

Perancangan BAS Berbasis PLC Outseal dan Haiwell SCADA untuk Monitoring dan Kontrol Fasilitas Gedung

Belinda Ayuningtyas^{1*}, Rifal Meidyansah¹, Trisna¹, Fadhila Husna Az zahro¹, Sulistyo Widodo¹

¹Program Studi Teknik Elektro, Universitas Dian Nusantara, Jakarta
belinda.ayuningtyas@undira.ac.id

Abstrak—Building Automation System (BAS) merupakan teknologi yang mengintegrasikan fungsi monitoring dan kontrol fasilitas gedung dalam satu sistem terpusat. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan BAS berbasis PLC Outseal dan Haiwell SCADA untuk mengendalikan sistem pencahayaan, distribusi air otomatis, serta melakukan monitoring parameter energi listrik. Metode penelitian menggunakan Research and Development (R&D) yang meliputi analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian sistem. Komunikasi antara PLC dan SCADA menggunakan protokol Modbus RTU melalui jaringan RS-485. Pengujian koneksi dilakukan pada lima lokasi dengan dua variasi catu daya, yaitu 12 V dan 24 V, masing-masing sebanyak tiga kali percobaan. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kontrol pencahayaan dapat beroperasi melalui SCADA dan sistem distribusi air mampu mengaktifkan serta menghentikan pompa secara otomatis berdasarkan kondisi level air. Pada pengujian komunikasi, catu daya 12 V menghasilkan delay yang bervariasi antara 3–12 detik, sedangkan penggunaan catu daya 24 V menghasilkan delay yang konsisten sebesar 1 detik pada seluruh lokasi pengujian. Sistem juga mampu menampilkan parameter tegangan, arus, frekuensi, daya aktif, dan energi listrik secara real-time. Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi PLC Outseal dan Haiwell SCADA dapat digunakan sebagai sistem monitoring dan kontrol fasilitas gedung secara terpusat serta mendukung pengembangan sistem smart building.

Kata Kunci—Building Automation System, Monitoring Energi, PLC Outseal, SCADA Haiwell, Smart Building.

DOI: 10.22441/jte.2026.v17i3.004

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomasi telah mendorong implementasi Building Automation System (BAS) pada berbagai fasilitas gedung modern untuk meningkatkan keamanan dan kenyamanan operasional [1], [10]. BAS memungkinkan integrasi berbagai subsistem seperti pencahayaan, distribusi air, sistem keamanan, serta monitoring energi ke dalam satu platform pengendalian terpusat [12].

Programmable Logic Controller (PLC) merupakan salah satu perangkat yang paling banyak digunakan dalam sistem otomasi industri karena memiliki keandalan tinggi, kemudahan pemrograman, serta kemampuan bekerja secara real-time [2], [3]. PLC banyak diterapkan pada sistem kontrol bangunan untuk mengendalikan berbagai peralatan listrik secara otomatis [16].

Selain PLC, Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) berperan sebagai sistem monitoring dan pengawasan yang memungkinkan operator memantau kondisi sistem secara real-time serta melakukan pengendalian dari satu pusat kendali [4], [11]. Integrasi PLC dan SCADA menjadi salah satu solusi yang banyak diterapkan pada konsep smart building karena mampu meningkatkan efektivitas pengelolaan fasilitas gedung [1], [14]. Komunikasi data pada sistem otomasi modern umumnya menggunakan protokol Modbus RTU karena memiliki tingkat kompatibilitas yang tinggi, biaya implementasi rendah, serta mampu menghubungkan berbagai perangkat industri dalam satu jaringan komunikasi [5], [6].

Meskipun berbagai penelitian sebelumnya telah menerapkan PLC dan SCADA pada sistem otomasi dan monitoring, implementasinya umumnya difokuskan pada satu subsistem atau proses tertentu. Integrasi beberapa fungsi fasilitas gedung, seperti kontrol pencahayaan, distribusi air otomatis, dan monitoring parameter energi listrik dalam satu platform berbasis PLC dan SCADA masih perlu dikembangkan, khususnya dengan menggunakan perangkat PLC Outseal sebagai alternatif pengendali yang lebih sederhana untuk implementasi Building Automation System. Selain itu, kestabilan komunikasi antara PLC dan SCADA pada konfigurasi catu daya yang berbeda menjadi aspek penting yang perlu dievaluasi agar sistem dapat beroperasi secara andal. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada integrasi ketiga subsistem tersebut menggunakan PLC Outseal dan Haiwell SCADA serta mengevaluasi performa komunikasi sistem melalui pengujian pada beberapa kondisi catu daya.

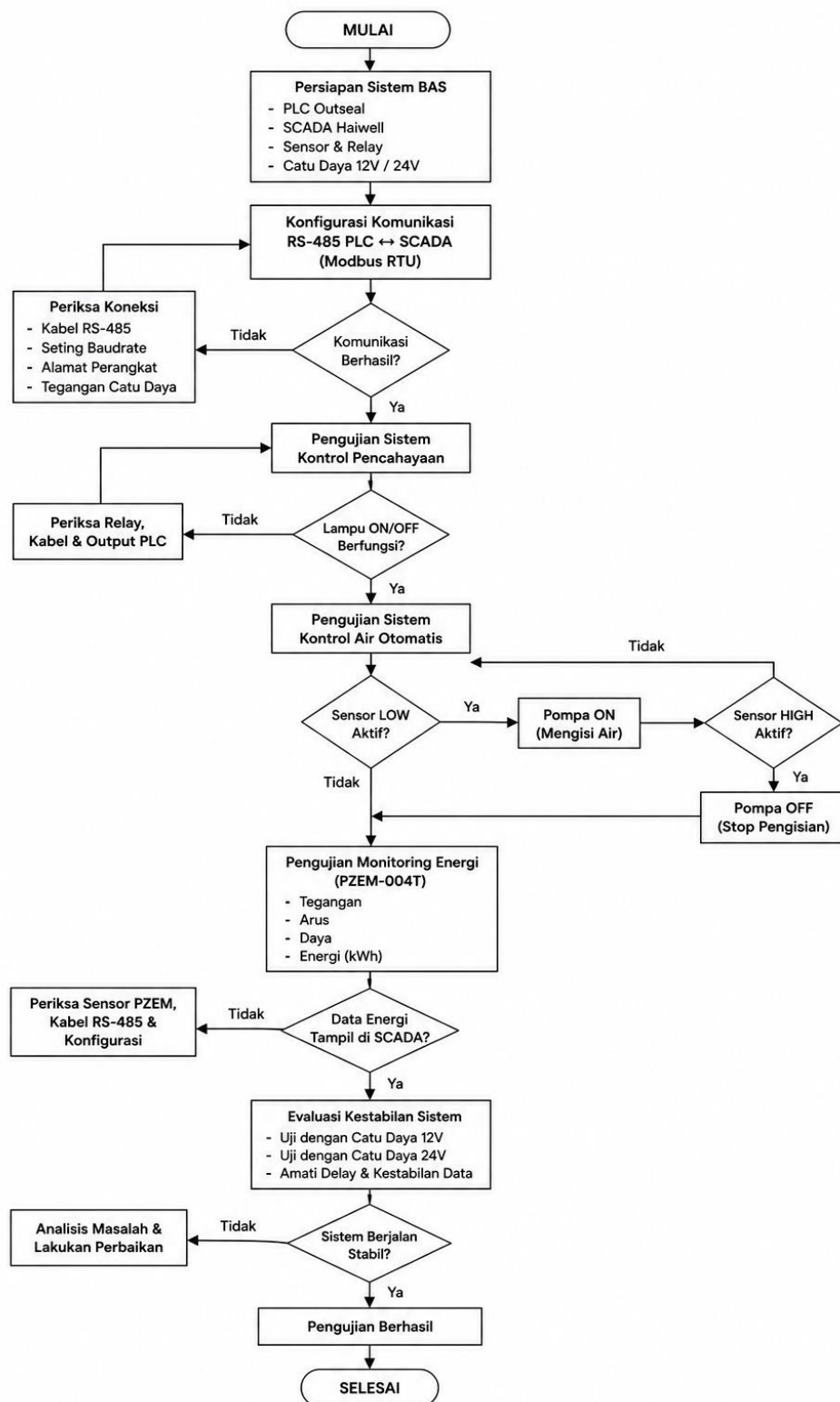
Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini merancang Building Automation System berbasis PLC Outseal dan Haiwell SCADA untuk mengendalikan sistem pencahayaan, distribusi air otomatis, serta monitoring energi listrik secara real-time. Sistem yang dikembangkan diharapkan mampu mendukung implementasi smart building yang efisien dan mudah dioperasikan [1], [10].

II. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Research and Development (R&D) yang meliputi tahap analisis kebutuhan, perancangan sistem, implementasi, serta pengujian performa sistem [1]. Sistem yang dirancang terdiri dari PLC Outseal Mega V3 sebagai pusat kendali, Haiwell SCADA sebagai sistem monitoring, sensor level air sebagai input sistem

distribusi air, relay sebagai aktuator, serta sensor energi untuk monitoring konsumsi daya listrik [7], [11]. Komunikasi antara PLC dan SCADA menggunakan protokol Modbus RTU

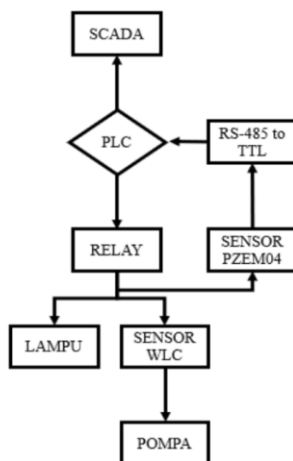
melalui jaringan RS-485 yang banyak digunakan pada sistem otomasi industri karena memiliki tingkat keandalan yang tinggi [5], [6].



Gambar 1. Diagram Alir Sistem Kerja Project.

A. Perancangan Sistem

Sistem yang dirancang merupakan bagian dari Building Automation System (BAS) berbasis Programmable Logic Controller (PLC) dan Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) yang berfungsi untuk melakukan pengendalian dan pemantauan peralatan listrik dan mekanikal secara terpusat. Sistem ini mengintegrasikan perangkat sensor, aktuator, dan antarmuka pemantauan guna mendukung operasi yang efisien, aman, dan terkontrol.

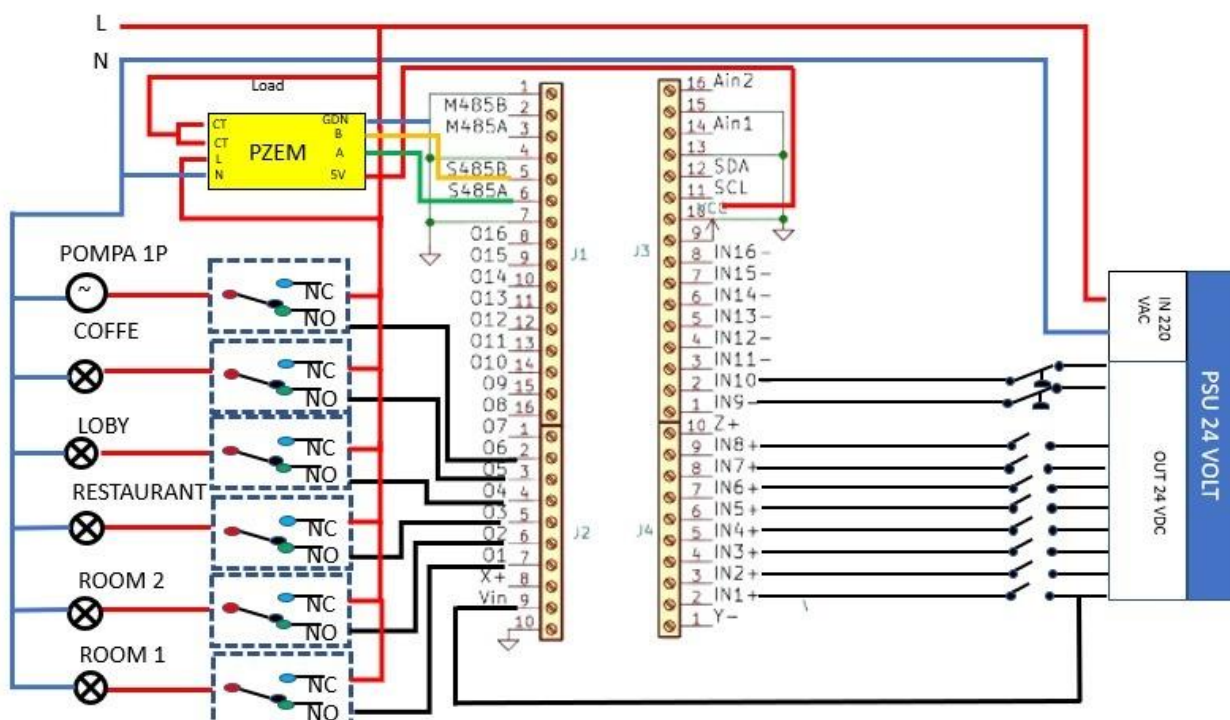


Gambar 2. Diagram Blok Sistem

Secara umum, sistem terdiri dari beberapa sub sistem utama yang saling terhubung dan bekerja secara terintegrasi. Sistem SCADA berperan sebagai sub sistem supervisi yang berfungsi untuk menampilkan data, memantau kondisi peralatan secara real-time, serta memberikan perintah kendali kepada PLC. PLC bertindak sebagai sub sistem kendali utama yang memproses data dari sensor, menjalankan logika kontrol, dan mengendalikan aktuator berdasarkan kondisi operasional yang telah ditentukan.

B. Perancangan Hardware

Perancangan perangkat keras pada sistem Building Automation System (BAS) dilakukan dengan mengintegrasikan PLC Outseal sebagai pengendali utama dengan perangkat input dan output yang digunakan pada setiap subsistem. Perangkat input memberikan informasi kondisi sistem kepada PLC, sedangkan perangkat output dikendalikan berdasarkan logika kontrol yang telah diprogram. Selain itu, PLC terhubung dengan sistem SCADA untuk mendukung proses monitoring dan pengendalian secara terpusat. Konfigurasi dan hubungan antarperangkat keras yang digunakan dalam sistem BAS ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Perancangan Hardware

Sistem ini dibuat untuk membantu mengatur dan mengawasi fasilitas di dalam gedung agar lebih mudah, otomatis, dan tidak perlu selalu dikontrol secara manual. Biasanya, hal seperti menyalakan lampu, menghidupkan pompa air, atau mengecek penggunaan listrik dilakukan satu per satu. Cara seperti itu kurang praktis dan bisa menyebabkan pemborosan atau kesalahan. Karena itu, dibuatlah sistem ini agar semuanya bisa dikontrol dalam satu tempat. Cara kerjanya cukup sederhana, Perangkat seperti pompa air, lampu, dan alat pengukur listrik akan memberikan informasi kondisi yang sedang terjadi. Misalnya, apakah air di tangki sudah penuh atau masih kurang, atau berapa banyak listrik yang sedang digunakan. Informasi tersebut kemudian masuk ke alat utama (PLC) yang berfungsi seperti “otak” dari sistem. Di sini, sistem akan menentukan apa yang harus dilakukan. Contohnya, jika air masih sedikit, maka pompa akan otomatis menyala. Jika air sudah penuh, pompa akan berhenti. Begitu juga dengan lampu yang bisa diatur sesuai kebutuhan. Setelah itu, semua informasi akan ditampilkan di komputer melalui tampilan SCADA. Dari sini, pengguna bisa melihat kondisi sistem secara langsung, seperti apakah pompa sedang menyala atau berapa penggunaan listrik saat itu. Tidak hanya melihat, pengguna juga bisa mengontrol perangkat dari komputer jika diperlukan.

Dengan sistem ini, semua pekerjaan menjadi lebih praktis karena bisa berjalan otomatis, tapi tetap bisa dikontrol jika dibutuhkan. Tujuan utamanya adalah supaya pengelolaan gedung menjadi lebih mudah, hemat energi, dan lebih rapi dalam pengawasannya.

PLC yang digunakan sebagai pengendali utama pada sistem BAS adalah Outseal PLC Mega V3 Standard. PLC berfungsi menerima sinyal dari perangkat input, menjalankan logika kontrol, mengendalikan aktuator, serta mendukung pertukaran data pada sistem. Spesifikasi utama PLC yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Outseal PLC Mega V3 Standard

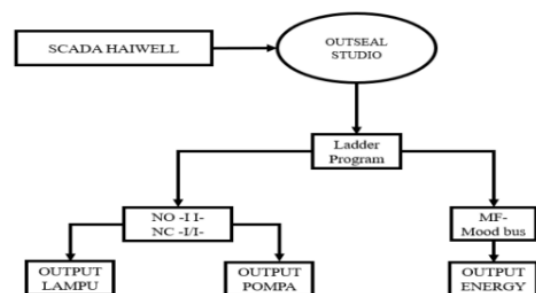
Parameter	Spesifikasi
Produk	Outseal PLC Mega V3 Standard
CPU / Mikrokontroler	ATmega128A
Tegangan catu daya	24 VDC
Digital Input	8 kanal
Tipe Digital Input	Sinking / Sourcing
Standar Digital Input	IEC 61131-2
Tegangan Digital Input	10–24 VDC
Digital Output	8 kanal
Tipe Digital Output	NPN Open Collector (Relay Driver)
Arus maksimum Digital Output	100 mA/channel
Analog Input	2 kanal
Rentang Analog Input	0–5 V / 0–20 mA
High Speed Counter (HSC)	±30 kHz
Pulse Width Modulation (PWM)	±10 kHz
Memori Flash	128 kB
Memori Nonvolatile	EEPROM, FRAM

Komunikasi	Serial/Modbus untuk integrasi perangkat*
Dimensi	87 × 150 mm
Suhu kerja	Hingga 80 °C

Berdasarkan Tabel 1, Outseal PLC Mega V3 Standard memiliki delapan kanal digital input dan delapan kanal digital output yang digunakan untuk menghubungkan sensor dan aktuator pada sistem BAS. PLC juga memiliki dua kanal analog input serta mendukung fungsi High Speed Counter (HSC) dan Pulse Width Modulation (PWM). Pada penelitian ini, PLC berfungsi sebagai pusat kendali yang memproses kondisi input dan menjalankan logika kontrol untuk sistem pencahayaan dan distribusi air, serta sebagai bagian dari sistem komunikasi dengan Haiwell SCADA.

C. Perancangan Software

Perancangan perangkat lunak pada sistem Building Automation System (BAS) dilakukan untuk mengintegrasikan fungsi monitoring dan kontrol dari setiap subsistem melalui antarmuka SCADA. Haiwell SCADA digunakan sebagai Human Machine Interface (HMI) yang memungkinkan operator memantau kondisi sistem secara real-time serta memberikan perintah kontrol kepada PLC. Alur perancangan perangkat lunak dan keterkaitan fungsi monitoring serta kontrol pada sistem yang dikembangkan ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Diagram Perancangan Software

Perancangan software pada sistem Building Automation System (BAS) ini dilakukan menggunakan aplikasi SCADA sebagai pusat navigasi monitoring dan kontrol seluruh subsistem gedung secara terpusat. Tampilan antarmuka atau Human Machine Interface ini dirancang agar operator dapat dengan mudah mengakses dan memantau kondisi sistem secara real-time. Pada menu utama SCADA terdapat beberapa subsistem utama, yaitu sistem pencahayaan, sistem distribusi air, dan sistem energi. Setiap menu terhubung dengan PLC sehingga proses monitoring dan pengendalian dapat dilakukan secara otomatis maupun manual.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Implementasi Sistem Kontrol Lighting

Pengujian sistem kontrol pencahayaan dilakukan untuk memastikan bahwa fungsi monitoring dan pengendalian lampu pada setiap area dapat berjalan sesuai dengan perancangan. Pengujian dilakukan dengan memberikan perintah ON/OFF melalui sistem kontrol dan mengamati respons lampu serta perubahan status pada antarmuka SCADA. Proses pengujian sistem kontrol pencahayaan yang telah diimplementasikan ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Percobaan Pengujian Sistem (Kontrol Lighting)

Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada Gambar 5, sistem kontrol pencahayaan dapat beroperasi sesuai dengan

perancangan. Perintah ON/OFF yang diberikan melalui sistem kontrol dapat diterima oleh PLC dan diteruskan ke relay untuk mengendalikan kondisi lampu pada area yang diuji. Perubahan kondisi lampu juga dapat dipantau melalui antarmuka SCADA sehingga operator dapat mengetahui status pencahayaan secara real-time.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa fungsi kontrol dan monitoring pencahayaan telah berhasil diimplementasikan pada sistem BAS. Integrasi antara PLC, relay, lampu, dan antarmuka SCADA memungkinkan proses pengendalian pencahayaan dilakukan secara terpusat. Selanjutnya, performa komunikasi antara PLC dan SCADA dievaluasi melalui pengujian waktu respons menggunakan variasi tegangan catu daya 12 V dan 24.

Berdasarkan tabel pengujian koneksi antara PLC dan SCADA, sistem telah berhasil berjalan dengan baik pada seluruh lokasi pengujian, yaitu Resto, Lobby, Coffee Shop, Room 1, dan Room 2. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali percobaan dengan menggunakan power supply sebesar 12 Volt dan switch manual dalam kondisi ON/OFF. Hasil monitoring pada SCADA menunjukkan seluruh sistem berfungsi dengan baik pada setiap percobaan.

Pada percobaan pertama diperoleh delay komunikasi selama 5 detik, percobaan kedua sebesar 3 detik, dan percobaan ketiga sebesar 12 detik. Perbedaan waktu delay tersebut menunjukkan adanya variasi respons komunikasi antara PLC dan SCADA, namun sistem tetap dapat menjalankan fungsi kontrol dan monitoring dengan normal. Meskipun terdapat kendala berupa tegangan output yang kurang stabil, keseluruhan sistem tetap mampu bekerja sesuai dengan perancangan dan koneksi antara PLC dan SCADA berhasil diimplementasikan dengan baik.

Tabel 2. Pengujian Koneksi Antara PLC dan SCADA dengan Sumber Tegangan 12 Volt

PENGUJIAN KONEKSI ANTARA PLC & SCADA							
NO	PENGUJIAN	POWER SUPPLY	LOKASI	SWITCH MANUAL	DELAY(s)	MONITOR SCADA	KET
1	perc. 1	12V	Resto	ON/OFF	5	Berfungsi	Tegangan output kurang
2	perc. 1	12V	lobby	ON/OFF	5	Berfungsi	Tegangan output kurang
3	perc. 1	12V	Coffee shop	ON/OFF	5	Berfungsi	Tegangan output kurang
4	perc. 1	12V	room 1	ON/OFF	5	Berfungsi	Tegangan output kurang
5	perc. 1	12V	room2	ON/OFF	5	Berfungsi	Tegangan output kurang
6	perc. 2	12V	Resto	ON/OFF	3	Berfungsi	Tegangan output kurang
7	perc. 2	12V	lobby	ON/OFF	3	Berfungsi	Tegangan output kurang

8	perc. 2	12V	Coffee shop	ON/OFF	3	Berfungsi	Tegangan output kurang
9	perc. 2	12V	room 1	ON/OFF	3	Berfungsi	Tegangan output kurang
10	perc. 2	12V	room2	ON/OFF	3	Berfungsi	Tegangan output kurang
11	perc. 3	12V	Resto	ON/OFF	12	Berfungsi	Tegangan output kurang
12	perc. 3	12V	lobby	ON/OFF	12	Berfungsi	Tegangan output kurang
13	perc. 3	12V	Coffee shop	ON/OFF	12	Berfungsi	Tegangan output kurang
14	perc. 3	12V	room 1	ON/OFF	12	Berfungsi	Tegangan output kurang
15	perc. 3	12V	room2	ON/OFF	12	Berfungsi	Tegangan output kurang

Berdasarkan tabel pengujian koneksi antara PLC dan SCADA, sistem telah berhasil berjalan dengan baik pada seluruh lokasi pengujian, yaitu Resto, Lobby, Coffee Shop, Room 1, dan Room 2. Pengujian dilakukan sebanyak tiga kali percobaan dengan menggunakan power supply sebesar 12 Volt dan switch manual dalam kondisi ON/OFF. Hasil monitoring pada SCADA menunjukkan seluruh sistem berfungsi dengan baik pada setiap percobaan.

Pada percobaan pertama diperoleh delay komunikasi selama 5 detik, percobaan kedua sebesar 3 detik, dan percobaan

ketiga sebesar 12 detik. Perbedaan waktu delay tersebut menunjukkan adanya variasi respons komunikasi antara PLC dan SCADA, namun sistem tetap dapat menjalankan fungsi kontrol dan monitoring dengan normal. Meskipun terdapat kendala berupa tegangan output yang kurang stabil, keseluruhan sistem tetap mampu bekerja sesuai dengan perancangan dan koneksi antara PLC dan SCADA berhasil diimplementasikan dengan baik.

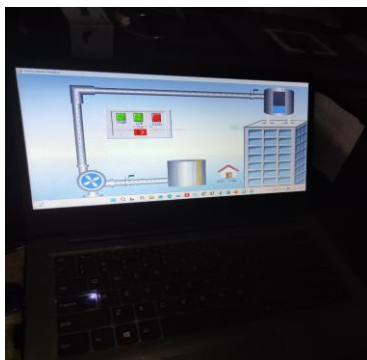
Tabel 3. Pengujian Koneksi Antara PLC dan SCADA dengan Sumber Tegangan 24 Volt

PENGUJIAN KONEKSI ANTARA PLC & SCADA							
NO	PENGUJIAN	POWER SUPPLY	LOKASI	SWITCH MANUAL	DELAY(s)	MONITOR SCADA	KET
1	perc. 4	24V	Resto	ON/OFF	1	Berfungsi	Normal
2	perc. 4	24V	lobby	ON/OFF	1	Berfungsi	Normal
3	perc. 4	24V	Coffee shop	ON/OFF	1	Berfungsi	Normal
4	perc. 4	24V	room 1	ON/OFF	1	Berfungsi	Normal
5	perc. 4	24V	room2	ON/OFF	1	Berfungsi	Normal
6	perc. 5	24V	Resto	ON/OFF	1	Berfungsi	Normal
7	perc. 5	24V	lobby	ON/OFF	1	Berfungsi	Normal
8	perc. 5	24V	Coffee shop	ON/OFF	1	Berfungsi	Normal
9	perc. 5	24V	room 1	ON/OFF	1	Berfungsi	Normal
10	perc. 5	24V	room2	ON/OFF	1	Berfungsi	Normal
11	perc. 6	24V	Resto	ON/OFF	1	Berfungsi	Normal

12	perc. 6	24V	lobby	ON/OFF	1	Berfungsi	Normal
13	perc. 6	24V	Coffee shop	ON/OFF	1	Berfungsi	Normal
14	perc. 6	24V	room 1	ON/OFF	1	Berfungsi	Normal
15	perc. 6	24V	room2	ON/OFF	1	Berfungsi	Normal

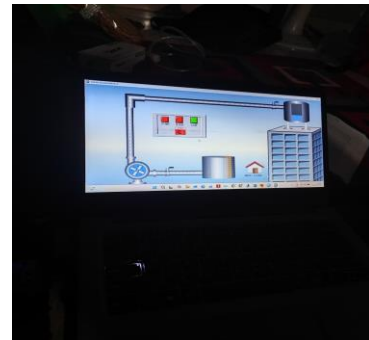
Berdasarkan hasil pengujian koneksi antara PLC dan SCADA menggunakan sumber tegangan 24 Volt, Sistem menunjukkan kinerja yang lebih optimal dibandingkan pengujian sebelumnya. Pengujian dilakukan pada beberapa lokasi, yaitu Resto, Lobby, Coffee Shop, room 1 dan room 2 sebanyak tiga kali percobaan. Hasil monitoring pada SCADA menunjukkan seluruh sistem berfungsi dengan baik dan komunikasi antara PLC dengan SCADA berjalan normal. Pada setiap percobaan diperoleh delay komunikasi sebesar 1 detik, sehingga menunjukkan proses pertukaran data berlangsung lebih cepat dan stabil. Selain itu, tidak ditemukan kendala pada tegangan output karena sistem bekerja dalam kondisi normal pada seluruh lokasi pengujian. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa penggunaan power supply 24 Volt mampu meningkatkan kestabilan sistem serta memperbaiki performa koneksi antara PLC dan SCADA sehingga sistem dapat beroperasi secara efektif dan optimal.

B. Hasil Implementasi Sistem Kontrol Air



Gambar 6. Sistem Kontrol Air Kondisi LOW dan Pompa Menyala

Pada gambar di atas sistem kontrol air dalam kondisi LOW, indikator LOW pada tampilan SCADA akan menyala yang menandakan bahwa level air pada tangki berada pada batas minimum atau hampir habis. Pada kondisi ini, pompa akan aktif secara otomatis untuk melakukan proses pengisian air ke dalam tangki penampungan. Pompa akan terus bekerja hingga level air mencapai kondisi HIGH atau batas maksimum. Sistem ini memungkinkan proses pengisian air berjalan secara otomatis dan terpantau secara real-time melalui SCADA, sehingga distribusi air menjadi lebih efektif, efisien, dan dapat mencegah kekurangan air pada tangki.

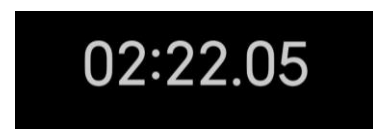


Gambar 7. Sistem Kontrol Air kondisi HIGH dan Pompa Mati

Pada gambar di atas, sistem kontrol air berada pada kondisi HIGH yang ditunjukkan dengan indikator HIGH berwarna hijau menyala pada tampilan SCADA. Kondisi ini menandakan bahwa level air pada tangki telah mencapai batas maksimum atau dalam keadaan penuh. Saat kondisi HIGH terdeteksi, sistem secara otomatis menghentikan kerja pompa untuk mencegah terjadinya luapan air pada tangki penampungan. Selain itu, operator dapat memantau kondisi level air secara real-time melalui antarmuka SCADA sehingga proses pengontrolan distribusi air menjadi lebih aman, efisien, dan terkontrol dengan baik.



Gambar 8a. Proses Pengisian Tangki Air

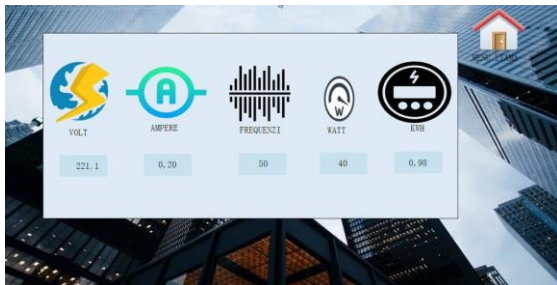


Gambar 8b. Proses Pengisian Tangki Air

Gambar diatas merupakan pengujian pengisian tangki air secara otomatis, yang dimana sensor membaca ketika dalam keadaan LOW maka sistem akan bekerja secara otomatis dan pompa menyala untuk pengisian tangki tersebut, dan pada pengujian tersebut telah dilakukan perhitungan pada saat tangki kosong sampai penuh atau dari perhitungan 0(kosong)-

100(full) dalam box berukuran panjang 43cm, lebar 30cm dan tinggi 26,5cm dan juga pompa dengan daya 15W dan tegangan 24V terhitung hasil akhir pengisian yaitu 2 menit 22 detik, Hal ini dikarenakan kapasitas debit air pompa yang digunakan mampu mengalirkan air secara stabil sehingga proses pengisian dapat berlangsung dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan sistem otomatis yang dirancang.

C. Hasil Implementasi Sistem Monitoring Energi



Gambar 9. Tampilan Sistem Monitoring Energi Pada SCADA

Sistem monitoring energi merupakan salah satu subsistem pada Building Automation System (BAS) yang berfungsi untuk memantau parameter kelistrikan secara real-time melalui antarmuka Haiwell SCADA. Pada sistem ini, PLC Outseal menerima data pengukuran dari sensor energi, kemudian mengirimkannya menggunakan komunikasi Modbus RTU sehingga seluruh parameter listrik dapat ditampilkan pada komputer operator secara terpusat. Parameter yang dimonitor meliputi tegangan (Volt), arus (Ampere), frekuensi (Hz), daya aktif (Watt), dan energi listrik (kWh). Dengan adanya monitoring ini, operator dapat mengetahui kondisi konsumsi energi tanpa melakukan pengukuran langsung di panel listrik sehingga proses pengawasan menjadi lebih mudah dan efisien.

Tabel 4. Pengujian Sistem Monitoring Energi

Pengujian Sistem Monitoring Energi						
Waktu Pengujian	Tegangan (V)	Arus (A)	Frekuensi (Hz)	Daya (W)	Energi (kWh)	Status Pembacaan
14:00 WIB	221.1	0.09	50	19	0.48	Normal
16:00 WIB	221.1	0.11	50	15	0.5	Normal
19:00 WIB	221.1	0.2	50	40	0.98	Normal

Pada pengujian sistem, monitoring dilakukan selama 8 jam dengan beberapa kali pencatatan data sebagai representasi perubahan beban listrik selama periode pengamatan. Berdasarkan hasil pengujian, nilai tegangan relatif stabil pada 221,1 Volt, sedangkan frekuensi tetap berada pada 50 Hz pada setiap pengambilan data. Hal ini menunjukkan bahwa sumber

listrik yang digunakan memiliki kualitas yang baik dan sistem monitoring mampu membaca parameter tersebut secara konsisten.

Nilai arus mengalami perubahan dari 0,09 A, meningkat menjadi 0,11 A, dan mencapai 0,20 A pada akhir pengujian. Peningkatan arus tersebut diikuti oleh kenaikan daya aktif yang berubah dari 19 Watt, turun sementara menjadi 15 Watt, kemudian meningkat hingga 40 Watt. Perubahan ini menunjukkan adanya variasi beban listrik yang bekerja selama proses pengujian, di mana semakin besar beban yang aktif maka arus dan daya yang terbaca juga semakin meningkat.

Selain itu, nilai energi listrik (kWh) yang merupakan akumulasi penggunaan energi juga mengalami peningkatan dari 0,48 kWh, menjadi 0,50 kWh, hingga mencapai 0,98 kWh pada akhir periode pengujian. Nilai ini menunjukkan bahwa sistem tidak hanya mampu menampilkan kondisi listrik sesaat (real-time), tetapi juga dapat menghitung total energi yang telah digunakan selama waktu operasi.

Pada tampilan SCADA, seluruh parameter ditampilkan dalam bentuk Human Machine Interface (HMI) sehingga operator dapat memantau kondisi listrik secara visual dengan mudah. Setiap parameter memiliki indikator tersendiri yang diperbarui secara otomatis sesuai data yang diterima dari PLC. Status pembacaan selama pengujian menunjukkan kondisi Normal, yang menandakan komunikasi antara sensor energi, PLC Outseal, dan Haiwell SCADA berjalan dengan baik tanpa adanya gangguan pembacaan data.

Secara keseluruhan, hasil pengujian selama 8 jam menunjukkan bahwa sistem monitoring energi pada BAS berhasil bekerja sesuai dengan perancangan. Sistem mampu melakukan akuisisi data, mengirimkan informasi secara real-time, serta menampilkan parameter kelistrikan dengan stabil. Fitur monitoring ini mendukung pengelolaan energi pada gedung karena memungkinkan operator mengetahui kondisi konsumsi listrik, mendeteksi perubahan beban, serta menjadi dasar dari implementasi smart building.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan pengujian yang telah dilakukan, Building Automation System (BAS) berbasis PLC Outseal dan Haiwell SCADA berhasil direalisasikan sebagai sistem terintegrasi untuk melakukan monitoring dan kontrol fasilitas gedung. Sistem mampu mengendalikan pencahayaan pada beberapa area gedung, mengoperasikan sistem distribusi air secara otomatis berdasarkan level air tangki, serta melakukan monitoring parameter energi listrik secara real-time melalui antarmuka SCADA.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa komunikasi antara PLC dan SCADA menggunakan protokol Modbus RTU berjalan dengan baik sehingga proses pertukaran data berlangsung secara stabil. Pengujian koneksi juga membuktikan bahwa penggunaan catu daya 24 VDC memberikan performa komunikasi yang lebih baik dibandingkan 12 VDC, ditunjukkan dengan waktu respons yang lebih cepat, yaitu sekitar 1 detik, serta kondisi sistem yang lebih stabil selama proses monitoring dan kontrol.

Pada pengujian sistem monitoring energi selama 8 jam, sistem berhasil menampilkan parameter kelistrikan berupa

tegangan, arus, frekuensi, daya, dan energi listrik (kWh) secara kontinu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai tegangan tetap stabil pada sekitar 221,1 V dengan frekuensi 50 Hz, sedangkan nilai arus, daya, dan energi mengalami perubahan mengikuti kondisi beban listrik yang digunakan. Nilai energi yang terus bertambah selama periode pengujian menunjukkan bahwa sistem mampu melakukan pencatatan konsumsi energi secara akumulatif dan menampilkan data secara real-time melalui SCADA.

Secara keseluruhan, sistem yang dikembangkan telah memenuhi tujuan penelitian, yaitu menyediakan sistem monitoring dan kontrol fasilitas gedung yang terintegrasi, mempermudah pengawasan operasional, serta menyediakan informasi parameter kelistrikan secara real-time yang dapat digunakan sebagai dasar evaluasi penggunaan energi pada gedung. Sistem yang dikembangkan juga mendukung implementasi konsep smart building melalui integrasi fungsi monitoring dan kontrol dalam satu platform terpusat. Untuk pengembangan selanjutnya, sistem dapat dilengkapi dengan fitur data logging, penyimpanan data historis, notifikasi alarm otomatis, serta integrasi Internet of Things (IoT). Selain itu, pengujian lebih lanjut dapat dilakukan dengan membandingkan konsumsi energi sebelum dan setelah penerapan BAS sehingga pengaruh sistem terhadap efisiensi energi dapat dievaluasi secara kuantitatif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Riset dan Pengabdian Masyarakat (LRPM) Universitas Dian Nusantara atas dukungan pendanaan yang diberikan untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] O. V. Gnana Swathika, A. Karthikeyan, K. Karthikeyan, S. Padmanaban, S. K. Thomas, and A. Babu, "Critical Review of SCADA and PLC in Smart Buildings and Energy Sector," *Energy Reports*, vol. 12, pp. 1518–1530, 2024.
- [2] W. Bolton, *Programmable Logic Controllers*, 7th ed. Oxford, United Kingdom: Newnes, 2021.
- [3] F. D. Petruzella, *Programmable Logic Controllers*, 6th ed. New York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2020.
- [4] D. Bailey and E. Wright, *Practical SCADA for Industry*. Oxford, United Kingdom: Elsevier, 2021.
- [5] S. Mackay, E. Wright, D. Reynders, and J. Park, *Practical Industrial Data Communications*. Oxford, United Kingdom: Elsevier, 2020.
- [6] R. Zurawski, *Industrial Communication Technology Handbook*, 3rd ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2022.
- [7] R. R. H. Humaira, E. A. Z. Hamidi, and A. M. Ridwan, "Desain dan Implementasi Sistem Instrumentasi Aliran Fluida Berbasis Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) dan Programmable Logic Controller (PLC)," *ISTEK*, vol. 14, no. 2, pp. 1–12, 2024.
- [8] S. Ardi, N. D. Ningsih, M. Hidayat, S. Fairus, and A. Ponco, "The Application of SCADA Systems on Wrapping Machines Using PLC and Wonderware InTouch in the Automotive Manufacturing Industry," *Jurnal Pendidikan Teknologi dan Kejuruan*, vol. 30, no. 2, pp. 182–192, 2024.
- [9] B. Babayigit and M. Abubaker, "Industrial Internet of Things: A Review of Improvements Over Traditional SCADA Systems for Industrial Automation," *IEEE Systems Journal*, vol. 18, no. 1, pp. 120–133, 2024.
- [10] A. Ozadowicz, "Generic IoT for Smart Buildings and Field-Level Automation—Challenges, Threats, Approaches, and Solutions," *Computers*, vol. 13, no. 2, pp. 1–24, 2024.
- [11] J. J. R. Melo, M. F. Ishraque, G. M. Shafiullah, and S. A. Shezan, "Centralized Monitoring of a Cost Efficient PLC-SCADA Based Islanded Microgrid Considering Dispatch Techniques," *The Journal of Engineering*, vol. 2023, no. 8, pp. 1–11, 2023.
- [12] B. Sun-Young and S. Jae-Sook, "Development of BACnet-Based System Control Application Using RTU for Smart Building Automation," *Journal of Knowledge Information Technology and Systems*, vol. 19, no. 1, pp. 209–225, 2024.
- [13] G. Yadav and K. Paul, "Architecture and Security of SCADA Systems: A Review," *Computer Science Review*, vol. 38, pp. 100–120, 2020.
- [14] M. Genkin and J. J. McArthur, "B-SMART: A Reference Architecture for Artificially Intelligent Autonomic Smart Buildings," *Automation in Construction*, vol. 142, pp. 1–15, 2022.
- [15] K. Skrivankova, M. Handley, and S. Hailes, "20 Years in Life of a Smart Building: A Retrospective," *Smart Building Systems Journal*, vol. 5, no. 3, pp. 1–18, 2025.
- [16] M. N. Hossain, M. R. Islam, and S. S. Ahmed, "Smart Building Monitoring and Control System Using PLC Technology," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 76521–76533, 2022.