Sistem Otomasi *Precision Air Conditioning* (PAC) Berbasis PLC Zelio untuk Optimalisasi Energi di Ruang Server

Ari Nugroho[1], Yohanes Galih Adhiyoga[2]

Program Studi Teknik Elektro Universitas Dian Nusantara, Jakarta Barat
Jl. Tanjung Duren Barat II No. 1 Grogol Petamburan, Jakarta Barat 11470
[1] ari.nugroho.an72@gmail.com
[2]yohanes.galih.adhiyoga@undira.ac.id

Intisari — ***Precision Air Conditioning* (PAC) dirancang untuk mengontrol suhu dan kelembapan secara presisi di lingkungan kritis seperti ruang server dan laboratorium. Berbeda dari AC konvensional, PAC memfokuskan pada kebutuhan perangkat elektronik sensitif. Penelitian ini mendesain dan mengevaluasi sistem otomatis PAC menggunakan PLC Zelio, dengan metode eksperimen yang meliputi perancangan, pembuatan, pengujian, dan analisis alat. Hasil menunjukkan peningkatan efisiensi energi dan daya tahan mesin, dengan konsumsi daya listrik turun dari 79.1 kW sebelum otomasi menjadi 41.76 kW otomasi pertama dan 35.38 kW setelah otomasi tahap kedua.**
Kata kunci — ***Precision Air Conditioning* (PAC), otomasi, Zelio PLC, Ruang Server.**

Abstract — ***Precision Air Conditioning (PAC) is designed to precisely control temperature and humidity in critical environments such as server rooms and laboratories. Unlike conventional air conditioning, PAC focuses on the needs of sensitive electronic equipment. This study designs and evaluates an automated PAC system using PLC Zelio, employing an experimental methodology that includes design, construction, testing, and analysis of the device. Results indicate improved energy efficiency and machine durability, with electricity consumption decreasing from 79. 1 kW before automation to 41.76 kW after the first phase of automation and 35.38 kW after the second phase.***
Keywords— ***Precision Air Conditioning (PAC), automation, Zelio PLC, Server Room.***

I. PENDAHULUAN

Precision Air Conditioning (PAC) dirancang untuk mengontrol suhu dan kelembapan di lingkungan kritis seperti ruang server. Di PT. XYZ Jakarta, terdapat 4 unit PAC yang perlu menjaga suhu ideal 21°C dan kelembapan 35% ± 10% untuk perangkat elektronik [1].

Pengoperasian manual PAC sering menyebabkan kurang efisien, meningkatkan konsumsi energi, dan memperpendek masa pakai mesin. Untuk mengatasi masalah ini, penulis merancang sistem otomatisasi menggunakan PLC Zelio. Sistem ini bertujuan meningkatkan efisiensi energi, mengurangi biaya operasional, dan memastikan kinerja optimal server dengan mengatur pengoperasian unit PAC secara otomatis.

II. STUDI LITERATUR

A. Precision Air Conditioning (PAC)

Precision Air Conditioning (PAC) adalah sistem yang menstabilkan suhu dan kelembapan udara dengan mengalirkan refrigeran melalui pipa yang dikompresi oleh kompresor.

PAC digunakan untuk pendinginan atau pemanasan sesuai kebutuhan, tetapi di Indonesia umumnya disebut sebagai pendingin udara karena sering digunakan untuk mendinginkan peralatan IT atau server. PAC bekerja dengan menyerap panas dari udara di dalam ruangan melalui unit indoor dan membuangnya keluar ruangan melalui unit outdoor, sehingga menurunkan suhu udara di dalam ruangan. Berikut Gambar 1 merupakan bentuk fisik dari unit mesin PAC [2].

B. Programmable Logic Controller (PLC)

Programmable Logic Controller (PLC) adalah alat elektronik yang dapat diprogram untuk mengendalikan mesin melalui unit input dan output. PLC Smart Relay Zelio Logic, perangkat kecil dan ringan yang menggunakan bahasa pemrograman tangga, banyak digunakan dalam otomasi industri dan aplikasi komersial seperti penggulungan,

pintu otomatis, dan instalasi listrik. PLC mengontrol mesin dengan logika ON dan OFF serta menjalankan fungsi seperti logika, urutan, waktu, perhitungan, dan operasi aritmatika. Berikut ini Gambar 2 merupakan bentuk fisik dari PLC Zelio SRB121FU [3].

Gbr. 1 Unit PAC

Gbr. 2 PLC Zelio

C. Ruang Server

Ruang server tempat menyimpan rack server, peralatan IT, dan sistem penyimpanan data yang membutuhkan pendinginan optimal untuk operasi mesin server. Analisis dan perhitungan yang tepat diperlukan untuk efisiensi sistem pendinginan. Ruang server atau pusat data menyimpan perangkat komputer, peralatan jaringan, dan perangkat elektronik lainnya, serta harus memenuhi persyaratan khusus untuk melindungi dari gangguan dan memastikan akses data yang cepat dan mudah [4]. Berikut adalah Gambar 3 yang menunjukkan bentuk fisik ruang server.

Gbr. 3 Ruang Server

D. Relay Omron (MY-2GS)

Relay adalah saklar elektromagnetik yang membuka dan menutup sirkuit secara elektrik dan mekanis, menggunakan arus rendah untuk mengendalikan arus tinggi. Terdapat kontak *Normally Open* (NO), *Normally Closed* (NC), dan coil bantu. Gambar 4 menampilkan bentuk fisik relay untuk tegangan 220 VAC dan 24 VAC, yang sering digunakan untuk mengendalikan perangkat atau sirkuit listrik [5].

Gbr. 4 Relay Omron (MY-2GS)

E. Miniature Circuit Breaker (MCB)

MCB adalah komponen proteksi dalam sistem tenaga listrik yang bertindak sebagai pemutus arus pada instalasi listrik AC. MCB dapat membuka dan menutup rangkaian listrik dalam berbagai kondisi, seperti saat terjadi hubung singkat atau overload sesuai dengan kapasitasnya. Berikut adalah Gambar 3 yang menunjukkan bentuk fisik MCB 1 fasa [5].

Gbr. 5 MCB 1 Fasa

III. METODE PENELITIAN

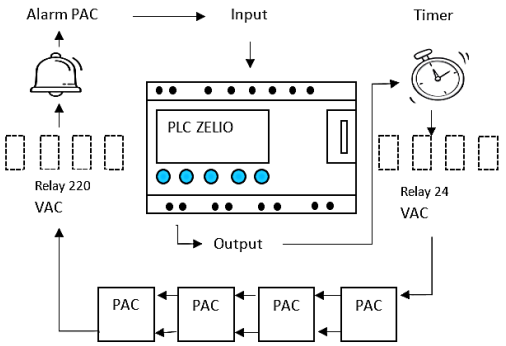
A. Gambaran Umum Sistem

Sistem otomasi PAC dengan PLC Zelio mengelola dan mengoptimalkan operasi *Precision Air Conditioning* (PAC) di ruangan server dengan memantau dan mengendalikan mesin. PLC Zelio menggunakan Ladder Diagram untuk memprogram logika kontrol

dan menganalisis sinyal input dari sensor alarm yang terdapat di unit PAC. Berdasarkan analisis, PLC Zelio mengatur unit PAC secara otomatis untuk menjaga kinerja mesin secara optimal.

Empat unit PAC di ruang server akan diotomasi menggunakan PLC Zelio. Untuk menyuplai daya ke PLC Zelio dengan tegangan PLN 220 VAC, digunakan MCB 6 Ampere. Setiap unit PAC dilengkapi dengan relay 24 VAC yang terhubung ke output PLC Zelio, berfungsi untuk mengatur mesin sesuai jadwal yang telah ditentukan. Selain itu, setiap unit PAC juga dilengkapi dengan relay 220 VAC yang terhubung ke input PLC Zelio. Relay ini berfungsi untuk memberikan sinyal anomali dan mengatur mesin secara otomatis sesuai dengan kebutuhan sistem.

Gambar 6 memperlihatkan diagram blok yang menjelaskan sistem kerja otomasi *Precision Air Conditioning* (PAC) menggunakan PLC Zelio.



Gbr. 6 Spesifikasi Sistem Otomasi

B. Perancangan Input dan Output

Daftar Input dan Output PLC Zelio berikut ini merinci berbagai sinyal input dan output yang digunakan dalam sistem PLC Zelio untuk mengelola dan mengendalikan proses otomatisasi. Daftar input dan output dapat dilihat pada Tabel 1 dan Tabel 2 berikut.

Tabel 1. Daftar Input Sistem Otomasi

Kode	Tegangan	Alamat
L	220 VAC	Power Supply
N	0	Nol
I1	220 VAC	Alarm Pac 1 liebert
I2	221 VAC	Alarm Pac 2 liebert
I3	222 VAC	Alarm Pac 1 denco
I4	223 VAC	Alarm Pac 2 denco

Tabel 2. Daftar Output Sistem Otomasi

Kode	Tegangan	Alamat
Q1	24 VAC	Remote Off Pac 1 liebert
Q2	25 VAC	Remote Off Pac 2 liebert
Q3	26 VAC	Remote Off Pac 1 denco
Q4	27 VAC	Remote Off Pac 2 denco

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Sistem Otomasi PAC

Tujuan sistem ini adalah menjaga stabilitas suhu ruangan dengan menggunakan dua pasang unit PAC secara bergantian selama 24 jam. Pengendalian otomatis dilakukan melalui modul PLC Zelio untuk merespons anomali atau kerusakan pada salah satu unit. Penjelasan tentang sistem rotasi otomatis dan alarm PAC dapat dilihat pada Tabel 3.

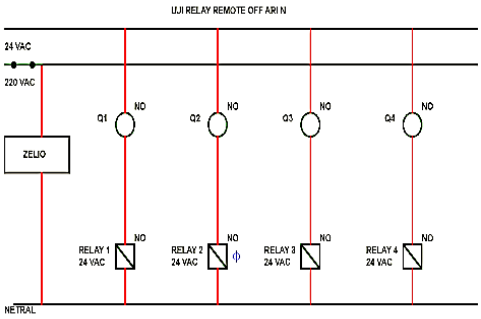
Tabel 3. Sistem Otomasi PAC

Kondisi	Pac 1	Pac 2	Pac 3	Pac 4
00:00 - 12:00	0	1	0	1
12:00 - 00:00	1	0	1	0
Alarm Aktif	1	1	1	1

Pada sistem otomasi PAC, seperti yang dijelaskan dalam Tabel 3, kondisi operasional dibagi berdasarkan waktu. Dari pukul 00:00 hingga 12:00, PAC 1 Denco dan PAC 3 Liebert berada dalam keadaan nonaktif (0), sedangkan PAC 2 Denco dan PAC 4 Liebert aktif (1). Sebaliknya, pada periode waktu dari pukul 12:00 hingga 24:00, PAC 1 Denco dan PAC 3 Liebert aktif (1), sementara PAC 2 Denco dan PAC 4 Liebert nonaktif (0). Selain itu, jika terjadi alarm atau kondisi abnormal pada salah satu unit PAC, semua mesin PAC akan aktif (1). Setelah kondisi abnormal teratasi, unit PAC akan kembali ke kondisi semula.

B. Pengujian Relay Remote OFF

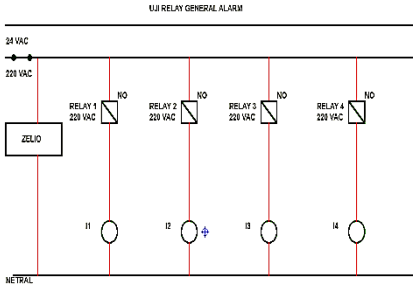
Pengujian rangkaian relay remote OFF pada PAC memastikan sistem dapat mematikan unit PAC otomatis sesuai program. Relay digunakan untuk meningkatkan keamanan dengan mencegah koneksi langsung antara PLC Zelio dan PAC. Pengujian relay remote off terlihat pada Gambar 7 berikut.



Gbr. 7 Pengujian Relay Remote OFF

C. Pengujian Relay General Alarm

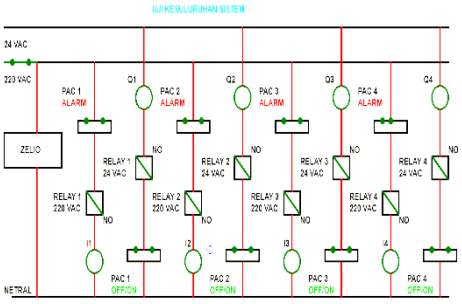
Pengujian ini memastikan relay dalam sistem alarm berfungsi dengan baik sesuai logika pemrograman PLC Zelio memproses input dan output dengan benar, alarm memberikan peringatan yang tepat, dan komunikasi serta integrasi antara PLC Zelio, relay, dan alarm berjalan lancar, memastikan semua komponen bekerja efisien. Pengujian relay general alarm terlihat pada Gambar 8 berikut.



Gbr. 8 Pengujian Relay General Alarm

D. Pengujian Kesuluruhan Sistem

Pengujian sistem otomasi PAC dengan PLC Zelio memastikan semua komponen, termasuk kontrol dan manajemen suhu, berfungsi dengan baik. PLC Zelio mengendalikan input dan output dengan akurat, dan sistem alarm memberikan peringatan yang tepat. Gambar 9 menunjukkan detail pengujian sistem.



Gbr. 9 Pengujian Kesuluruhan Sistem

E. Optimasi Managemen Energi PAC

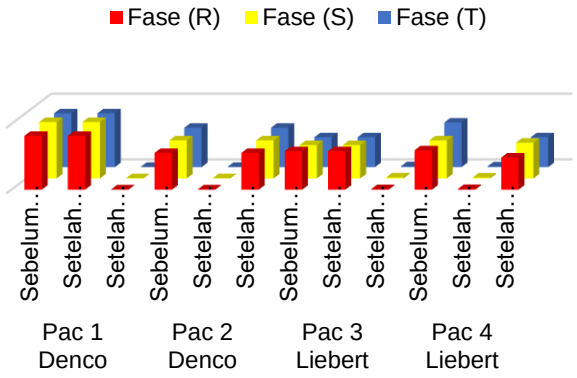
Pengelolaan energi adalah rencana untuk menggunakan energi dengan efisien melalui perencanaan, pencatatan, pemantauan, dan evaluasi tanpa mengurangi kualitas mesin pendingin. Tujuannya adalah menghemat sumber daya dan biaya [6]. Optimasi manajemen daya PAC dilakukan dengan menyesuaikan jadwal operasional dari jadwal awal ke jadwal yang lebih efisien. Pada kondisi belum dioptimasi, keempat perangkat PAC di ruang server aktif sepanjang hari tanpa ada pembagian waktu. Kondisi PAC seperti ini menyebabkan besarnya penggunaan daya listrik yang berakibat kurang efisiennya manajemen energi di ruang server tersebut.

Pada kondisi setelah dioptimasi keempat perangkat PAC diatur waktu operasinya secara bergantian. Pembagiannya dalam satu hari dibagi menjadi dua siklus, yaitu dari pukul 00.00 – 12.00 untuk unit PAC 1 dan 3, sedangkan pada pukul 12.00 – 00.00 untuk unit PAC 2 dan 4. Proses pengaturan jadwal ini diprogram menggunakan PLC yang sekaligus sebagai kontrol untuk kondisi emergency dimana apabila alarm berbunyi yang mengindikasikan bahwa suhu terlalu tinggi / panas maka seluruh unit PAC akan diaktifkan dalam waktu tertentu untuk menurunkan suhu ruangan.

F. Pengambilan Data

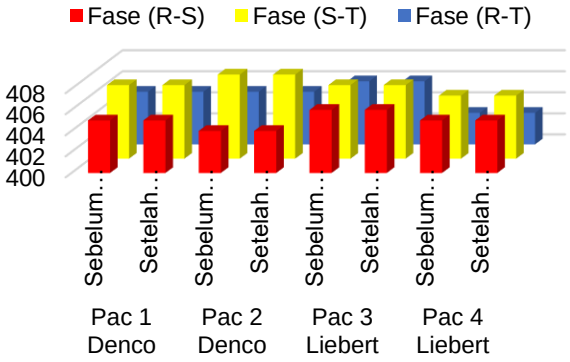
Pada penelitian ini terdapat tiga parameter yang ditinjau sebagai data penelitian yaitu Arus, Tegangan, Daya, serta Suhu dan Kelembaban.

Data arus mesin PAC pada beban puncak, yang mencakup tiga fase (R, S, T), diambil dari panel utama untuk menilai kinerja dan efisiensi, serta membandingkan penggunaan energi sebelum dan setelah otomasi, hasil pengukuran arus dapat diamati pada Gambar 10 berikut.



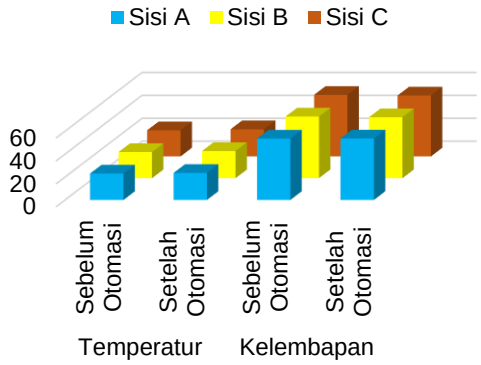
Gbr. 10 Hasil Pengukuran Arus Kerja Pac Sebelum dan Sesudah Otomasi

Data tegangan PAC diambil sebelum dan setelah otomasi untuk menilai efek otomasi terhadap performa dan efisiensi sistem. Perbandingan ini membantu memastikan bahwa otomasi meningkatkan pengelolaan energi dan kinerja PAC. Sebelum otomasi, data tegangan PAC menunjukkan operasi stabil dalam rentang normal. Namun, data ini menunjukkan potensi peningkatan efisiensi dengan otomasi. Setelah otomasi, diharapkan terjadi perbaikan signifikan dalam efisiensi dan optimasi energi. Hasil pengukuran tegangan sebelum dan setelah otomasi dapat dilihat pada Gambar 11 berikut.



Gbr. 11 Hasil Pengukuran Tegangan Pac Sebelum dan Sesudah Otomasi

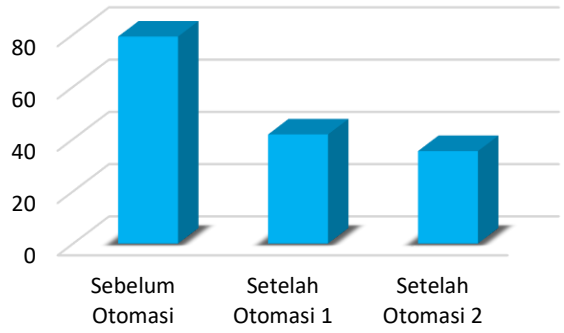
Pengambilan data suhu dan kelembaban ruangan server penting untuk mencegah overheating dan memastikan pendinginan optimal. Pengukuran manual digunakan untuk menentukan jumlah unit PAC yang diperlukan dan menganalisis kondisi sebelum dan sesudah otomasi. Hasil pengukuran suhu dan kelembaban sebelum dan setelah otomasi dapat dilihat pada Gambar 12 berikut.



Gbr. 12 Hasil Pengukuran Sebelum dan Sesudah Otomasi

G. Perhitungan Konsumsi Daya PAC

Perhitungan konsumsi daya *Precision Air Conditioning* (PAC) sangat penting untuk mengelola efisiensi dan biaya operasional sistem pendingin yang menjaga suhu dan kelembapan tetap stabil. PAC, yang sering dipakai di tempat-tempat dengan kebutuhan iklim presisi seperti pusat data, perlu diperiksa dengan teliti agar berfungsi dengan baik. Dengan menghitung konsumsi daya dengan akurat, kita bisa mengetahui kebutuhan energi, memantau kinerja sistem, dan mengurangi biaya serta dampak lingkungan. Memahami konsumsi daya PAC membantu kita meningkatkan efisiensi energi dan mengelola biaya dengan lebih baik [7]. Daya nyata yang digunakan oleh *Precision Air Conditioning* (PAC) merupakan jumlah energi listrik yang benar-benar dikonsumsi oleh sistem pendingin untuk menjaga suhu dan kelembapan dengan presisi. Mengukur daya nyata ini penting untuk memahami seberapa efisien PAC beroperasi dan bagaimana hal tersebut memengaruhi biaya energi. Total konsumsi daya listrik oleh *Precision Air Conditioning* (PAC) sebelum dan setelah penerapan otomatisasi, untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai dampak perubahan tersebut pada penggunaan energi. Gambar. 12 menunjukkan bahwa otomatisasi berhasil menurunkan konsumsi daya PAC dari 79.3 kW sebelum otomatisasi menjadi 41.8 kW pada rotasi pertama dan 35.4 kW pada rotasi kedua. Ini meningkatkan efisiensi energi dan distribusi pendinginan. Disarankan untuk mengoperasikan 2 dari 4 unit PAC, karena ini cukup untuk kebutuhan pendinginan ruangan server, mengurangi konsumsi energi, dan biaya operasional [8].



Gbr. 13 Hasil Perhitungan Konsumsi Daya Penggunaan PAC Sebelum dan Sesudah

V. KESIMPULAN

Implementasi sistem otomasi *Precision Air Conditioning* (PAC) dengan PLC Zelio meningkatkan efisiensi daya dan stabilitas kinerja. Sebelum otomasi, konsumsi energi mencapai 79,3 kW. Setelah otomasi pertama, konsumsi energi turun menjadi 41,8 kW, dan setelah otomasi kedua turun lebih lanjut menjadi 35,8 kW.

Sistem otomasi PAC dengan PLC Zelio meningkatkan keandalan dan daya tahan mesin dengan mengurangi beban kerja dan memastikan distribusi panas yang merata. Hal ini memperbaiki efektivitas pendinginan dan menjaga suhu ruang server tetap optimal. Pengujian alarm dan kontrol otomatis juga menunjukkan hasil yang baik.

Penggunaan box panel pada perancangan pac selanjutnya perlu dipertimbangkan, agar instalasi lebih rapi dan mempermudah pengecekan secara berkala. Penggunaan thermostat digital juga perlu dipertimbangkan untuk meningkatkan akurasi pemantauan suhu ruangan.

REFERENSI

[1] M. I. Nurhadi, W. Dan, and N. Kn, "ANALISA BEBAN PENDINGIN PADA RUANG DATA CENTER DI PT BSH," vol. 12, no. 1, 2023.

[2] H. Ahyadi, D. Suprijatmono, and T. Bakti Pertiwi, "Analisis Beban Pendingin Pada Ruangan Data Center / Server PT X Di Jakarta," *Presisi*, vol. 24, no. 1, pp. 1–12, 2022.

[3] A. Ferdiansyah, I. B. Alit Swamardika, and I. P. Raka Agung, "Rancang Bangun Sistem Pencahayaan Otomatis Berbasis Pemrograman Ladder PLC (Programmable Logic Controller) Zelio," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 15, no. 2, pp. 87–92, 2016, doi: 10.24843/mite.1502.13.

[4] A. Setyawan, J. T. Refrigerasi, T. Udara, and P. N. Bandung, "Estimasi beban pendinginan pada ruang server politeknik negeri bandung," vol. 4, no. 2, 2010.

[5] P. Bunga, M. Pakiding, and Silimang Sartje, "Perancangan Sistem Pengendalian Beban Dari Jarak Jauh Menggunakan Smart Relay," *J. Tek. Elektro dan Komput. Univ. Sam Ratulangi Manad.*, vol. 4, no. 5, pp. 65–75, 2015.

[6] M. Sayuti, A. Herlina, and M. Pribadi, "Audit Energi Dan Analisa Peluang Pada Sistem Air Conditioning Di Ruangan Teknik Universitas Nurul Jadid," *Jeecom*, vol. 1, no. 1, pp. 25–32, 2019.

[7] A. T. Nugraha, M. Z. A. Tiwana, and A. M. Ravi, "Analisis Optimalisasi Manajemen Daya Chiller Untuk Rencana AC Sentral Industri," *J. Janitra Inform. dan Sist. Inf.*, vol. 1, no. 1, pp. 35–46, 2021, doi: 10.25008/janitra.v1i1.106.

[8] I. Syahrizal, S. Panjaitan, and Yandri, "Analisis Konsumsi Energi Listrik Pada Sistem Pengkondisian Udara Berdasarkan Variasi Kondisi Ruangan (Studi Kasus Di Politeknik Terpikat Sambas)," *J. ELKHA*, vol. 5, no. 1, pp. 1–7, 2013.