah daya keluaran DC yang disimpan pada baterai aki menjadi daya AC. Daya AC ini kemudian digunakan oleh lampu sebagai beban dan sensor PZEM-004T sebagai sistem pemantauan arus, tegangan, daya dan frekuensi yang dihasilkan. Pada sistem beban, lampu akan dihubungkan dengan relay dan mikrokontroler, sehingga beban lampu dapat dihidupkan dan dimatikan berdasarkan dengan kebutuhan *user*.



Gambar 4. Implementasi Sistem

Pada Gambar 4 ESP32 berperan sebagai otak dari sistem yang mengatur pengaktifan beban. Sistem ini menggunakan komponen lampu 3 Watt VAC sebagai beban, yang akan dihubungkan dengan relay 1 channel, mikrokontroler ESP32 dan sensor PZEM-004T.

C. Pengujian Sistem

Sistem diuji untuk memastikan bahwa ESP32 dapat memproses data sensor dan mengendalikan beban melalui relay 1 channel dengan tepat waktu dan akurat. Pengujian dilakukan dengan beberapa skenario pengendalian beban secara jarak jauh melalui *website*, serta memantau respons waktu dan akurasi data yang disimpan di *Firebase*. Hasilnya akan mengukur efisiensi sistem dalam pengendalian beban secara *real-time* melalui IoT.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kontrol beban menggunakan ESP32 dan relay 1 channel bertujuan untuk memastikan bahwa sistem berfungsi dengan baik sesuai dengan perintah yang diberikan oleh user. Skenario pengujian mencakup operasi dasar, pengujian respon waktu, dan pengujian kendali jarak jauh melalui *WiFi*.

Tabel 5. 3 Hasil Pengujian Kontrol Beban

Percobaan ke-	Waktu Respon Relay (Detik)	
	Nyala	Mati
1	00.01,04	00.01,53
2	00.02,29	00.01,01
3	00.00,75	00.46,63
4	00.00,78	00.01,88
5	00.01,03	00.00,91
6	00.01,28	00.02,86
7	00.03,87	00.00,93
8	00.00,78	00.01,70
9	00.01,70	00.01,60
10	00.02,60	00.08,58
11	00.01,95	00.00,85
12	00.01,47	00.02,72
13	00.58,36	00.01,04
14	00.01,35	00.01,91
15	00.00,81	00.01,01
16	00.01,44	00.01,00
17	00.13,03	00.02,58
18	00.02,23	00.01,42
19	00.07,33	00.01,17
20	00.01,41	00.01,42

Dari tabel diatas, sebagian besar waktu respon relay berada dalam rentang waktu yang dapat diterima (di bawah 3 detik), hal ini menunjukkan bahwa ESP32 dan relay umumnya dapat menghidupkan dan mematikan beban lampu dengan cukup cepat. Namun ada beberapa *outlier* yang sangat tinggi, dalam respon relay untuk mengaktifkan beban berada di 58,36 detik, sedangkan dalam respon relay untuk mematikan beban berada di 46,63 detik, *outlier* ini menunjukkan adanya masalah potensial seperti latensi jaringan, gangguan dalam *database*, atau gangguan dalam sistem. Sehingga, hal tersebut berpengaruh pada nilai rata-rata yang didapatkan. Untuk waktu respon relay dalam keadaan beban menyala, didapatkan nilai rata-rata yaitu 5,273 detik. Sedangkan, untuk waktu respon relay dalam keadaan beban mati, didapatkan nilai rata-rata yaitu 4,187 detik. Jika mengabaikan nilai waktu *outlier*, maka rata-rata waktu respon relay yang didapatkan akan jauh lebih rendah. Optimisasi sistem dan jaringan dapat membantu untuk mengurangi kemungkinan terjadinya *outlier*.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan, sistem IoT yang dikembangkan untuk mengendalikan beban listrik pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) terbukti mampu berfungsi dengan baik. ESP32 sebagai mikrokontroler dan relay 1 channel berhasil mengontrol beban lampu 3 Watt dengan waktu respon yang umumnya berada di bawah 3 detik, menunjukkan efisiensi yang cukup tinggi. Namun, terdapat beberapa outlier yang menunjukkan waktu respon yang sangat tinggi, baik dalam menghidupkan maupun mematikan beban, yang kemungkinan disebabkan oleh faktor seperti latensi jaringan atau gangguan pada sistem. Meskipun demikian, secara keseluruhan, sistem ini mampu meningkatkan efisiensi pengelolaan energi melalui pengendalian otomatis berbasis IoT. Optimisasi lebih lanjut diperlukan untuk mengurangi anomali pada waktu respon dan meningkatkan kestabilan sistem secara keseluruhan.

VI. REFERENSI

- [1] Hartono, D., Hastuti, S. H., Saraswati, A., Halimatussadiyah, A., Mita, A. F., & Indriani, V. (2020). Investment in renewable energy-based plants and its impacts on the Indonesian economy. *Heliyon*, 6(e04120). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.04120>
- [2] Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Nomor 53 Tahun 2018 tentang Pemeriksaan Keselamatan Instalasi dan Peralatan pada Kegiatan Usaha Minyak dan Gas Bumi," Jakarta, 2018.
- [3] Alfian, D., Irawan, B., & Hasibuan, F. C. "Perancangan Aplikasi Website Berbasis IoT Untuk Pemantauan dan Kontrol Pada PLTA di Desa Tambolosu Kabupaten Konawe Provinsi Sulawesi Tenggara". *e-Proceeding of Engineering*, 10(1), 661-674. ISSN: 2355-9365. 2023