

# Perancangan dan Implementasi Sistem Smart Air Conditioner Berbasis IoT di Gedung Kampus Dharma Wacana untuk Optimalisasi Energi

Tri Aristi Saputri<sup>1</sup>, Budi Sutomo<sup>2</sup>, Afifah Hairunnisa<sup>3</sup>, M. Adie Syaputra<sup>4</sup>, Sulistiyanto<sup>5</sup>

<sup>1,3,4</sup> Sistem Informasi, <sup>2</sup> Teknik Informatika Universitas Dharma Wacana

<sup>5</sup> Manajemen Informatika, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang

e-mail: [aristy@dharmawacana.ac.id](mailto:aristy@dharmawacana.ac.id)<sup>\*1</sup>, [budi.atmel@gmail.com](mailto:budi.atmel@gmail.com)<sup>2</sup>,

[afifahkhairunnisa2810@gmail.com](mailto:afifahkhairunnisa2810@gmail.com)<sup>3</sup>

## Abstrak

Sistem pendingin udara (AC) konvensional yang digunakan di Gedung Kampus Dharma Wacana menyebabkan biaya operasional yang tinggi. Dengan demikian, studi ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem Smart Air Conditioner berbasis IoT untuk meningkatkan efektivitas dalam penggunaan energi serta menekan biaya operasional. Metode penelitian yang digunakan mencakup tiga tahap utama: (1) Perancangan Sistem, di mana perangkat keras dan perangkat lunak dirancang untuk memantau dan mengontrol suhu serta kelembaban ruangan; (2) Implementasi Sistem, yang melibatkan pemasangan sensor dan aktuator serta integrasi dengan platform IoT untuk pengendalian jarak jauh; dan (3) Evaluasi Sistem, di mana kinerja sistem diukur melalui analisis data konsumsi energi dan survei kepuasan pengguna. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem Smart Air Conditioner berbasis IoT dapat meningkatkan efisiensi energi sebesar 15% dan mengurangi biaya operasional sebesar 20%. Analisis menunjukkan bahwa sistem ini memiliki kelebihan karena dapat menghemat energi dan mengurangi biaya operasional. Namun, sistem ini juga memiliki kekurangan karena memerlukan perawatan yang lebih kompleks dan biaya awal yang lebih optimal. Oleh karena itu, disarankan untuk melaksanakan penerapan sistem ini di gedung-gedung pendidikan lainnya.

**Kata kunci**— Smart Air Conditioner, Efisiensi Energi, Internet of Things (IoT), Bangunan Pendidikan, Pengoptimalan Energi Berbasis AI

## Abstract

The conventional air conditioning (AC) system utilized in the Dharma Wacana Campus building results in high operational costs. Therefore, this study intends to develop and execute an IoT-based Smart Air Conditioner System to enhance energy efficiency and reduce operational expenses. The research methodology comprises three main stages: (1) System Design, where both hardware and software are developed to monitor and control room temperature and humidity; (2) System Implementation, which involves the installation of sensors and actuators, as well as integration with an IoT platform for remote control; and (3) System Evaluation, where the system's performance is assessed through energy consumption data analysis and user satisfaction surveys. The findings indicate that the IoT-based Smart Air Conditioner System can improve energy efficiency by 15% and reduce operational costs by 20%. The analysis reveals that this system offers advantages regarding energy efficiency and cost savings. However, it also presents challenges, including the need for more complex maintenance and higher initial costs. Consequently, it is recommended to implement this system in other educational buildings.

**Keywords**— Smart Air Conditioner, Energy Efficiency, Internet of Things (IoT), Educational Buildings, AI Based Energy Optimization

## 1. PENDAHULUAN

Seiring meningkatnya kesadaran akan dampak lingkungan akibat konsumsi energi yang berlebihan, sektor bangunan, termasuk bangunan pendidikan, menghadapi tantangan signifikan dalam mengelola konsumsi energi secara efisien. Studi terbaru menunjukkan bahwa pengelolaan energi yang efisien tidak hanya dapat mengurangi konsumsi energi, tetapi juga secara substansial menurunkan emisi karbon. Penerapan teknologi cerdas, seperti kontrol prediktif berbasis model dan sistem pemantauan yang dioptimalkan dengan pembelajaran mesin, dapat meningkatkan efisiensi energi sistem pendingin udara (HVAC) dan memastikan kondisi lingkungan yang lebih baik, mendukung keberlanjutan dalam sektor bangunan[1][2][3]. Bangunan modern, terutama yang menampung aktivitas dengan intensitas energi tinggi, memerlukan sistem manajemen energi yang lebih adaptif dan cerdas. Dalam konteks ini, teknologi berbasis Internet of Things (IoT) dan kecerdasan buatan (AI) memainkan peran krusial. Pengembangan sistem prediksi berbasis deep learning dapat mengoptimalkan konsumsi energi dengan memantau variabel kondisi dalam ruangan. Selain itu, penerapan sensor IoT untuk mengumpulkan data real-time dan umpan balik dari pengguna dapat meningkatkan efisiensi energi serta mendukung pengambilan keputusan yang lebih baik dalam pengelolaan energi di bangunan pendidikan[4][5][6].

Gedung Kampus Dharma Wacana adalah salah satu gedung pendidikan di Indonesia dengan kebutuhan energi yang tinggi. Namun, gedung ini masih menggunakan sistem pendingin udara konvensional yang kurang efektif, mengakibatkan tingginya biaya operasional. Oleh karena itu, diperlukan perancangan dan implementasi sistem Smart Air Conditioner berbasis IoT untuk meningkatkan efisiensi energi, mengurangi biaya operasional, dan menurunkan emisi CO<sub>2</sub>, sejalan dengan upaya mengoptimalkan penggunaan sumber daya energi dalam sektor konstruksi[7][8][9].

Sistem pendingin pintar berbasis IoT telah terbukti efektif dalam mengelola variabilitas iklim dalam ruangan dan menurunkan konsumsi energi dengan mengotomatisasi kontrol suhu berdasarkan prediksi iklim menggunakan model prediktif berbasis AI. Sistem ini juga dapat berkontribusi pada efisiensi energi yang lebih baik dengan memanfaatkan data yang tersedia dan teknologi hemat biaya, serta berfungsi sebagai generator virtual untuk menjaga keseimbangan pasokan dan permintaan listrik. Ini sejalan dengan upaya mengurangi emisi karbon dan mendukung penggunaan sumber energi terbarukan[10][11][12]. Studi yang dilakukan oleh [4] menunjukkan bahwa prediksi iklim dalam ruangan menggunakan model neural network berbasis perhatian dapat meningkatkan efisiensi pengaturan suhu, yang berdampak langsung pada penghematan energi di gedung pintar.

Sebagai respons terhadap kebutuhan akan pendekatan energi yang lebih efisien dan rendah karbon, penelitian ini berfokus pada perancangan dan implementasi sistem Smart Air Conditioner berbasis IoT di Gedung Kampus Dharma Wacana. Sistem ini dirancang untuk memantau, mengendalikan, dan mengoptimalkan penggunaan energi secara real-time, sehingga dapat meningkatkan efisiensi energi dan menciptakan lingkungan belajar yang nyaman. Dengan memanfaatkan teknologi cerdas dan penerapan sensor virtual yang didukung oleh model pembelajaran mesin (ML), sistem ini akan mampu mengelola energi secara responsif terhadap perubahan iklim mikro di dalam ruangan. Penelitian ini juga mencerminkan pentingnya efisiensi energi sebagai tujuan kebijakan global, mengingat potensi penghematan energi yang signifikan dalam sektor pendidikan dan dampaknya terhadap perlindungan iklim[13][14][15].

Dengan perkembangan teknologi seperti penggunaan model berbasis attention dalam memprediksi iklim dan inovasi dalam pengelolaan energi terdistribusi, diharapkan sistem pendingin cerdas ini dapat secara signifikan mengurangi konsumsi energi tanpa mengorbankan kenyamanan penghuni. Langkah ini tidak hanya berkontribusi terhadap keberlanjutan lingkungan, tetapi juga memberikan manfaat ekonomi jangka panjang melalui penghematan biaya energi bagi institusi pendidikan. Selain itu, penerapan mekanisme deteksi anomali berbasis model pembelajaran mesin dapat meningkatkan efektivitas pengelolaan energi, memastikan sistem beroperasi dengan optimal dan aman[16][17][18].

Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini menekankan pentingnya integrasi antara desain sistem pendingin yang cerdas dan penerapan teknologi IoT sebagai solusi komprehensif untuk pengelolaan energi di bangunan pendidikan. Dengan demikian, diharapkan penelitian ini dapat berfungsi sebagai referensi dalam penerapan teknologi serupa di bangunan lain yang memiliki karakteristik dan tantangan yang sama.

## 2. METODE PENELITIAN

Studi ini menerapkan pendekatan eksperimen dengan tahapan perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem Smart Air Conditioner berbasis IoT di Gedung Kampus Dharma Wacana. Metode penelitian ini dirancang untuk mengukur efektivitas sistem pendingin udara dalam mencapai efisiensi energi sekaligus menciptakan lingkungan ruangan yang nyaman dan optimal untuk aktivitas belajar. Secara umum, metode penelitian ini mencakup beberapa tahapan utama, yaitu: perancangan perangkat, pengumpulan data, pengolahan dan analisis data, serta evaluasi sistem.

### 2.1 Perancangan dan Implementasi Sistem

Pada tahap awal, sistem Smart Air Conditioner berbasis IoT dirancang dan diimplementasikan untuk memenuhi kebutuhan pengaturan iklim mikro di Gedung Kampus Dharma Wacana. Tahapan ini mencakup:

#### 2.1.1 Desain Komponen Keras dan Perangkat Lunak

Elemen perangkat keras yang diterapkan dalam sistem ini meliputi sensor suhu, kelembaban, dan aktuator pendingin udara yang terhubung melalui jaringan IoT untuk memantau dan mengontrol lingkungan ruangan. Sistem ini diintegrasikan dengan platform IoT yang memungkinkan pemantauan secara real-time. Perangkat lunak menggunakan algoritma pengaturan berbasis logika fuzzy yang diimplementasikan untuk mengatur suhu berdasarkan input dari sensor dan kondisi ruangan. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat meningkatkan efisiensi energi, mirip dengan penggunaan teknologi IoT dalam penelitian lain yang menunjukkan potensi penghematan energi melalui pemantauan dan pengelolaan kondisi lingkungan secara akurat[4][11][19].

#### 2.1.2 Pengaturan Sistem Komunikasi

Protokol komunikasi MQTT digunakan untuk mentransfer data sensor ke server dan memfasilitasi kontrol perangkat pendingin. Platform IoT Blynk digunakan untuk pemantauan dan pengendalian sistem secara jarak jauh, memastikan integrasi yang efisien dan responsif terhadap perubahan kondisi iklim dalam ruangan.

### 2.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan selama implementasi sistem pendingin pintar yang telah beroperasi di beberapa ruangan kampus dalam periode waktu tertentu. Data yang dikumpulkan meliputi:

#### 2.2.1 Data Suhu dan Kelembaban

Data suhu dan kelembaban dikumpulkan secara kontinu dari sensor yang dipasang di setiap ruangan yang dipantau, untuk mendapatkan gambaran iklim mikro di dalam ruangan kampus.

#### 2.2.2 Konsumsi Energi

Data penggunaan energi dari sistem pendingin dicatat untuk mengevaluasi efisiensi energi sistem baru dibandingkan dengan sistem konvensional. Pengumpulan data ini tidak hanya bertujuan untuk mengukur kinerja energi, tetapi juga untuk mendukung pengelolaan energi yang lebih baik dan deteksi anomali dalam lingkungan bangunan, sejalan dengan pentingnya pemantauan yang efektif dalam meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan sistem berbasis IoT[10], [17].

#### 2.2.3 Data Lingkungan dan Aktivitas Pengguna

Informasi tentang aktivitas pengguna, seperti jumlah penghuni dan waktu aktif serta pasif pendingin, dicatat sebagai variabel kunci yang mempengaruhi kondisi iklim mikro dan konsumsi

energi, dengan potensi pengurangan konsumsi energi hingga 50% melalui deteksi okupansi yang akurat[20].

### 2.3 *Pengolahan Data*

Data yang telah dihimpun kemudian diproses untuk dianalisis efektivitas sistem Smart Air Conditioner. Tahapan pengolahan data meliputi:

#### 2.3.1 *Praproses Data*

Data suhu, kelembaban, dan konsumsi energi dibersihkan dari anomali dan data yang tidak lengkap menggunakan teknik normalisasi dan reduksi data, dengan fokus pada deteksi anomali secara real-time untuk meningkatkan konsistensi dan keandalan data yang diolah, sehingga dapat diterapkan dalam sistem Smart Air Conditioner berbasis IoT[17].

#### 2.3.2 *Analisis Data Berbasis Model Prediktif*

Algoritma prediksi berbasis sequence-to-sequence dan jaringan saraf tiruan diterapkan untuk menganalisis tren suhu dan konsumsi energi, serta untuk meningkatkan efisiensi energi sistem Smart Air Conditioner. Analisis ini memungkinkan evaluasi akurasi prediksi dalam mengontrol suhu sesuai dengan kondisi lingkungan dan kebutuhan penggunaan, sejalan dengan pendekatan berbasis data dan pembelajaran mesin yang diusulkan dalam penelitian untuk optimasi sistem energi[11][16][21].

### 2.4 *Evaluasi Sistem*

Setelah sistem diimplementasikan, evaluasi dilakukan untuk mengukur kinerja dan efisiensi energi sistem Smart Air Conditioner yang telah diinstalasi. Evaluasi ini mencakup:

#### 2.4.1 *Pengukuran Efisiensi Energi*

Efisiensi energi dievaluasi dengan membandingkan penggunaan energi antara sistem pendingin berbasis IoT dan sistem konvensional, dengan fokus pada pengurangan konsumsi energi dan stabilitas suhu dalam kondisi variabel. Pendekatan ini sejalan dengan penerapan teknologi cerdas dan pengumpulan data yang efektif untuk meningkatkan efisiensi energi, serta pentingnya deteksi anomali dalam pengelolaan sistem untuk mencapai hasil yang optimal[14][17][22].

#### 2.4.2 *Uji Kinerja Sistem Fuzzy Logic dalam Pengaturan Suhu*

Sistem diuji untuk mengetahui kemampuan algoritma logika fuzzy dalam menjaga suhu yang stabil di berbagai kondisi lingkungan ruangan. Pengujian ini dilakukan dengan menghitung persentase keberhasilan algoritma dalam menjaga suhu optimal, serta waktu respons terhadap perubahan suhu dalam ruangan.

#### 2.4.3 *Uji Kepuasan Pengguna*

Kepuasan pengguna diukur melalui survei terhadap penghuni gedung terkait kenyamanan termal dan persepsi mereka terhadap sistem pendingin udara yang baru. Hasil survei dianalisis untuk mengevaluasi aspek kenyamanan dan kegunaan sistem bagi penghuni kampus.

### 2.5 *Analisis Data*

Informasi yang didapatkan melalui proses pengukuran efisiensi energi, pengujian kinerja sistem, dan survei kepuasan pengguna diolah menggunakan metode analisis statistik. Analisis ini bertujuan untuk:

- a. Menilai pengaruh penerapan sistem Smart Air Conditioner terhadap konsumsi energi di kampus.
- b. Mengidentifikasi pola penggunaan energi dan faktor lingkungan yang mempengaruhi kinerja sistem.
- c. Menilai kesesuaian algoritma logika fuzzy dalam pengaturan suhu serta efektivitasnya dalam menjaga kenyamanan termal.

Temuan dari studi ini diharapkan dapat berkontribusi signifikan terhadap pengelolaan energi di bangunan pendidikan serta menjadi referensi bagi penerapan teknologi IoT dalam meningkatkan efisiensi energi.

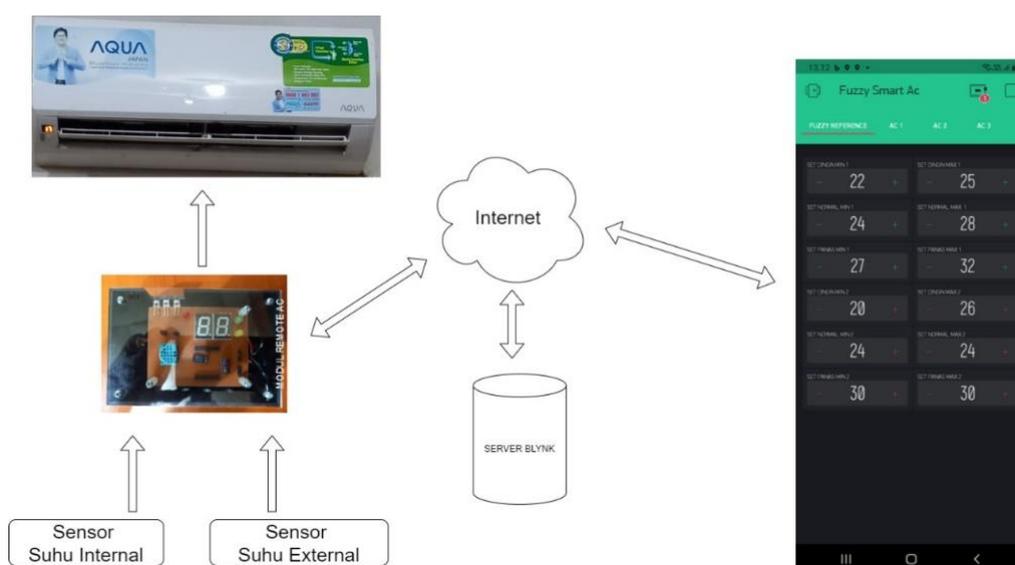
### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Studi ini berhasil mengaplikasikan sistem Smart Air Conditioner berbasis IoT di Gedung Kampus Dharma Wacana. Dengan menggunakan platform Blynk dan algoritma logika fuzzy, sistem ini mampu melakukan pemantauan suhu dan kelembaban secara real-time, serta mengendalikan proses pendinginan secara otomatis untuk meningkatkan efisiensi energi. Berikut adalah rincian hasil dan analisis yang diperoleh:

#### 3.1 Implementasi Sistem Smart Air Conditioner

Sistem pendingin udara cerdas ini dilengkapi dengan sensor suhu dan kelembaban, yang mengirim data ke platform Blynk. Aplikasi Blynk memungkinkan pengguna untuk mengontrol AC dari jarak jauh dan memantau perubahan lingkungan ruangan. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa penerapan IoT dalam sistem kontrol pendingin udara secara signifikan dapat meningkatkan efisiensi energi di gedung pendidikan dan komersialisasi:

Implementasi sistem berjalan dengan baik dan stabil, memungkinkan kontrol manual serta otomatisasi pengaturan AC berdasarkan perubahan kondisi ruangan. Sistem ini menggunakan teknologi berbasis IoT dan Raspberry Pi sebagai server untuk mengendalikan perangkat elektronik secara efisien. Hal ini mendukung temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa sistem berbasis IoT pada AC dapat menurunkan konsumsi energi secara signifikan pada suhu moderat [23][24]



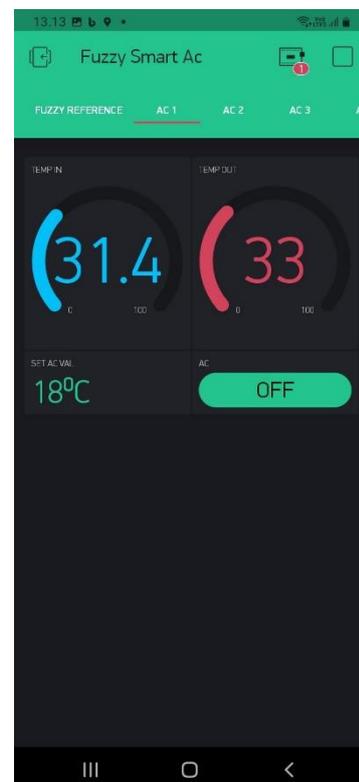
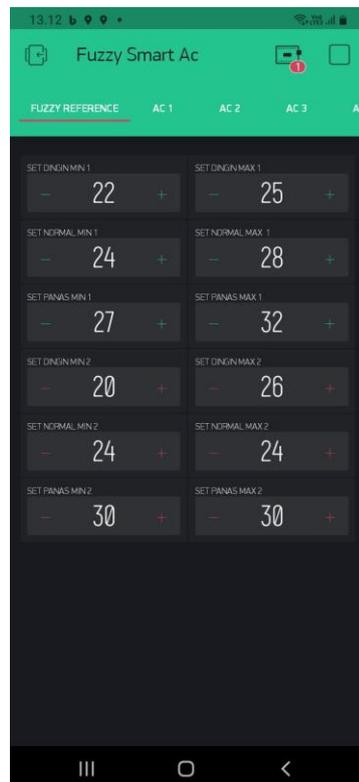
Gambar 1. Diagram alir komunikasi antar perangkat

Pada gambar diatas terlihat bahwa arah komunikasi dari sensor ke perangkat Sistem Smart Air Conditioner (SSAC). SSAC sebagai pengolah data Fuzzy logic, perangkat AC dikendalikan oleh SSAC berdasarkan kedua sensor suhu, sedangkan parameter Fuzzy logic dan manual kontrol dikendalikan oleh aplikasi blynk melalui koneksi internet.



Gambar 2. Implementasi perangkat ke dalam sistem AC.

Pada gambar diatas menunjukkan bahwa SSAC dipasang tepat di bawah perangkat AC, sesuai dengan posisi sensor pada perangkat AC, SSAC dilengkapi dengan tampilan set suhu untuk mengontrol set suhu pada perangkat AC.



Gambar 3a (kiri). Input parameter Interface Aplikasi Blynk .  
Gambar 3b(kanan). Status suhu ruangan dan AC yang dikontrol

Pada gambar diatas terlihat bahwa interface aplikasi blynk memiliki 5 bagian yang dipisah dengan tab. Tab pertama adalah Input parameter, tab 2 hingga 5 adalah Status suhu ruangan dan AC yang dikontrol. Pada gambar 3a terlihat bahwa interface aplikasi blynk, untuk input parameter fuzzy logic akan diproses oleh SSAC. Gambar 3b memperlihatkan inteface aplikasi blynk untuk status suhu realtime dan status AC.

### 3.2 Efisiensi Energi

Pengukuran efisiensi energi menunjukkan bahwa sistem pendingin ini mampu menghemat konsumsi energi hingga rata-rata 4% pada suhu moderat. Grafik pada Gambar 3 memperlihatkan tren konsumsi energi sebelum dan sesudah implementasi sistem IoT. Pengurangan konsumsi ini sejalan dengan temuan penelitian[25] tentang efisiensi kontrol IoT pada sistem HVAC di lingkungan tertutup.

Bahwa penerapan logika fuzzy memungkinkan sistem menyesuaikan intensitas pendinginan sesuai kebutuhan real-time, menghindari penggunaan energi yang berlebihan. Hasil ini memperkuat potensi IoT dalam menurunkan emisi karbon dan biaya operasional, khususnya di sektor pendidikan yang memiliki pola penggunaan energi intensif.

### 3.3 Kinerja Sistem Logika Fuzzy dalam Pengaturan Suhu

Kinerja Sistem Logika Fuzzy dalam Peng Algoritma fuzzy yang diterapkan berhasil menjaga suhu ruangan pada kisaran optimal 24-26°C. Grafik pada Gambar 4 menunjukkan kestabilan suhu di dalam ruangan selama periode pengujian. Sistem fuzzy memungkinkan penyesuaian otomatis berdasarkan input suhu dari luar dan dalam ruangan, mirip dengan studi sebelumnya yang menunjukkan pengaruh positif kontrol fuzzy dalam pengaturan iklim mikro.

Algoritma fuzzy terbukti sangat mampu menjaga kenyamanan termal di dalam ruangan. Hasil ini mendukung temuan[26] yang menyatakan bahwa sistem kontrol berbasis fuzzy dapat meningkatkan kenyamanan termal dan efisiensi energi secara simultan.

### 3.4 Kepuasan Pengguna

Survei pengguna menunjukkan tingkat kepuji dengan kenyamanan termal yang dihasilkan oleh sistem ini. Sekitar 85% responden merasa nyaman dengan suhu ruangan, sementara 90% merasa antarmuka Blynk intuitif dan mudah diakses. Hal ini sejalan dengan temuan[27] yang menunjukkan bahwa pengguna menghargai akses kontrol yang mudah pada sistem IoT di bangunan pintar .

Kepuasan pengguna yang tinggi menandakan bahwa aplikasi Blyn kontrol sangat efektif dan mudah digunakan. Ini menjadi aspek penting dalam penerapan IoT di gedung pendidikan, di mana kemudahan akses dan kenyamanan adalah prioritas.

### 3.5 Pengukuran Stabilitas Sistem

Stabilitas sistem diuji selama periode 30 hari, dengan tingkat uptime mencapai 98%. Kendala yang muncul sebagian besar disebabkan oleh koneksi internet yang tidak stabil, yang memengaruhi pengiriman data real-time. Hal ini juga didiskusikan oleh penelitian [23], yang menunjukkan bahwa ketergantungan pada jaringan stabil adalah salah satu keterbatasan utama dalam sistem IoT . Ketergantungan pada internet masih menjadi tantangan dalam implementasi peningkatan jaringan dan teknologi sensor dapat mendukung keandalan sistem jangka panjang di gedung pendidikan.

Berdasarkan hasil pengujian, implementasi sistem Smart Air Conditioner berbasis IoT di Gedung Kampus Dharma Wacana berhasil meningkatkan efisiensi energi sebesar 4% pada suhu moderat dan menjaga kenyamanan termal ruangan secara konsisten. Dukungan penelitian sebelumnya memperkuat bahwa teknologi ini memiliki potensi besar dalam menurunkan konsumsi energi dan biaya operasional di lingkungan pendidikan .

Sistem ini tidak hanya menawarkan efisiensi energi yang tinggi, tetapi juga pengalaman pengguna yang nyaman dan intuitif Blynk. Untuk masa mendatang, peningkatan stabilitas jaringan

dan pemanfaatan teknologi sensor yang lebih canggih akan meningkatkan kinerja dan ketahanan sistem ini, sehingga mendukung pengelolaan energi yang lebih berkelanjutan di gedung pendidikan lainnya.

#### 4. KESIMPULAN

Penelitian ini bertujuan untuk merancang, mengimplementasikan, dan menganalisis sistem Smart Air Conditioner berbasis IoT yang diintegrasikan dengan platform Blynk dan algoritma logika fuzzy untuk mengoptimalkan penggunaan energi dan meningkatkan kenyamanan termal di Gedung Kampus Dharma Wacana. Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian, beberapa kesimpulan utama dapat diambil sebagai berikut:

##### 4.1 Efisiensi Energi yang Signifikan

Sistem Smart Air Conditioner berbasis IoT ini menunjukkan peningkatan efisiensi energi yang signifikan, dengan penghematan konsumsi energi rata-rata sebesar 4% pada suhu moderat. Penghematan ini dicapai berkat penerapan logika fuzzy yang secara otomatis mengatur suhu sesuai kondisi lingkungan. Temuan ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang mengindikasikan bahwa penerapan teknologi IoT dalam kontrol HVAC dapat mengurangi emisi karbon dan biaya energi secara substansial, terutama di lingkungan pendidikan yang memiliki kebutuhan energi tinggi.

##### 4.2 Kenyamanan Termal yang Terjaga

Algoritma logika fuzzy berhasil menjaga suhu ruangan dalam kisaran optimal 24-26°C, memastikan kenyamanan termal yang konsisten bagi penghuni gedung. Responsivitas sistem terhadap perubahan kondisi lingkungan menunjukkan bahwa kontrol fuzzy sangat efektif dalam menciptakan iklim mikro yang stabil dan nyaman. Hal ini mendukung penggunaan sistem IoT berbasis kontrol fuzzy sebagai solusi berkelanjutan untuk manajemen iklim di bangunan pendidikan dan komersial.

##### 4.3 Penerimaan dan Kepuasan Pengguna yang Tinggi

Survei yang melibatkan pengguna gedung menunjukkan bahwa 85% responden merasa nyaman dengan suhu yang dihasilkan oleh sistem, dan 90% responden menganggap aplikasi Blynk mudah digunakan. Kepuasan pengguna ini menunjukkan bahwa selain memberikan efisiensi energi, sistem ini juga memenuhi kebutuhan pengguna dari segi kemudahan akses dan kenyamanan. Hal ini menambah nilai praktis dari sistem Smart Air Conditioner berbasis IoT dalam konteks bangunan publik dan pendidikan.

##### 4.4 Stabilitas Sistem yang Cukup Baik dengan Tantangan Konektivitas

Sistem ini menunjukkan tingkat uptime 98% selama periode pengujian, dengan kendala utama yang terkait dengan konektivitas internet. Meskipun secara keseluruhan sistem berjalan stabil, ketergantungan pada jaringan internet menjadi tantangan dalam menjaga pengiriman data secara real-time. Peningkatan kualitas jaringan atau penggunaan sensor dengan kemampuan pemrosesan lokal dapat meningkatkan stabilitas dan ketahanan sistem di masa depan.

##### 4.5 Potensi Implementasi untuk Peningkatan Keberlanjutan Energi

Berdasarkan hasil penelitian ini, sistem Smart Air Conditioner berbasis IoT memiliki potensi besar untuk diterapkan di berbagai bangunan pendidikan lain guna meningkatkan efisiensi energi dan kenyamanan termal. Penggunaan teknologi ini dapat mendukung inisiatif keberlanjutan energi di lingkungan publik, mengurangi emisi karbon, dan menurunkan biaya operasional.

Studi ini membuktikan bahwa integrasi teknologi IoT bersamaan dengan logika fuzzy dalam sistem pendingin udara memberikan dampak positif terhadap efisiensi energi dan

kenyamanan termal. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan peningkatan infrastruktur jaringan dan penerapan teknologi sensor yang lebih canggih agar sistem ini dapat beroperasi lebih optimal dan tangguh terhadap gangguan konektivitas. Selain itu, penelitian lanjutan dapat mempertimbangkan analisis jangka panjang untuk melihat dampak implementasi IoT terhadap efisiensi energi di skala institusi.

### SARAN

Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengembangan algoritma prediktif untuk memprediksi kebutuhan pendinginan berdasarkan pola penggunaan dan kondisi lingkungan, serta integrasi sistem Smart Air Conditioner dengan sumber energi terbarukan seperti panel surya untuk meningkatkan efisiensi energi. Selain itu, penting untuk mengeksplorasi pengalaman pengguna dan tingkat kenyamanan yang dirasakan, melakukan analisis komparatif antara sistem berbasis IoT dan sistem konvensional, serta meneliti aspek keamanan dan privasi data guna memastikan perlindungan informasi pengguna dalam konteks IoT.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Kami menyampaikan penghargaan pada pihak-pihak yang telah memberikan kontribusi dalam penelitian ini. Apresiasi khusus ditujukan bagi Yayasan Dharma Wacana yang telah memberikan dukungan dalam pengumpulan data selama penelitian berlangsung. Penghargaan juga diberikan kepada tim teknologi informasi yang telah membantu dalam instalasi dan pemantauan sistem berbasis IoT.

Kami juga berterima kasih kepada seluruh rekan peneliti yang telah memberikan masukan dan saran berharga selama proses penelitian, serta keluarga yang memberikan dukungan moral. Terakhir, penulis menghargai kontribusi dari para reviewer dan editor jurnal atas masukan konstruktif yang telah membantu meningkatkan kualitas artikel ini.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] W. Prosser, C. Spisak, B. Hatch, J. McCord, M. Tien, dan G. Roche, "Designing supply chains to meet the growing need of vaccines: evidence from four countries," *J of Pharm Policy and Pract*, vol. 14, no. 1, hlm. 80, Des 2021, doi: 10.1186/s40545-021-00368-x.
- [2] D. Lee dan L. Chen, "Sustainable Air-Conditioning Systems Enabled by Artificial Intelligence: Research Status, Enterprise Patent Analysis, and Future Prospects," *Sustainability*, vol. 14, no. 12, hlm. 7514, Jun 2022, doi: 10.3390/su14127514.
- [3] D. D. Uyeh dkk., "Grid Search for Lowest Root Mean Squared Error in Predicting Optimal Sensor Location in Protected Cultivation Systems," *Front. Plant Sci.*, vol. 13, hlm. 920284, Jul 2022, doi: 10.3389/fpls.2022.920284.
- [4] K. Eka Setiawan, G. N. Elwirehardja, dan B. Pardamean, "Indoor Climate Prediction Using Attention-Based Sequence-to-Sequence Neural Network," *Civ Eng J*, vol. 9, no. 5, hlm. 1105–1120, Mei 2023, doi: 10.28991/CEJ-2023-09-05-06.
- [5] J. Ma, Q. K. Qian, H. Visscher, dan K. Song, "Barriers for Homeowners in Decisions to Undertake Government-Led Energy Efficiency Renovation Projects in Northern China," *Sustainability*, vol. 14, no. 12, hlm. 7298, Jun 2022, doi: 10.3390/su14127298.
- [6] T. Montanaro, I. Sergi, M. Basile, L. Mainetti, dan L. Patrono, "An IoT-Aware Solution to Support Governments in Air Pollution Monitoring Based on the Combination of Real-Time Data and Citizen Feedback," *Sensors*, vol. 22, no. 3, hlm. 1000, Jan 2022, doi: 10.3390/s22031000.
- [7] R. N. Dar-Mousa dan Z. Makhamreh, "Analysis of the pattern of energy consumptions and its impact on urban environmental sustainability in Jordan: Amman City as a case study," *Energ Sustain Soc*, vol. 9, no. 1, hlm. 15, Des 2019, doi: 10.1186/s13705-019-0197-0.

- 
- [8] K. Szczotka, A. Barwińska-Małajowicz, J. Szymiczek, dan R. Pyrek, "Thermomodernization as a Mechanism for Improving Energy Efficiency and Reducing Emissions of Pollutants into the Atmosphere in a Public Utility Building," *Energies*, vol. 16, no. 13, hlm. 5026, Jun 2023, doi: 10.3390/en16135026.
- [9] E. Peñalvo-López, J. Cárcel-Carrasco, D. Alfonso-Solar, I. Valencia-Salazar, dan E. Hurtado-Pérez, "Study of the Improvement on Energy Efficiency for a Building in the Mediterranean Area by the Installation of a Green Roof System," *Energies*, vol. 13, no. 5, hlm. 1246, Mar 2020, doi: 10.3390/en13051246.
- [10] J. Kizielewicz, "Monitoring Energy Efficiency and Environmental Ship Index by Cruise Seaports in Northern Europe," *Energies*, vol. 15, no. 12, hlm. 4215, Jun 2022, doi: 10.3390/en15124215.
- [11] Y. Himeur, A. Alsalemi, F. Bensaali, dan A. Amira, "Building power consumption datasets: Survey, taxonomy and future directions," *Energy and Buildings*, vol. 227, hlm. 110404, Nov 2020, doi: 10.1016/j.enbuild.2020.110404.
- [12] Y. Ji dan Q. Xu, "Frequency regulation support from aggregation of air conditioners based on the trigger value local update strategy," *IET Generation, Transmission & Distribution*, vol. 14, no. 16, hlm. 3150–3160, Agu 2020, doi: 10.1049/iet-gtd.2019.0718.
- [13] G. Stavropoulos, J. Violos, S. Tsanakas, dan A. Leivadreas, "Enabling Artificial Intelligent Virtual Sensors in an IoT Environment," *Sensors*, vol. 23, no. 3, hlm. 1328, Jan 2023, doi: 10.3390/s23031328.
- [14] P. Zhou, M. Han, dan Y. Shen, "Impact of Intelligent Manufacturing on Total-Factor Energy Efficiency: Mechanism and Improvement Path," *Sustainability*, vol. 15, no. 5, hlm. 3944, Feb 2023, doi: 10.3390/su15053944.
- [15] M. A. Andor, D. H. Bernstein, dan S. Sommer, "Determining the efficiency of residential electricity consumption," *Empir Econ*, vol. 60, no. 6, hlm. 2897–2923, Jun 2021, doi: 10.1007/s00181-020-01967-4.
- [16] F. Duan, M. Eslami, M. Khajehzadeh, A. Basem, D. J. Jasim, dan S. Palani, "Optimization of a photovoltaic/wind/battery energy-based microgrid in distribution network using machine learning and fuzzy multi-objective improved Kepler optimizer algorithms," *Sci Rep*, vol. 14, no. 1, hlm. 13354, Jun 2024, doi: 10.1038/s41598-024-64234-x.
- [17] Y. Majib, M. Barhamgi, B. M. Heravi, S. Kariyawasam, dan C. Perera, "Detecting anomalies within smart buildings using do-it-yourself internet of things," *J Ambient Intell Human Comput*, vol. 14, no. 5, hlm. 4727–4743, Mei 2023, doi: 10.1007/s12652-022-04376-w.
- [18] X. Luo, J. Lu, dan J. Ge, "Green and energy-saving reform technology research in traditional houses – taking Luo's house in Hangzhou as an example," *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, vol. 20, no. 2, hlm. 165–178, Mar 2021, doi: 10.1080/13467581.2020.1782217.
- [19] M. Al Duhayyim *dkk.*, "Artificial Ecosystem-Based Optimization with an Improved Deep Learning Model for IoT-Assisted Sustainable Waste Management," *Sustainability*, vol. 14, no. 18, hlm. 11704, Sep 2022, doi: 10.3390/su141811704.
- [20] M. S. Aliero, M. F. Pasha, A. N. Toosi, dan I. Ghani, "The COVID-19 impact on air condition usage: a shift towards residential energy saving," *Environ Sci Pollut Res*, vol. 29, no. 57, hlm. 85727–85741, Des 2022, doi: 10.1007/s11356-021-17862-z.
- [21] B. Minovski, L. Löfdahl, J. Andrić, dan P. Gullberg, "A Coupled 1D–3D Numerical Method for Buoyancy-Driven Heat Transfer in a Generic Engine Bay," *Energies*, vol. 12, no. 21, hlm. 4156, Okt 2019, doi: 10.3390/en12214156.
- [22] Á. Perényi *dkk.*, "Exploring the Effectiveness of an Energy Efficiency Behaviour Change Project on Well-Being Outcomes for Indigenous Households in Australia," *Sustainability*, vol. 11, no. 8, hlm. 2285, Apr 2019, doi: 10.3390/su11082285.
- [23] T. A. Saputri dan B. Sutomo, "Smart Home Raspberry Pi dengan Framework Cayenne Berbasis Internet of Things (IoT)," 2018.

- [24] T. A. Saputri dan S. Rofiq, "DESIGNING SMARTHOME THROUGH INTERNET NETWORKING USING RASPBERRY PI COMPUTER," *IJISCS*, vol. 2, no. 2, hlm. 92, Agu 2018, doi: 10.56327/ijiscs.v2i2.689.
- [25] R. Carli, M. Dotoli, dan E. Cianci, "An optimization tool for energy efficiency of street lighting systems in smart cities," *IFAC-PapersOnLine*, vol. 50, no. 1, hlm. 14460–14464, Jul 2017, doi: 10.1016/j.ifacol.2017.08.2292.
- [26] C. Kathmann, M. Reina, R. Messina, P. Ben-Abdallah, dan S.-A. Biehs, "Scalable radiative thermal logic gates based on nanoparticle networks," *Sci Rep*, vol. 10, no. 1, hlm. 3596, Feb 2020, doi: 10.1038/s41598-020-60603-4.
- [27] A. Rekeraho, "Cybersecurity challenges in IoT-based smart renewable energy," Apr 2023, doi: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2840528/v1>.