

Sistem Kontrol Energi Pintar Menggunakan IoT dan Automatic Transfer Switch untuk Optimalisasi PLTS

1st Oranda Aracelly Sambono
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

orandaaracelly@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Jangkung Raharjo
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

jangkungraharjo@telkomuniversity.ac.id

3rd Nachwan Mufti Adriansyah
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia

nachwanma@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini mengembangkan prototipe sistem kontrol energi pintar yang memanfaatkan teknologi Internet of Things (IoT) dan Automatic Transfer Switch (ATS) untuk mengelola pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di Universitas Telkom. Sistem ini menggunakan database Firebase untuk menyimpan data real-time dari sensor dan perangkat kontrol, memungkinkan analisis data untuk mengidentifikasi pola penggunaan energi dan mendeteksi masalah lebih awal. Pengujian sistem menunjukkan bahwa pengisian daya dari panel surya konsisten dengan waktu rata-rata 60 menit untuk mencapai tegangan akhir 13,4 Volt. ATS DC berfungsi dengan baik, melakukan switching otomatis dalam rata-rata 4,9 detik. Respons relay untuk kontrol beban menunjukkan performa memadai, dengan rata-rata waktu 5,273 detik untuk mengaktifkan dan 4,187 detik untuk mematikan beban. Website kontrol energi dinilai "Acceptable" dengan kinerja QoS yang baik dalam throughput, packet loss, delay, dan jitter. Hasil ini menunjukkan bahwa sistem kontrol energi pintar yang dikembangkan efektif untuk pengendalian dan pemantauan energi terbarukan, meskipun masih memerlukan beberapa perbaikan untuk meningkatkan keandalan dan kinerja sistem.

Kata kunci— Sistem control energi pintar, *internet of Things* (IoT), *Automatic Transfer Switch* (ATS).

I. PENDAHULUAN

Sistem kontrol energi pintar yang dikembangkan dalam penelitian ini menggunakan teknologi Internet of Things (IoT) dan Automatic Transfer Switch (ATS) untuk mengelola pembangkit listrik tenaga surya (PLTS). Database digunakan untuk menyimpan berbagai data penting seperti status pengisian daya baterai, waktu switching otomatis, respons relay untuk kontrol beban, serta data performa dari website kontrol energi.

Dengan menyimpan data ini dalam database, analisis data dapat dilakukan untuk mengidentifikasi pola penggunaan energi, mendeteksi masalah sejak dini, dan meningkatkan efisiensi operasional. Selain itu, integrasi database dengan sistem kontrol energi pintar memungkinkan monitoring dan kontrol real-time, memberikan informasi yang diperlukan bagi pengguna untuk mengelola sumber daya energi terbarukan dengan lebih efektif.

Penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan database dalam pengelolaan sistem energi terbarukan tidak hanya meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem, tetapi juga

menyediakan dasar yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut dan inovasi di masa depan.

II. KAJIAN TEORI

Database adalah kumpulan data yang terorganisir yang dapat diakses, dikelola, dan diperbarui secara efisien. Database memungkinkan penyimpanan informasi secara sistematis, sehingga memudahkan pengambilan dan analisis data untuk berbagai keperluan. Dalam konteks sistem kontrol energi pintar, database memainkan peran krusial dalam menyimpan data real-time dari sensor dan perangkat kontrol, serta memungkinkan pengolahan data untuk analisis dan pelaporan.

A. Penyimpanan Data Sensor

Data dari sensor yang mengukur tegangan, arus, daya, dan frekuensi disimpan dalam database secara real-time. Hal ini memungkinkan pemantauan kondisi sistem secara langsung dan memberikan informasi penting untuk analisis performa sistem.

B. Pengendalian Beban

Database menyimpan status perangkat yang dikendalikan (on/off) dan perintah kontrol lainnya. Informasi ini digunakan oleh sistem untuk mengaktifkan atau menonaktifkan beban berdasarkan kondisi yang telah ditentukan.

C. Komponen Sistem

1. Panel Surya: Mengkonversi energi matahari menjadi listrik.
2. Baterai: Menyimpan energi listrik untuk digunakan saat dibutuhkan.
3. Solar Charge Controller (SCC): Mengatur pengisian dan penggunaan daya dari baterai.
4. Inverter: Mengubah arus searah (DC) dari panel surya atau baterai menjadi arus bolak-balik (AC) yang digunakan oleh perangkat listrik.
5. Database dan Website: Menyimpan data monitoring dan memberikan antarmuka pengguna untuk kontrol dan pemantauan. Teknologi database yang digunakan dalam penelitian ini adalah Firebase, yang memungkinkan penyimpanan data secara real-time dan akses data yang cepat serta andal.

III. METODE PENELITIAN

A. Spesifikasi Teknik

Database yang digunakan mampu mengumpulkan dan menyimpan data yang dihasilkan oleh sistem mengenai monitoring dan controlling energi yang dihasilkan oleh baterai secara real-time[1]. Database ini harus fleksibel, mudah digunakan, dan berbasis cloud

B. Metode Pengukuran

Data yang diterima dari sensor di lapangan disinkronkan dengan Google Firebase. Website dan sistem kemudian menggunakan data ini untuk pemantauan dan pengendalian secara real-time. Pengujian dilakukan dengan mengakses laman Firebase dan menjalankan skrip pengujian menggunakan Visual Code Studio[2].

C. Prosedur Pengujian

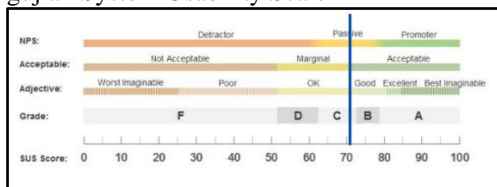
Langkah-langkah untuk menghubungkan ESP32 dengan sensor PZEM-004T dan pengujian database dilakukan sebagai berikut:

1. Sambungkan pin L dan N pada sensor PZEM-004T dengan bagian Output VCC dan GND pada inverter.
2. Sambungkan pin CT1 dan CT2 pada sensor PZEM-004T dengan bagian komponen Open CT.
3. Sambungkan pin 5V pada sensor PZEM-004T dengan pin 5V pada Baseboard ESP32.
4. Sambungkan pin RX pada sensor PZEM-004T dengan pin D17 pada Baseboard ESP32.
5. Sambungkan pin TX pada sensor PZEM-004T dengan pin D16 pada Baseboard ESP32.
6. Sambungkan pin GND pada sensor PZEM-004T dengan pin GND pada Baseboard ESP32.
7. Masuk ke laman Firebase untuk melihat database yang dihubungkan antara mikrokontroler, sensor, dan website.
8. Jalankan skrip pengujian menggunakan Visual Code Studio dan lakukan uji coba website.
9. Analisis hasil yang dikeluarkan oleh skrip pengujian untuk memastikan data yang disimpan sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap ini dilakukan pengujian untuk memastikan apakah pengimplementasian sistem control beban melalui website dapat berfungsi dengan baik. Terdapat tiga pengujian yang dilakukan yaitu pengujian System Usability Scale (SUS), pengujian Quality of Service (QoS), juga pengujian kontrol beban.

A. Pengujian System Usability Scale



GAMBAR 1
Hasil Pengujian SUS

Website Smart Energy Control System berada pada tingkat "Passive" dalam skala NPS, yang menunjukkan bahwa pengguna tidak terlalu antusias atau kecewa dengan

layanan tersebut. Dalam kategori "Acceptable," website ini dinilai "Acceptable," menunjukkan bahwa pengguna menganggap website ini cukup memadai untuk digunakan. Pada kategori "Adjective," website ini mendapatkan penilaian "Good," yang menunjukkan bahwa pengguna merasa website ini cukup baik. Dengan grade "C" pada kategori "Grade," ini menandakan bahwa meskipun website ini diterima dengan baik, masih ada ruang untuk perbaikan lebih lanjut untuk mencapai tingkat yang lebih tinggi

B. Pengujian QoS

TABEL 1
Pengujian QoS

No	Parameter	Nilai	Kategori	Indeks
1.	Throughput	1368.53 kbps	Sangat Bagus	4
2.	Packet Loss	0.45%	Bagus	3
3.	Delay	6.52 ms	Sangat Bagus	4
4.	Jitter	2.03 ms	Bagus	3

Pada tabel diatas menunjukkan bahwa hasil pengujian Quality of Service (QoS) pada website ini termasuk dalam kategori "Bagus" dan "Sangat Bagus". Nilai dari parameter QoS yang diperoleh menunjukkan bahwa website dapat membaca data dan menjalankan perintah kontrol dengan baik, hal ini mendukung proses pengendalian status beban secara realtime.

C. Pengujian Kontrol Beban

TABEL 1
Pengujian QoS

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

Sebagian besar waktu respon relay berada di bawah 3 detik, menunjukkan bahwa ESP32 dan relay dapat mengendalikan beban lampu dengan cepat. Namun, terdapat outlier yang sangat tinggi, seperti 58,36 detik untuk mengaktifkan beban dan 46,63 detik untuk mematikan beban, yang dapat disebabkan oleh latensi jaringan atau gangguan sistem. Rata-rata waktu respon relay adalah 5,273 detik saat beban menyala dan 4,187 detik saat beban mati. Mengabaikan outlier, waktu respon rata-rata jauh lebih rendah, dan optimisasi sistem serta jaringan dapat mengurangi terjadinya outlier.

V. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe sistem kontrol energi pintar yang memanfaatkan teknologi Automatic Transfer Switch (ATS) dan Internet of Things (IoT) untuk meningkatkan efisiensi dan kontrol pada sistem pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) di Universitas

Telkom. Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian, beberapa kesimpulan dapat diambil:

1. **Efisiensi Pengisian Daya:** Sistem pengisian daya dari panel surya menunjukkan performa yang konsisten, dengan waktu pengisian rata-rata sekitar 60 menit untuk mencapai tegangan akhir 13,4 Volt. Meskipun terdapat variasi dalam waktu pengisian, sistem ini efektif dalam mengisi baterai hingga mencapai tegangan target.
2. **Kinerja Automatic Transfer Switch (ATS):** ATS DC berfungsi dengan baik dalam melakukan switching otomatis antara sumber daya utama dan cadangan ketika tegangan baterai mencapai ambang batas 10,8 Volt. Rata-rata waktu switching sebesar 4,9 detik menunjukkan kinerja yang memadai, meskipun terdapat beberapa ketidak konsistenan dalam waktu switching yang perlu diatasi.
3. **Kontrol Beban dan Respons Relay:** Waktu respon relay untuk mengaktifkan dan mematikan beban menunjukkan kinerja yang umumnya memadai dengan rata-rata waktu respon 5,273 detik dan 4,187 detik, masing-masing. Beberapa nilai outlier menunjukkan adanya potensi masalah seperti latensi jaringan atau gangguan sistem yang mempengaruhi respons.
4. **Usability dan Quality of Service (QoS):** Website Smart Energy Control System dinilai sebagai "Acceptable" dengan penilaian "Good" dalam kategori Adjective. Pengujian QoS menunjukkan bahwa website memiliki kinerja yang baik dengan throughput tinggi, packet loss rendah, dan delay yang sangat baik. Ini mendukung

fungsionalitas sistem kontrol dan monitoring secara real-time.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan memberikan solusi yang efektif untuk pengendalian dan pemantauan sistem energi terbarukan, meskipun masih ada area yang memerlukan perbaikan lebih lanjut untuk meningkatkan kinerja dan keandalan sistem secara keseluruhan.

REFERENSI

- [1] Pratama, Dicky Bayu, Dian Budhi Santoso, dan Reni Rahmadewi. "Analisis Quality Of Service Dan Implementasi Sistem Monitoring Menggunakan Internet Of Things (IoT) Pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin." *Jurnal Polektro: Jurnal Power Elektronik*, Vol. 12, No. 1, 2023, pp. 17-27.
- [2] A. L. Syafrudin, S. Fitrianie, and J. K. Kim, "Implementation of a Real-Time Energy Monitoring and Control System Using IoT," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 34558-34567, 2019. doi: 10.1109/ACCESS.2019.2904740..