

Analisis Penghematan Daya Listrik dengan Implementasi FX-80 Supervisor Controller pada Sistem *Water Chiller*

Axel Irving Yoshua¹, Wahidin Wahab², Hugeng³
^{1,2,3}*Teknik Elektro, Universitas Tarumanagara*
Jl. Letjen S. Parman St No.1, Kota Jakarta Barat
¹axel.525210004@stu.untar.ac.id
²wahidin.Wahab@gmail.com
³hugeng@ft.untar.ac.id

Abstract— This research aims to analyze electrical power consumption and cooling system efficiency between the FX-80 Supervisor Controller and a system without a controller in the field. Measurements are carried out for one year by taking data on electrical power consumption and Coefficient of Performance (COP) every month. The research results show that the system with the FX-80 Supervisor Controller consumes lower electrical power and has a higher COP than the system without the controller. The higher efficiency of systems with controllers represents significant energy savings potential for companies. This research recommends the use of controllers in cooling systems to increase energy efficiency.

Intisari— Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsumsi daya listrik dan efisiensi sistem pendingin antara FX-80 Supervisor Controller dan sistem tanpa kontroler di lapangan. Pengukuran dilakukan selama satu tahun dengan mengambil data konsumsi daya listrik dan *Coefficient of Performance* (COP) setiap bulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dengan FX-80 Supervisor Controller mengonsumsi daya listrik lebih rendah dan memiliki COP lebih tinggi dibandingkan sistem tanpa kontroler. Efisiensi yang lebih tinggi pada sistem dengan kontroler menunjukkan potensi penghematan energi yang signifikan bagi perusahaan. Penelitian ini merekomendasikan penggunaan kontroler dalam sistem pendingin untuk meningkatkan efisiensi energi.

Kata Kunci— Konsumsi Daya Listrik, Efisiensi Sistem Pendingin, FX-80 Supervisor Controller

I. PENDAHULUAN

Pada zaman modern saat ini, gedung bertingkat dan perkantoran umumnya menggunakan sistem pendingin sentral. Salah satu sistem pendingin sentral adalah water chiller [1]. Water Chiller adalah mesin refrigerasi yang berfungsi untuk mendinginkan air pada sisi evaporatornya. Penggunaan water chiller berperan penting dalam menjaga suhu ruangan. Sistem *water chiller* digunakan untuk transfer panas melalui air. Hal ini disebabkan karena air adalah salah satu media dalam penyerapan kalor yang baik [2]. Sistem water chiller disini dipengaruhi oleh beban gedung salah satunya adalah suhu ruangan.

Sistem water chiller secara manual oleh manusia adalah sistem chiller yang dikontrol, dipantau dan di manajemen oleh manusia tanpa campur tangan mesin. Sistem manual ini

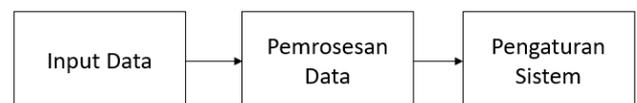
memiliki beberapa kelemahan yang signifikan. Salah satu kelemahan adalah pengoperasian unit water chiller secara manual menimbulkan permasalahan pada pencatatan, pengolahan kondisi operasi. [3] serta konsistensi dalam mengatur suhu dan tekanan yang dapat menyebabkan penggunaan daya energi listrik yang berlebih. Terdapat juga sistem water chiller yang dikontrol menggunakan sebuah kontroler. Terdapat beberapa jenis kontroler yang dapat digunakan untuk mengontrol sistem water chiller salah satunya adalah FX-80. FX-80 adalah sebuah Supervisor Controller yang dapat mengontrol, memantau, dan melakukan manajemen sistem pendingin secara real-time. Kontroler ini berfungsi untuk meningkatkan kinerja chiller melalui pengoptimalan penggunaan sumber daya listrik serta memberikan respons yang cepat terhadap beban pendingin.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan penggunaan daya listrik antara FX-80 Supervisor Controller dan Non-Controller pada sistem water chiller. Metode penelitian yang digunakan adalah studi eksperimental yang dilakukan secara langsung di lapangan dengan menggunakan pengukuran data konsumsi daya listrik dan performa sistem pendingin.

Melalui analisis ini, diharapkan dapat ditemukan manfaat nyata dari penerapan teknologi kontrol otomatis FX-80 dalam meningkatkan kinerja dan keandalan sistem pendingin water chiller, serta memberikan rekomendasi yang dapat digunakan oleh industri untuk mengadopsi teknologi ini demi mencapai operasi yang lebih baik dan berkelanjutan.

II. METODE PENELITIAN

A. Deskripsi Konsep



Gambar 1. Diagram Blok FX-80

Diagram blok dimulai melalui proses input data melalui sensor- sensor pendukung sehingga FX-80 dapat melakukan pengaturan secara lebih akurat untuk bisa melakukan penghematan daya listrik. Sensor pendukung dimulai dari sensor suhu, sensor tekanan, sensor aliran, dan stasiun cuaca. Data dari sensor kemudian akan dikirim kepada FX-80 yang kemudian akan diproses dan sistem akan mengatur kompresor, katup ekspansi, kipas kondensor dan pompa

supaya dapat menghasilkan sistem yang lebih menghemat daya listrik.



Gambar 2. Sensor Suhu TE.25-1 Acez Sensing

1) Sensor Suhu

Dapat dilihat pada gambar 2 diatas yang adalah TE.25-1 merupakan sensor suhu yang digunakan untuk menginput data suhu tempratur fluida pada jalur masuk dan keluar dari chiller serta suhu refrigeran pada FX-80. Prinsip dasarnya adalah sensor ini melakukan pengukuran melalui perubahan resistansi. Sensor ditempatkan pada pipa utama jalur air atau sistem refrigeran. Sensor memiliki tingkat akurasi $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ dalam rentang pengukuran -50°C hingga 150°C . Sensor akan meneruskan data melalui modbus ke FX-80, yang kemudian data tersebut dimanfaatkan untuk melakukan penyesuaian sistem pada bagian suhu sehingga dapat melakukan penghematan pada daya listrik. [4]



Gambar 3. Sensor Tekanan P499VAP dan Stasiun Cuaca Hx-68P3

2) Sensor Tekanan

Sensor tekanan P499VAP bekerja mengukur tekanan air menggunakan Piezoelektrik atau strain gauge yang sensitif terhadap tekanan. Memiliki fungsi utama sebagai pemantau tekanan air pada sistem pendingin menghindari teknan yang terlalu tinggi atau rendah. Jalur pipa utama yang mengalirkan air menuju chiller merupakan tempat pemasangan yang bisanya. Memiliki rentang pengukuran adalah 50 bar dengan akurasi tinggi [5]. Data dari sensor akan diteruskan ke FX-80 yang diproses dengan melanjutkan kontrol pada kerja pompa. Gambar sensor tekanan dapat dilihat pada gabor bagian kiri pada gambar 3.

3) Stasiun Cuaca

Stasiun cuaca Hx-68P3 adalah alat yang bekerja untuk melakukan pengukuran terkait parameter lingkungan seperti suhu, kelembapan, kecepatan angin, dan intensitas sinar matahari melalui sensor optik dan termal. Tujuan utamanya adalah memantau kondisi lingkungan untuk melakukan pengaturan pada suhu air chiller supaya tidak berlebih dan kurang. Stasiun cuaca ditempatkan diluar ruangan serta memiliki rentang pengukuran suhu dari -40°C hingga 60°C dan kelembapan dari 0% hingga 100%. [6] Gambar Stasiun cuaca dapat dilihat pada gambar 3 bagian kanan.



Gambar 4. Sensor Aliran MAG5100

4) Sensor Aliran

Sensor aliran MAG5100 merupakan alat yang bekerja berdasarkan prinsip induksi elektromagnetik. Tujuan utamanya adalah untuk melakukan pemantauan jumlah air yang mengalir pada sistem baik pada jalur keluar dan masuk. Memiliki lokasi pemasangan pada pipa utama dengan akurasi pengukuran $\pm 0,5\%$ dan rentang aliran hingga 10.000 liter per menit, tugasnya adalah mengirimkan data ke FX-80 yang akan menyesuaikan aliran air sesuai kebutuhan sistem sehingga menghindari pemborosan daya listrik. [7]

5) FX-80 Supervisory Controllers

FX Supervisory Controllers dapat digunakan untuk Internet Protocol (IP) dan dapat digunakan untuk connectivity dan Web-based access ke Facility Explorer® Building Management Systems (BMS). FX Supervisory Controllers menggunakan teknologi komunikasi berbasis standar termasuk BACnet protocol, jaringan LonWorks, N2 Protocol Bus, dan pihak ketiga Modbus untuk memantau dan mengawasi berbagai peralatan seperti pemanas ruangan, ventilasi, penyejuk udara (HVAC), pencahayaan, keamanan, dan peralatan keselamatan kebakaran. FX-80 menyediakan peralatan pemantauan yang komprehensif dan kontrol, penjadwalan, manajemen alarm dan peristiwa, manajemen energi, pertukaran data, pelacakan data, dan penyimpanan data. [8]



Gambar 5. Supervisory Controller FX80

Data yang telah menjadi input pada FX-80 akan diproses yang kemudian dimulai proses penghematan daya dengan melakukan penyesuaian terhadap kompresor, katup ekspansi, kipas kondensor, dan pengatuan pada suhu air chiller. Dimulai dengan kompresor yang paling membutuhkan daya listrik terbesar dalam sistem. FX-80 akan melakukan penyesuaian dalam beban kerja kompresor saat kebutuhan pendingin rendah serta melalui teknologi Variable Speed Drive (VSD) memungkinkan kecepatan kompresor

disesuaikan. Sistem pompa air adalah komponen kedua yang diatur oleh FX-80. Fungsi pompa air adalah mengalirkan air dingin. Penyesuaian ini memastikan bahwa hanya jumlah air yang dibutuhkan saja dialirkan sehingga konsumsi daya listrik berkurang. Katup ekspansi merupakan komponen ketiga yang bertugas untuk mengontrol jumlah refrigeran yang dikeluarkan. Komponen keempat adalah kondensor yang dimana FX-80 memiliki peran mengatur kecepatan kipas kondensor sehingga membuat lebih hemat daya listrik.

6) Kompresor

Kompresor adalah komponen utama dalam sistem chiller yang berfungsi untuk mengompres refrigeran dari tekanan rendah ke tekanan tinggi, sehingga refrigeran dapat menyerap lebih banyak panas [9]. Dalam implementasi teknologi *FX-80 Supervisory Controllers*, kompresor dilengkapi dengan Variable Speed Drive (VSD) yang memungkinkan penyesuaian kecepatan putaran berdasarkan kebutuhan pendinginan yang sebenarnya [10]. Hal ini sangat penting karena mengurangi konsumsi energi listrik saat beban pendinginan rendah dan meningkatkan efisiensi operasional keseluruhan sistem [10]. Dengan VSD, kecepatan kompresor dapat disesuaikan secara dinamis untuk mempertahankan performa optimal tanpa membuang energi.



Gambar 6. Kompresor

7) Pompa Air

Mesin atau peralatan mekanis yang digunakan untuk menaikkan cairan dari dataran rendah ke dataran tinggi disebut pompa. atau untuk meningkatkan tekanan cairan dari cairan bertekanan rendah ke cairan bertekanan tinggi, serta untuk meningkatkan laju aliran dalam suatu sistem jaringan perpindahan [11]. Penggunaan pompa air dalam sistem chiller sangat penting untuk memastikan aliran yang efisien dan konsisten dari air dingin ke beban pendingin dan kembali ke chiller untuk diproses kembali. Pompa-pompa ini sering dilengkapi dengan Variable Speed Drive (VSD) atau penggerak kecepatan variabel, yang memungkinkan kecepatan operasi pompa disesuaikan dengan kebutuhan pendinginan saat itu. Dengan VSD, pompa dapat beroperasi pada kecepatan yang optimal sesuai dengan permintaan pendinginan aktual, menghasilkan efisiensi energi listrik yang lebih tinggi dibandingkan dengan pompa yang beroperasi pada kecepatan tetap.

Kecepatan variabel ini tidak hanya membantu mengurangi konsumsi energi, tetapi juga mengurangi keausan mekanis pada pompa air. Dengan mengoperasikan pompa pada kecepatan yang lebih rendah saat beban pendinginan tidak terlalu tinggi, komponen mekanis seperti bantalan dan seal pompa dapat mengalami tekanan dan gesekan yang lebih sedikit, memperpanjang umur pakai pompa dan mengurangi biaya perawatan jangka panjang. Hal ini membuat penggunaan VSD pada pompa air menjadi pilihan yang populer dalam sistem chiller modern, di mana

efisiensi operasional dan penghematan energi listrik menjadi fokus utama untuk mencapai performa yang optimal dan biaya operasional yang lebih rendah.



Gambar 7. Pompa Air

8) Katup Ekspansi

Katup ekspansi adalah komponen yang mengatur aliran refrigeran ke dalam evaporator. Fungsi utamanya adalah untuk menurunkan tekanan dan suhu refrigeran sebelum memasuki evaporator, yang memungkinkan refrigeran untuk menyerap lebih banyak panas [12]. Pengaturan yang tepat pada katup ekspansi sangat penting untuk memastikan bahwa refrigeran dapat menguap sepenuhnya dalam evaporator dan menghasilkan efek pendinginan yang maksimal. Dalam sistem pendingin yang dikontrol oleh *FX-80 Supervisory Controllers*, katup ekspansi dikendalikan dengan presisi untuk memastikan operasi yang efisien dan menghindari kehilangan energi listrik melalui aliran yang tidak tepat.



Gambar 6 Katup Ekspansi

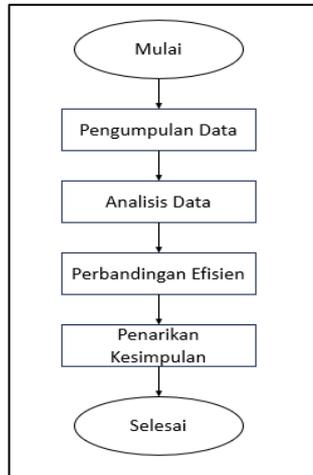
9) Kondensor

Kondensor dalam sistem chiller berfungsi untuk mengubah refrigeran gas yang telah dipanaskan oleh kompresor menjadi cairan dengan cara melepaskan panas ke lingkungan sekitar [13]. Untuk meningkatkan efisiensi, kipas kondensor juga dilengkapi dengan VSD. Kipas ini menyesuaikan kecepatan putarannya untuk mempertahankan tekanan kondensasi yang optimal, yang merupakan kunci dalam menjaga kinerja efisien dari sistem chiller. Pengendalian kecepatan kipas membantu dalam mengurangi konsumsi energi listrik dan memperpanjang masa pakai komponen, karena kipas tidak perlu beroperasi pada kecepatan penuh sepanjang waktu.



Gambar 6 Katup Ekspansi

Setelah mengetahui bagaimana FX-80 dapat bekerja penelitian berlanjut kepada tahap bagaimana data diambil yang setelah itu data dianalisis untuk dibandingkan dengan data penggunaan daya listrik tanpa menggunakan kontroler FX-80. Setelah selesai maka penarikan kesimpulan akan dilakukan supaya hasil penelitian ini lebih jelas. Gambar Flowchart *Flowchart Proses Analisa* dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 7. *Flowchart Proses Analisa*

B. Pengumpulan Data

Data dikumpulkan dengan cara mengukur konsumsi listrik pada sistem water chiller yang menggunakan FX-80 Supervisor Controller dan yang dioperasikan pengoperasian manual tanpa kontroler otomatis. Penelitian ini dilakukan di Cibinong City Mall, sebuah gedung komersial bertingkat dengan luar total area mencapai 30.000 m². Sistem menggunakan water chiller dengan kapasitas 500 TR (Tons of Refrigeration), dirancang untuk menjaga suhu ruangan rata-rata 23°C. Pengukuran dilakukan secara berkala selama satu tahun, dan datanya dipecah menjadi bulanan agar fluktuasi penggunaan listrik dapat diamati.

Pada tahun pertama sistem water chiller yang dioperasikan oleh manusia sebagai yang mengendalikan segala sistem dan konsumsi listrik dicatat secara langsung atau dengan melakukan pencatatan daya listrik pada parameter yang terhubung dengan sistem water chiller. Sedangkan pada tahun kedua pengujian dilakukan di gedung dan ruang yang sama, dengan luas area dan beban pendinginan yang serupa untuk menjaga validitas hasil. Sistem yang dikendalikan oleh FX-80 Supervisor Controller dan data konsumsi daya listrik yang diperoleh melalui webpage kontroler. Webpage ini secara realtime yang menampung data daya listrik dari kontroler. webpage ini juga digunakan untuk mengontrol dan memantau FX-80 Supervisor Controller.

C. Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan dianalisis menggunakan metode statistik untuk menentukan perbedaan signifikan dalam penggunaan listrik antara kedua sistem. Analisis ini mencakup perhitungan *Coefficient of Performance* (COP) dari sistem serta efisiensi energi yang dihasilkannya. *Coefficient of Performance* (COP) digunakan karena

merupakan ukuran yang efektif untuk menilai efisiensi energi dari sistem pendingin, seperti water chiller. COP mengukur rasio antara output pendinginan yang dihasilkan oleh sistem dan energi listrik yang digunakan untuk menghasilkan pendinginan tersebut. Dengan menghitung COP, kita dapat membandingkan kinerja efisiensi energi dari sistem water chiller yang menggunakan FX-80 Supervisor Controller dengan yang dioperasikan secara manual. COP memberikan gambaran yang jelas tentang seberapa baik sistem tersebut dalam mengubah energi listrik menjadi efek pendinginan, sehingga memudahkan dalam menentukan mana yang lebih efisien.[14]

Perbandingan efisiensi dilakukan dengan COP sebagai indikator utama. Rumus penghitungan COP adalah sebagai berikut:

$$COP = \frac{Q_c}{W} \quad (1)$$

di mana Q_c adalah jumlah panas yang diserap oleh refrigeran (dalam kW) dan W adalah kerja yang dilakukan oleh kompresor (dalam kW). Data COP dari kedua sistem dibandingkan untuk menentukan sistem mana yang lebih efisien dalam penggunaan energi [15].

D. Perbandingan Efisien

Efisiensi secara umum adalah ukuran seberapa baik suatu sistem atau proses dalam mengonversi input menjadi output yang diinginkan, biasanya dinyatakan sebagai persentase. Dalam konteks sistem pendingin seperti water chiller, efisiensi dapat diartikan sebagai kemampuan sistem untuk menggunakan energi listrik seminimal mungkin untuk menghasilkan pendinginan maksimal. Parameter utama yang menunjukkan efisiensi dalam sistem pendingin adalah konsumsi daya listrik dan *Coefficient of Performance* (COP). Konsumsi daya listrik diukur dalam kilowatt-jam (kWh), yang menunjukkan jumlah energi listrik yang digunakan oleh sistem pendingin. Sementara itu, COP adalah rasio antara output pendinginan yang dihasilkan oleh sistem (dalam kW) dan energi listrik yang digunakan untuk menghasilkan pendinginan tersebut (dalam kW). Semakin tinggi nilai COP, semakin efisien sistem tersebut.

Nilai parameter efisiensi didapatkan melalui pengukuran langsung di lapangan. Dalam penelitian yang membandingkan penggunaan FX-80 Supervisor Controller dan sistem manual, data konsumsi daya listrik dikumpulkan setiap bulan selama satu tahun. Data untuk sistem yang menggunakan kontroler diperoleh melalui dasbor kontroler, sedangkan untuk sistem manual, konsumsi daya listrik dicatat langsung. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem dengan FX-80 Supervisor Controller memiliki konsumsi daya listrik yang lebih rendah dan nilai COP yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem tanpa kontroler. Misalnya, pada bulan Januari, konsumsi daya listrik untuk sistem dengan kontroler adalah 15000 kWh, sedangkan untuk sistem tanpa kontroler adalah 16000 kWh. Nilai COP pada sistem dengan kontroler adalah 6.20, sementara pada sistem tanpa kontroler adalah 5.80. Perbandingan ini dilakukan setiap bulan selama setahun. Secara keseluruhan, penggunaan FX-80 Supervisor Controller memberikan manfaat yang signifikan dalam mengurangi konsumsi daya listrik dan meningkatkan efisiensi sistem pendingin. Hasil

penelitian ini menunjukkan bahwa sistem pendingin yang menggunakan kontroler tidak hanya lebih hemat energi tetapi juga lebih efektif dalam mengubah energi listrik menjadi efek pendinginan yang diinginkan.

E. Penarikan Kesimpulan

Pada penelitian ini dilakukan penarikan kesimpulan dengan menggunakan metode studi eksperimental yang dilakukan secara langsung dilapangan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa perbandingan penggunaan daya listrik dan efisiensi pendingin. Periode penelitian ini dilakukan selama satu tahun dengan mengambil data setiap bulan. Data listrik untuk mengamati fluktuasi penggunaan listrik antara kedua sistem dan pada bagian (CPO) *coefficient of performance* adalah ntuk menghitung nilai efisien antara sistem manual dengan sistem pendingin yang menggunakan FX-80 Supervisor Controller.

Meskipun hasil penelitian menunjukkan manfaat signifikan dalam penggunaan FX-80 Supervisor Controller, terdapat beberapa faktor eksternal yang perlu diperhatikan. Misalnya, fluktuasi suhu lingkungan atau variasi beban pendinginan dapat memengaruhi efisiensi sistem. Selain itu, penelitian ini terbatas pada pengamatan selama satu tahun, sehingga hasil dapat divalidasi lebih lanjut dengan cakupan waktu yang lebih panjang dan variasi jenis water chiller yang lebih luas. Dengan mempertimbangkan hasil ini, industri dapat menjadikan teknologi kontrol otomatis seperti FX-80 sebagai investasi jangka panjang untuk penghematan energi dan keberlanjutan operasional.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengukuran

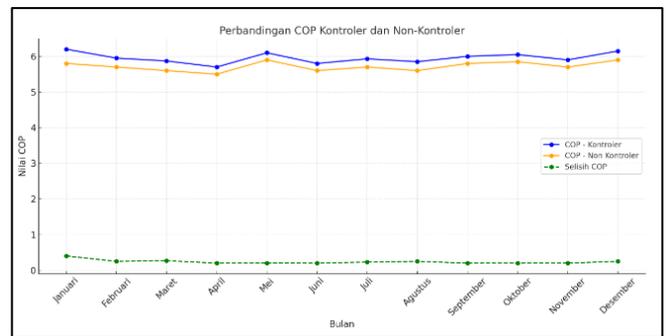
Parameter perbandingan yang diadaptasi dalam studi ini adalah daya listrik yang dikonsumsi dan *Coefficient of Performance*. (COP) dalam sistem pendingin dengan Kontroler Supervisor FX-80 dan dalam sistem tanpa kontroler. Parameter ini dikumpulkan setiap bulan dalam studi ini selama satu tahun, meskipun durasi penyakit yang sebenarnya bisa lebih lama dalam beberapa kasus, atau kurang pada yang lain. Nilai yang diukur kemudian dibandingkan untuk menetapkan dua tingkat efisiensi energi sistem. Hasil mengenai konsumsi daya listrik, serta nilai COP dari semua sistem, ditunjukkan pada Tabel 1. Tabel 1 memberikan konsumsi daya listrik sistem dengan Kontroler Supervisor FX-80, disebut CTRL, dan sistem tanpa kontroler, disebut Non-CTRL. Melalui tabel ini dapat diamati bahwa sistem dengan kontroler selalu menggunakan daya listrik lebih sedikit setiap bulan daripada sistem tanpa kontroler.

TABEL I
DATA COP

Bulan	COP - Kontroler	COP -Non Kontroler	Selisih COP
Januari	6.2	5.8	0.4
Februari	5.95	5.7	0.25
Maret	5.87	5.6	0.27
April	5.7	5.5	0.2
Mei	6.1	5.9	0.2

Juni	5.8	5.6	0.2
Juli	5.93	5.7	0.23
Agustus	5.85	5.6	0.25
September	6	5.8	0.2
Oktober	6.05	5.85	0.2
November	5.9	5.7	0.2
Desember	6.15	5.9	0.25
Rata -Rata	5.96	5.74	0.22

Tabel numerik *Coefficient of Performance* (COP) menunjukkan perbandingan antara sistem water chiller yang menggunakan FX-80 dengan yang tidak menggunakan. Pada tabel dapat dilihat bahwa COP pada sistem yang menggunakan FX-80 selalu lebih tinggi, dengan rata rata mencapai 6.00, berbeda dengan yang tidak menggunakan kontroler rata-rata hanya 5.70. Nilai COP ini memberikan indikasi bahwa sistem pada saat menggunakan kontroler lebih efisien dalam melakukan konversi energi listrik menjadi efek pendingin. Data juga menunjukkan konsistensi setiap bulan sepanjang tahun yang berarti kontroler terbukti dapat menurunkan penggunaan daya listrik secara konsisten.



Gambar 8. Grafik Tabel Data COP

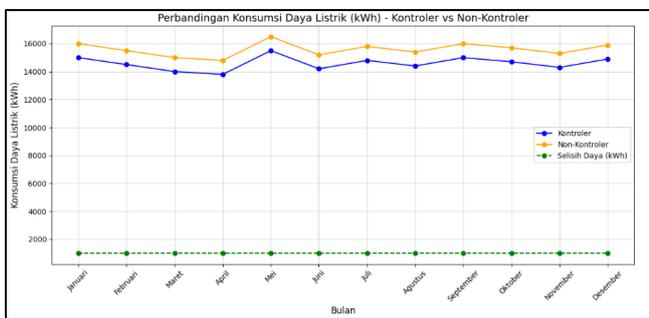
Grafik pada gambar 6 mevisualisasikan data COP menunjukkan tren performa yang konsisten lebih baik pada sistem kontroler dibandingkan sistem manual. Dapat dilihat pada sepanjang tahun grafik kontroler selalu diatas grafik tanpa kontroler ini mengindikasikan konsistensi dari pada efisiensi yang dilakukan kontroler. Grafik ini juga mengabarkan keunggulan teknologi kontrol otomatis dalam menjaga performa optimal.

TABEL II
DATA KONSUMSI DAYA LISTRIK

Bulan	Konsumsi Daya Listrik (kWh) - Kontroler	Konsumsi Daya Listrik (kWh) - Non-Kontroler	Selisih Daya Listrik (kWh)
Januari	15000	16000	1,000
Februari	14500	15500	1,000
Maret	14000	15000	1,000
April	13800	14800	1,000
Mei	15500	16500	1,000

Juni	14200	15200	1,000
Juli	14800	15800	1,000
Agustus	14400	15400	1,000
September	15000	16000	1,000
Oktober	14700	15700	1,000
November	14300	15300	1,000
Desember	14900	15900	1,000
Rata-rata	14,475	15,475	1,000

Tabel konsumsi daya listrik menunjukkan penghematan energi yang signifikan pada sistem dengan kontroler dibandingkan dengan menggunakan manusia sebagai yang mengontrol sistem. Konsumsi daya listrik pada sistem kontroler konsisten menunjukkan penghematan yang baik dengan selisih rata-rata 1,000 kWh. Sebagai contoh pada bulan juli sistem mengindikasikan pada saat menggunakan kontroler mengonsumsi 14,800 kWh sedangkan yang menggunakan manusia sebagai yang mengontrolnya mencapai 15,800 kWh. Data ini menunjukkan bahwa secara konsisten kontroler dapat melakukan penghematan daya listrik yang signifikan.



Gambar 9. Grafik Tabel Data Konsumsi Daya Listrik

Grafik pada gambar 7 memvisualisasikan penghematan energi yang dicapai oleh sistem kontroler sepanjang tahun. Sistem kontroler menunjukkan tren konsumsi daya listrik lebih baik daripada yang tidak menggunakannya serta menggambarkan konsistensi yang baik dalam melakukan penghematan daya listrik. Data pada bulan Januari dan Mei memberi informasi bahwa sekalipun dalam kondisi kerja yang lebih berat kontroler mampu melakukan penghematan yang stabil.

B. Penulisan Bilangan

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sistem pendingin yang menggunakan FX-80 Supervisor Controller memiliki konsumsi daya listrik yang lebih rendah dibandingkan dengan sistem yang tidak menggunakan kontroler. Selain itu, nilai COP dari sistem dengan kontroler juga lebih tinggi, yang menunjukkan efisiensi yang lebih baik dalam penggunaan energi.

Pada bulan Januari, konsumsi daya listrik untuk sistem dengan kontroler adalah 15,000 kWh sedangkan untuk sistem tanpa kontroler adalah 16,000 kWh. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan kontroler dapat menghemat sekitar 1,000 kWh per bulan. Efisiensi energi

yang lebih tinggi juga tercermin dari nilai COP yang lebih tinggi pada sistem dengan kontroler, yaitu 6.20 dibandingkan dengan 5.80 pada sistem tanpa kontroler.

Secara keseluruhan, penggunaan FX-80 Supervisor Controller memberikan manfaat yang signifikan dalam mengurangi konsumsi daya listrik dan meningkatkan efisiensi sistem pendingin. Hasil ini konsisten sepanjang tahun, dengan fluktuasi kecil yang mungkin disebabkan oleh variasi suhu luar dan beban pendingin..

IV. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa implementasi *FX-80 Supervisor Controller* pada sistem water chiller memberikan manfaat yang signifikan dalam menghemat daya listrik serta meningkatkan efisiensi energi. Setelah dilakukan percobaan selama satu tahun sistem dengan *FX-80 Supervisor Controller* memiliki konsumsi daya listrik yang lebih rendah dibandingkan dengan menggunakan manusia sebagai pengontrolnya. Dengan rata-rata penghematan sekitar 1,000 kWh per bulan serta memiliki nilai tinggi pada Coefficient of Performance (COP) dengan rata-rata adalah 6.00 dibandingkan 5.70 pada sistem yang dikontrol oleh manusia nilai ini menunjukkan bahwa kontroler lebih baik dalam mengonversi energi listrik menjadi efek pendingin.

Penelitian ini juga memberikan penjelasan mengenai konsistensi yang dimiliki oleh kontroler dalam melakukan penghematan daya listrik juga secara konsisten meningkatkan efisiensi dalam pengonversian energi listrik menjadi efek pendingin. Dengan demikian teknologi kontrol otomatis membuktikan mampu meningkatkan efisiensi operasional serta berkontribusi pada pengurangan biaya energi dan keberlanjutan lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada PT Basteck Multi Solusimas atas dukungan dan kontribusi besar yang diberikan dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara yang telah memberikan fasilitas dan dukungan selama penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Noval and Nofirman, "Diagnosis Kegagalan Ganda Pada Chiller Sistem Pendingin Air," *JITM J. Terap. Tek. Mesin*, vol. 2, no. 1, pp. 9–16, 2021, doi: 10.37373/jttm.v2i1.83.
- [2] A. Pribadi, E. Desmaliana, and M. K. R. Prayoga, "Studi Perbandingan Respon Struktur Rangka Baja Pemikul Momen terhadap Beban Gempa dan Beban Angin," *RekaRacana J. Tek. Sipil*, vol. 7, no. 2, p. 76, 2021, doi: 10.26760/rekaracana.v7i2.76.
- [3] A. Pranowo, W. Hendrajit, and S. Hadisupadmo, "Perancangan Sistem Kontrol Unit Water Chiller Laboratorium Teknik Kondisi Lingkungan," *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 7, no. 1, p. 19, 2015, doi: 10.5614/joki.2015.7.1.3.
- [4] A. Sensing, "TE . 25 High Accuracy Sensor Assembly c / w Opened-end Thread Thermowell TE . 25 High Accuracy Sensor Assembly c / w Opened-end Thread Thermowell," no. 65, pp. 4–7.
- [5] T. Bulletin, "P499 Series Electronic Pressure Transducers," no. 24, pp. 1–10, 2015.
- [6] I. Instructions, "Hx-68P3 Series Outside Humidity and Temperature Transmitters," pp. 1–8, 2016.
- [7] T. Genack, "Flow measurement," *Fluid Power J.*, vol. 12, no. 5, pp. 22–23, 2005, doi: 10.1007/978-3-7985-1932-9_22.
- [8] C. N. Lit., "FX80 Supervisory Controller Catalog Page," no. March, pp. 1–8, 2018.

- [9] K. Metty, T. Negara, and H. Wijaksana, "Analisa Performansi Sistem Pendingin Ruangan dan Efisiensi Energi Listrik pada Sistem Water Chiller dengan Penerapan Metode Cooled Energy Storage," *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 4, no. 1, pp. 43–50, 2012.
- [10] N. Naibaho and Muslikun, "Rancang Bangun Sistem Kendali Kecepatan Motor Fan 3 Fasa Dengan Panel Kontrol Variable Speed Drive (Vsd) Pada Sistem Hvac," *J. Elektro*, vol. 11, no. 1, pp. 96–107, 2023.
- [11] K. L. Yana, K. R. Dantes, and N. A. Wigraha, "Rancang Bangun Mesin Pompa Air Dengan Sistem Recharging," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, vol. 5, no. 2, 2017, doi: 10.23887/jjtm.v5i2.10872.
- [12] B. C. Purnomo and B. Waluyo, "OPTIMALISASI PENGGUNAAN REFRIGERAN MUSICOOL UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA SISTEM REFRIGERASI KOMPRESI UAP DENGAN VARIABEL KATUP EKSPANSI," no. November, pp. 1–7, 2015.
- [13] A. Pranoto, H. Al Kindi, and G. E. Pramono, "Analisis Pengaruh Cleaning Tubing Kondensor Terhadap Performa Sistem Refrigerasi Mesin Water Cooled Chiller Kapasitas 650Tr," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 1, pp. 351–362, 2023, doi: 10.21776/jrm.v14i1.1337.
- [14] Y. Qiu, J. Wang, J. Han, Y. Chen, J. Wang, and P. D. Lund, "Comparisons and optimization of two absorption chiller types by considering heat transfer area, exergy and economy as single-objective functions," *Clean Energy*, vol. 8, no. 1, pp. 55–65, 2024, doi: 10.1093/ce/zkad086.
- [15] Y. Yuan, R. Wang, J. He, Y. Ma, and J. Wang, "Coefficient of performance under maximum η criterion in a two-level atomic system as a refrigerator," *Phys. Rev. E*, vol. 90, no. 5, p. 52151, Nov. 2014, doi: 10.1103/PhysRevE.90.052151.