

Rancang Bangun Kontrol Air Conditioner Otomatis Menggunakan Algoritma Propotional Integral Derivative (PID) Berbasis Internet of Things

Putri Sinaga, Jon Enri, Ade Silvia Handayani*

Teknik Telekomunikasi, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia
Email: ¹putrisinaga1410@gmail.com, ²osorus11@gmail.com, ^{3,*}adesilviahy@gmail.com
Email Penulis Korespondensi: adesilviahy@gmail.com

Submitted: 26/07/2024; Accepted: 29/12/2024; Published: 30/12/2024

Abstrak—Sistem kontrol AC yang efisien dan responsif sangat penting untuk menjaga kenyamanan termal serta efisiensi energi di sebuah ruangan. Penelitian ini mengembangkan sistem kontrol AC berbasis jumlah orang yang masuk atau keluar ruangan menggunakan algoritma PID (Proportional-Integral-Derivative) yang terintegrasi dengan teknologi Internet of Things melalui platform Blynk. Sensor infrared proximity dan suhu digunakan untuk mendeteksi jumlah orang yang berada di dalam ruangan serta mengukur suhu ruangan. Data ini kemudian diolah oleh mikrokontroler ESP32 yang menjalankan algoritma PID untuk menghasilkan sinyal kontrol yang akan mengatur suhu AC menuju setpoint. Sistem ini memungkinkan pengaturan suhu AC secara dinamis berdasarkan perubahan jumlah orang di dalam ruangan, yang diharapkan dapat mengoptimalkan konsumsi energi. Selain itu, integrasi dengan Blynk memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem secara real-time melalui aplikasi smartphone, memberikan fleksibilitas dan kontrol yang lebih baik kepada pengguna. Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem ini mampu merespons perubahan jumlah orang dan menjaga suhu ruangan dalam batas yang nyaman (setpoint). Dengan demikian, sistem ini menawarkan solusi efektif untuk manajemen suhu ruangan yang lebih cerdas.

Kata Kunci: Sistem Kontrol; Algoritma Proportional-Integral-Derivative (PID); Internet of Things

Abstract—An efficient and responsive air conditioning control system is essential for maintaining thermal comfort as well as energy efficiency in a room. This research develops an AC control system based on the number of people entering or leaving the room using the PID (Proportional-Integral-Derivative) algorithm integrated with Internet of Things technology through the Blynk platform. Infrared proximity and temperature sensors are used to detect the number of people in the room and measure the room temperature. This data is then processed by the ESP32 microcontroller which runs the PID algorithm to generate a control signal that will adjust the AC temperature towards the setpoint. This system allows the AC temperature to be dynamically adjusted based on changes in the number of people in the room, which is expected to optimize energy consumption. In addition, integration with Blynk allows real-time monitoring and control of the system through a smartphone app, providing users with greater flexibility and control. The trial results show that the system is able to respond to changes in the number of people and maintain the room temperature within comfortable limits (setpoint). As such, it offers an effective solution for smarter room temperature management.

Keywords: Control System; Proportional-Integral-Derivative (PID) Algorithm; Internet of Things

1. PENDAHULUAN

Air Conditioner (AC) adalah alat penyejuk udara yang dirancang untuk menstabilkan suhu udara dan kelembaban suatu ruangan. Menurut penelitian Neil E. Klepeis, orang menghabiskan 89% waktunya di dalam ruangan[1][2]. Kondisi ruangan yang sejuk dan nyaman akan meningkatkan efisiensi produktivitas manusia sehari – hari. Namun, penggunaan AC kadang tidak disertai dengan tata cara penggunaan yang baik dan benar. Meningkatkan jumlah udara segar juga akan meningkatkan konsumsi energi AC. Konsumsi energi angin mewakili lebih dari 30% dari konsumsi energi sistem pendingin ruangan[3]. Pengguna AC sengaja mengatur AC pada suhu terendah pada remote control dan para pengguna sering kali lupa dalam mematikan AC saat sudah tidak dipakai lagi[4].

Pengaturan manual suhu AC sering kali tidak efisien dan kurang responsif terhadap perubahan kondisi lingkungan maka diperlukan sistem kontrol yang dapat menyalakan dan mematikan AC secara otomatis berdasarkan jumlah orang dalam ruangan. Sistem kontrol adalah sekumpulan perintah untuk mengatur perilaku perangkat dan sistem kontrol dapat berupa loop terbuka atau loop tertutup[5][6]. Untuk menghasilkan sistem kontrol AC dengan kinerja yang akurat dan peka terhadap perubahan lingkungan eksternal maka digunakan sistem loop tertutup atau closed-loop system. Dengan menggunakan sistem loop tertutup atau closed-loop system dapat membandingkan output aktual dengan output yang diinginkan dan menyesuaikan tindakan kontrol sesuai kebutuhan.

Menurut Jiang (2024) [7], algoritma Proportional-Integral-Derivative (PID) merupakan salah satu metode pengendalian pertama yang dikembangkan dan banyak diterapkan dalam pengendalian proses industri karena kesederhanaan algoritmanya, kehandalan tinggi, dan ketahanannya yang baik. Algoritma ini sudah terbukti lebih efektif dalam mencapai akurasi yang tinggi. Hal ini dikarenakan respon yang cepat terhadap kesalahan yang dapat membantunya sistem kontrol untuk segera mendekati setpoint.

Penerapan algoritma Proportional-Integral-Derivative (PID) ditemukan dalam berbagai aplikasi bidang teknologi. Menurut Singh (2023)[8], algoritma PID adalah metode yang paling optimum dalam mencapai akurasi pengontrolan yang tinggi terhadap peralatan rumah berdasarkan kondisi lingkungan. Dengan terintegrasi dengan receiver, modul Wi-Fi memungkinkan kontrol peralatan rumah melalui aplikasi seluler yang diakses melalui Internet. Shi dan Wei (2020) [9] menggunakan algoritma PID untuk mencapai nilai target yang diinginkan untuk suhu dan kelembaban ruangan. Carli (2020) [10], menggunakan IoT pada sistem kontrol HVAC yang memungkinkan

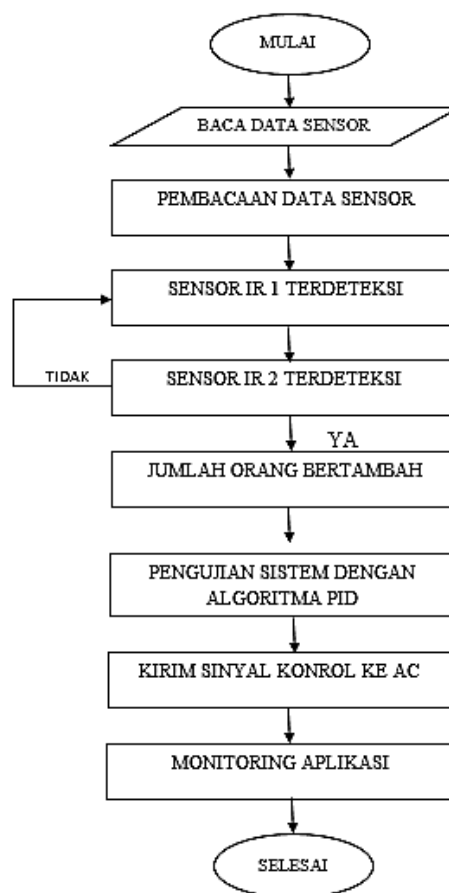
penerapan algoritma dapat dipantau dan dikontrol dari jarak jauh melalui antarmuka pengguna. Pratomo (2023) [11], membuat sistem remoting AC berbasis web server yang dapat menyalakan atau mematikan AC dari jarak jauh melalui web.

Penelitian ini berfokus pada pengembangan sistem kontrol AC otomatis berdasarkan jumlah orang masuk atau keluar ruangan dengan menggunakan algoritma PID berbasis Internet of Things diterapkan untuk menjaga suhu AC di sekitar setpoint yang telah ditentukan. Kontrol suhu AC dalam ruangan secara otomatis dengan sensor infrared menghitung jumlah orang yang masuk atau keluar ruangan serta memastikan AC mati ketika ruangan tidak digunakan lagi. Algoritma ini akan menghitung error antara suhu yang diinginkan (setpoint) dan suhu aktual, kemudian menghasilkan sinyal kontrol untuk mengatur daya pendingin AC yang dapat di monitoring dari jarak jauh menggunakan IoT.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode yang dirancang untuk menggabungkan alur kerja penelitian secara sistematis guna mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Alur kerja tersebut mencakup tahapan-tahapan yang digunakan untuk melaksanakan penelitian, mulai dari perumusan masalah, pengumpulan data, analisis, hingga implementasi dan pengujian sistem yang diusulkan. Dalam penelitian ini, fokus utama adalah pengembangan sistem kontrol suhu pada pendingin ruangan (AC) yang dapat menyesuaikan kinerjanya berdasarkan jumlah orang yang masuk atau keluar ruangan. Sistem ini dirancang menggunakan algoritma Proportional-Integral-Derivative (PID), yang merupakan algoritma kontrol yang dapat meningkatkan efisiensi pengaturan suhu dengan mengurangi penyimpangan dari nilai yang diinginkan. Untuk memberikan gambaran yang lebih jelas mengenai tahapan penelitian, Gambar 1 menyajikan alur penelitian secara terperinci, mulai dari proses awal hingga evaluasi kinerja sistem yang dihasilkan.

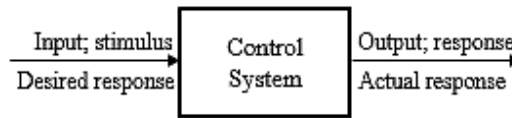


Gambar 1. Skema Pembuatan Sistem Kontrol AC

2.2 Sistem Kontrol

Sistem kontrol atau sistem kendali adalah sekumpulan perangkat yang berfungsi untuk mengendalikan, memerintah, dan mengatur kondisi suatu sistem[12]. Sistem kontrol terdiri dari subsistem dan proses yang dirangkai untuk mencapai output yang diinginkan dengan kinerja tertentu berdasarkan input yang telah ditentukan. Gambar 2

menunjukkan sistem kontrol dalam bentuk yang paling sederhana, di mana input menggambarkan output yang diinginkan.

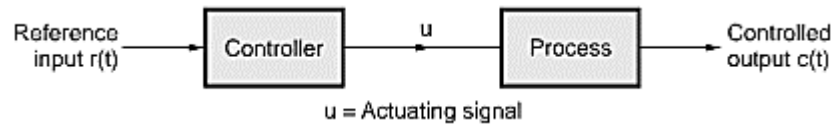


Gambar 2. Deskripsi Sederhana Dari Sistem Kontrol

Sistem kendali secara umum dapat dibagi menjadi dua jenis utama berdasarkan mekanisme pengontrolannya, yaitu sistem kontrol terbuka (Open Loop System) dan sistem kontrol tertutup (Close Loop System). Sistem kontrol terbuka adalah sistem yang bekerja tanpa umpan balik, di mana output tidak memengaruhi proses pengendalian. Sebagai contoh, sebuah pemanas air yang terus beroperasi dengan daya tetap tanpa mempertimbangkan suhu aktual air. Sebaliknya, sistem kontrol tertutup melibatkan mekanisme umpan balik, di mana output dipantau dan digunakan untuk mengatur proses pengendalian agar tetap sesuai dengan nilai yang diinginkan. Contoh umum dari sistem kontrol tertutup adalah termostat pada pemanas air, yang secara otomatis menyesuaikan daya pemanas berdasarkan suhu air yang terdeteksi.

2.2.1 Sistem Kontrol Terbuka (Open Loop System)

Open Loop System adalah sebuah sistem pengendalian di mana output dipengaruhi oleh input, namun tidak ada mekanisme umpan balik yang menghubungkan output dengan tindakan pengendalian. Dengan kata lain, dalam sistem ini, proses pengontrolan sepenuhnya bergantung pada input awal yang diberikan, tanpa mempertimbangkan perubahan atau kondisi aktual dari output. Sistem ini biasanya lebih sederhana dalam desain, namun kurang responsif terhadap gangguan atau perubahan lingkungan karena tidak dapat menyesuaikan tindakannya berdasarkan hasil aktual. Contoh dari sistem kontrol terbuka adalah mesin cuci sederhana yang bekerja berdasarkan timer tetap, tanpa memperhatikan kebersihan pakaian atau kondisi air di dalam mesin[13][14].

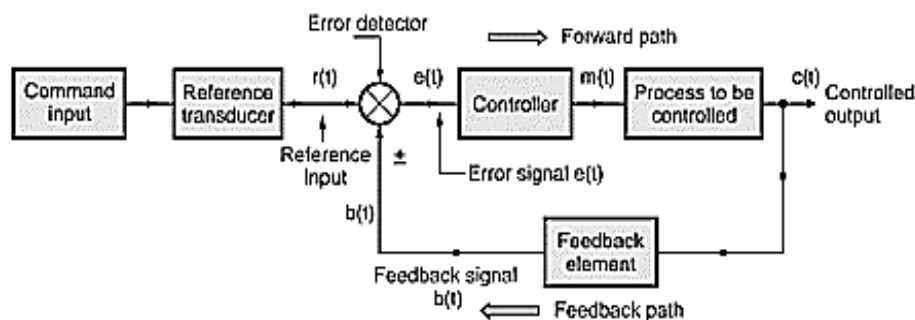


Gambar 3. Sistem Open Loop Control

Input referensi $r(t)$ adalah nilai yang diinginkan atau target yang ingin dicapai oleh sistem kendali. Input ini diterapkan pada pengontrol, yang bertugas memproses sinyal tersebut dan menghasilkan sinyal penggerak u . Sinyal penggerak ini merupakan instruksi atau tindakan yang dikirimkan ke aktuator atau elemen pengendali dalam sistem untuk mengatur proses yang dikendalikan. Proses ini kemudian menghasilkan output terkontrol $c(t)$, yaitu nilai aktual yang dihasilkan oleh sistem dan diharapkan sesuai dengan input referensi $r(t)$. Dalam sistem kontrol tertutup, output $c(t)$ biasanya dipantau melalui umpan balik untuk memastikan perbedaan antara nilai referensi dan output diminimalkan.

2.2.2 Sistem Kontrol Tertutup (Close Loop System)

Close Loop System adalah sebuah sistem di mana tindakan pengendalian atau inputnya bergantung pada output atau perubahan dalam output. Untuk memiliki ketergantungan input pada output, sistem tersebut memanfaatkan properti umpan balik. Umpan balik adalah fitur dari sistem yang memungkinkan output dibandingkan dengan input referensi, sehingga dapat menghasilkan sinyal kesalahan yang digunakan untuk menentukan tindakan pengendalian yang tepat. Dalam sistem seperti ini, output atau sebagian dari output dikembalikan ke input untuk dibandingkan dengan input referensi yang diberikan[15][16].



Gambar 4. Sistem Closed Loop Control

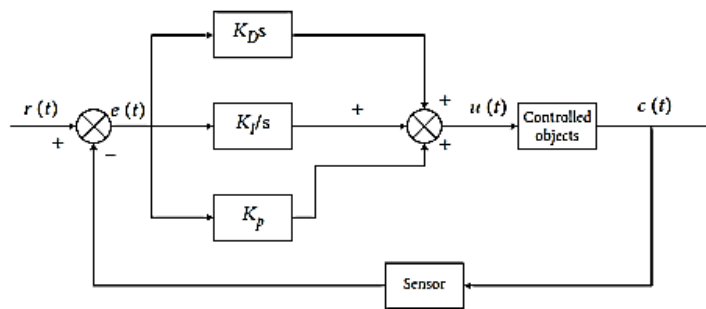
2.3 Proportional-Integral-Derivative (PID)

Proportional-Integral-Derivative (PID) adalah metode yang banyak digunakan dalam kontrol proses industri. Kontrol ini menyesuaikan output sistem kontrol untuk mengelola objek yang dikontrol dan meminimalkan deviasi dari nilai yang ditetapkan [17]. Kontroler PID terdiri dari unit proporsional, unit integral, dan unit derivatif, dengan efek kontrol ditentukan oleh tiga parameter: K_p , K_i , dan K_d [7]. Unit proporsional menyesuaikan sinyal kontrol secara proporsional dengan deviasi, dengan cepat menguranginya. Sistem kontrol PID secara terus menerus menghitung nilai kesalahan $e(t)$ dari sistem, yang merupakan selisih antara setpoint yang diinginkan (SP) dan variabel proses yang diukur (PV), serta menerapkan koreksi berdasarkan unit proporsional, integral, dan derivatif [18]. Tujuan dari kontroler PID adalah untuk menyesuaikan input sistem guna meminimalkan nilai kesalahan, sehingga mencapai perilaku sistem yang diinginkan [19]. Nilai kesalahan sistem dapat dihitung dengan mengurangkan variabel proses yang diukur dari setpoint yang diinginkan:

$$e(t) = SP - PV \tag{1}$$

Setelah memperoleh nilai kesalahan sistem, kontroler PID menerapkan koreksi pada input sistem dengan menggunakan variabel PID untuk berusaha mencapai output yang diinginkan dan secara bertahap menuju perilaku sistem yang diinginkan. Persamaan kendali PID dalam domain waktu (t) dapat dinyatakan sebagai berikut:

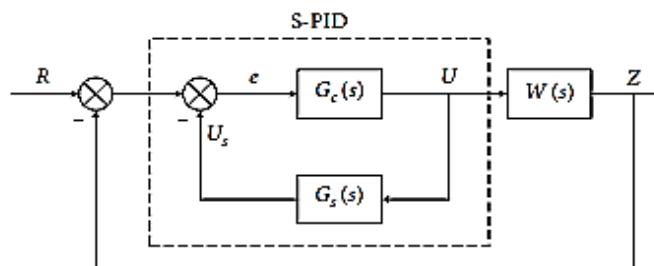
$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \tag{2}$$



Gambar 5. Diagram Skema PID

2.3.1 Predictive PID Control

Pada dasarnya, keluaran dari pengendali PID dikembalikan ke terminal input PID melalui bagian kompensasi untuk mengatasi keterlambatan yang terjadi pada objek yang dikendalikan. Mekanisme ini bertujuan untuk meningkatkan respons sistem terhadap perubahan input dan meminimalkan kesalahan akibat penundaan dalam proses pengendalian. Dalam penerapan teknik yang lebih canggih, seperti prediktor Smith, digunakan pendekatan tambahan untuk mengatasi penundaan waktu murni pada objek yang dikendalikan. Prediktor Smith bekerja dengan memprediksi efek penundaan waktu dan menyesuaikan sinyal kontrol secara proaktif agar sistem tetap stabil dan sesuai dengan nilai referensi. Implementasi teknik ini, yang bertujuan untuk mengoptimalkan performa pengendalian PID dalam menghadapi penundaan waktu, dapat dilihat secara detail pada Gambar 6.



Gambar 6. Deskripsi

2.3.2 Adaptive PID Control

Pengontrol PID yang dirancang untuk beradaptasi dengan perubahan parameter proses yang dikendalikan dikenal sebagai pengontrol PID adaptif. Jenis pengontrol ini bekerja dengan mengidentifikasi dan menyesuaikan parameter kontrol berdasarkan estimasi parameter model proses yang dikendalikan. Pendekatan ini memungkinkan pengontrol untuk tetap efektif meskipun terjadi perubahan dalam karakteristik sistem. Selain itu, terdapat jenis pengontrol PID adaptif lainnya yang tidak sepenuhnya bergantung pada model parameter proses, tetapi berdasarkan karakteristik tertentu dari proses yang dikendalikan, seperti penguatan osilasi kritis dan frekuensi osilasi kritis. Jenis pengontrol ini dikenal sebagai pengontrol PID adaptif non-parametrik. Pendekatan ini cocok digunakan untuk sistem di mana model

matematisnya sulit ditentukan atau terdapat ketidakpastian dalam parameter proses, karena metode ini hanya menggunakan informasi karakteristik kritis untuk menyesuaikan parameter pengontrol secara adaptif[20][21].

2.4 Internet of Things

Internet of Things (IoT) adalah sebuah ekosistem dalam Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) yang terdistribusi, yang mengintegrasikan berbagai komponen seperti sensor, perangkat komputasi, algoritma, dan objek fisik yang disebut sebagai 'Things.' Objek-objek ini memiliki identitas unik dan kemampuan untuk mengumpulkan, memproses, serta mentransfer data secara otomatis melalui jaringan yang terhubung tanpa memerlukan intervensi manusia. IoT dirancang untuk mendukung pengambilan keputusan secara otonom, memanfaatkan data yang dihasilkan oleh perangkat untuk menciptakan interaksi yang efisien dan cerdas[22]

Salah satu elemen kunci dalam sistem IoT adalah jaringan komunikasi, yang bertanggung jawab untuk memungkinkan aliran informasi di antara elemen-elemen seperti sensor, aktuator, perangkat, pengontrol, dan sistem penyimpanan data. Jaringan ini memastikan integrasi yang mulus antara perangkat keras dan perangkat lunak dalam sistem IoT, mendukung konektivitas skala besar dan memungkinkan analitik data yang lebih efektif untuk berbagai aplikasi, mulai dari rumah pintar hingga sistem industri yang kompleks[23].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Alat

Berikut ini adalah hasil rancangan perangkat keras sistem kontrol AC menggunakan algoritma Proportional-Integral-Derivative berbasis Internet of Things. Dimana alat ini mampu bekerja sesuai dengan hasil sensor dan algoritma Proportional-Integral-Derivative seperti menghidupkan Air Conditioner, mematikan Air Conditioner, dan mengontrol besar suhu sesuai dengan jumlah orang dalam ruangan dan suhu ruangan tersebut serta dapat mengirimkan data secara real time ke blynk. Sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6572-2001, rentang suhu kenyamanan untuk daerah tropis sekitar 22°C hingga 25°C, maka setpoint diatur pada suhu 23°C. Pengujian alat dilakukan di sebuah ruangan seluas 20 m² dengan Air Conditioner tipe panasonic 1PK.

3.1.1 Pengujian Sensor DHT22

Pengujian alat dengan membandingkan hasil pengukuran suhu AC dan suhu ruangan (suhu dari sensor) yang didapatkan. Dilakukan pengujian alat secara real testing untuk mengetahui apakah alat dapat mengontrol suhu AC sesuai dengan jumlah orang dalam ruangan dan kondisi suhu lingkungan ruangan. Pengujian ini dilakukan sebanyak 20 kali sesuai jumlah orang yang masuk ruangan. Setelah pengujian, dilakukan perhitungan error antara suhu ruangan dan suhu AC. Seluruh hasil pengujian yang dilakukan dijelaskan dalam bentuk tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil Perbandingan Pengukuran Suhu AC dan Suhu Ruangan

Jumlah Orang Masuk	Suhu Ruangan (°C)	Suhu AC (°C)	Selisih Pembacaan Suhu (°C)	Error(%)
1	30	27	3	0,11
2	30	27	3	0,11
3	29	27	2	0,07
4	29	27	2	0,07
5	29	26	3	0,12
6	28	26	2	0,08
7	28	26	2	0,08
8	27	26	1	0,04
9	27	25	2	0,08
10	27	25	2	0,08
11	26	24	2	0,08
12	26	24	2	0,08
13	26	24	2	0,08
14	26	24	2	0,08
15	25	23	2	0,09
16	25	23	2	0,09
17	25	23	2	0,09
18	24	23	1	0,04
19	24	23	1	0,04
20	24	22	2	0,09

Tabel 1 menyajikan hasil pengujian sensor DHT22 pada kondisi suhu ruangan untuk mengukur akurasi sensor dalam mendeteksi perubahan suhu. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan data keluaran sensor DHT22 dengan nilai referensi yang diukur menggunakan alat kalibrasi standar. Berdasarkan hasil pengujian, dilakukan

perhitungan persentase error untuk mengevaluasi tingkat penyimpangan sensor DHT22 terhadap nilai referensi. Perhitungan persentase error dilakukan menggunakan rumus berikut:

$$error = \frac{Nilai\ Suhu\ Ruangan - Suhu\ AC}{Suhu\ AC} * 100\% \tag{3}$$

Rata-rata error berdasarkan Tabel 1 di atas adalah:

$$Rata - rata\ error = \frac{\sum error}{\sum uji\ coba}$$

$$Rata - rata\ error = \frac{1,61}{20}$$

$$Rata - rata\ error = 0,08$$

Pengujian perbandingan hasil ukur sensor DHT22 terhadap suhu AC dilakukan untuk mengevaluasi keakuratan dan keandalan sensor dalam mendeteksi perubahan suhu yang dihasilkan oleh sistem pendingin udara (AC). Pengujian ini bertujuan memastikan bahwa alat yang dirancang dapat berfungsi sesuai dengan tujuan penelitian, yaitu memantau suhu secara akurat dan konsisten. Data yang diperoleh dari sensor DHT22 dibandingkan dengan suhu yang diatur pada AC untuk mengidentifikasi tingkat kesesuaian antara keduanya. Hasil pengujian ini menjadi dasar dalam menilai performa sistem serta menentukan apakah alat yang dibangun dapat memenuhi kebutuhan aplikasi yang diharapkan.

3.1.2 Pengujian Deteksi Jarak IR1 dan IR2

Pengujian sensor infrared proximity yang mendeteksi jarak untuk mengetahui apakah seseorang masuk atau keluar ruangan. Sensor ini digunakan di pintu untuk dapat mendeteksi keberadaan orang pada jarak tertentu. Jika sensor IR1 lebih dahulu mendeteksi jarak dibandingkan IR2 artinya seseorang masuk ruangan. Sebaliknya jika sensor IR2 lebih dahulu mendeteksi jarak dibandingkan IR1 artinya seseorang keluar ruangan. Jumlah orang dalam ruangan akan ditampilkan di Blynk. Dilihat dari Tabel 2 hasil jarak deteksi objek diuji sebanyak 19 kali dengan jarak yang berbeda-beda. Sensor IR1 tidak dapat mendeteksi pada jarak 83 cm untuk jumlah orang bertambah. Sedangkan sensor IR2 tidak dapat mendeteksi pada jarak 85 cm untuk jumlah orang berkurang.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Jarak Dengan Sensor Infrared

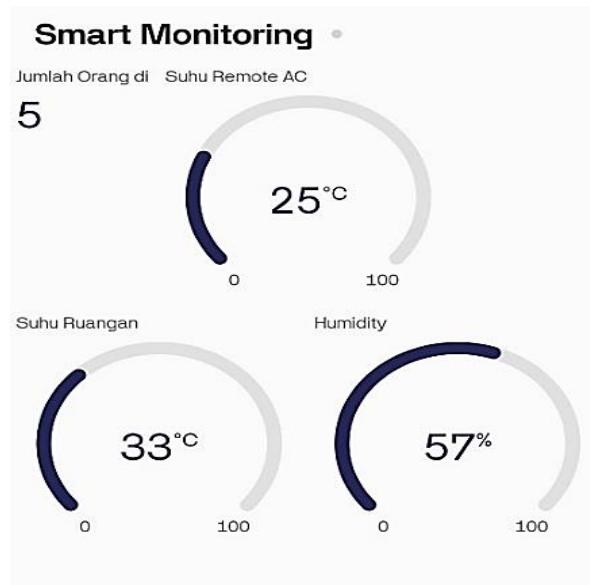
Pengujian Ke	Jarak dari Sensor IR 1 (cm)	Jarak dari Sensor IR 2 (cm)	Status Deteksi	Waktu Respon (s)	Keterangan
1	8	3	YA	7	Jumlah Orang Bertambah Satu
2	15	10	YA	10	Jumlah Orang Bertambah Satu
3	25	20	YA	13	Jumlah Orang Bertambah Satu
4	36	31	YA	10	Jumlah Orang Bertambah Satu
5	44	39	YA	15	Jumlah Orang Bertambah Satu
6	50	45	YA	18	Jumlah Orang Bertambah Satu
7	56	51	YA	14	Jumlah Orang Bertambah Satu
8	67	62	YA	15	Jumlah Orang Bertambah Satu
9	76	70	YA	16	Jumlah Orang Bertambah Satu
10	83	80	TIDAK	8	TIDAK TERDETEKSI
11	3	5	YA	5	Jumlah Orang Berkurang Satu
12	6	10	YA	5	Jumlah Orang Berkurang Satu
13	15	20	YA	8	Jumlah Orang Berkurang Satu
14	27	32	YA	10	Jumlah Orang Berkurang Satu
15	35	40	YA	8	Jumlah Orang Berkurang Satu
16	44	50	YA	15	Jumlah Orang Berkurang Satu

Pengujian Ke	Jarak dari Sensor IR 1 (cm)	Jarak dari Sensor IR 2 (cm)	Status Deteksi	Waktu Respon (s)	Keterangan
17	55	60	YA	12	Jumlah Orang Berkurang Satu
18	64	70	YA	12	Jumlah Orang Berkurang Satu
19	80	85	TIDAK	10	TIDAK TERDETEKSI

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran jarak yang dilakukan dengan menggunakan dua sensor Infrared (IR) untuk mendeteksi jumlah orang yang masuk dan keluar ruangan. Setiap pengujian mencatat jarak yang terdeteksi oleh Sensor IR 1 dan Sensor IR 2, serta status deteksi yang menunjukkan apakah sensor berhasil mendeteksi pergerakan orang (dengan status "YA") atau tidak terdeteksi (status "TIDAK"). Selain itu, waktu respon (dalam detik) dicatat untuk mengukur seberapa cepat sensor merespons perubahan jarak. Dalam pengujian ini, ketika sensor mendeteksi perubahan jarak, sistem akan mencatat adanya penambahan atau pengurangan jumlah orang di dalam ruangan, seperti yang tercatat pada kolom keterangan. Pengujian dengan jarak lebih dari 80 cm menunjukkan bahwa tidak terdeteksi adanya orang yang masuk atau keluar, yang tercermin dalam status "TIDAK TERDETEKSI." Secara keseluruhan, tabel ini memberikan gambaran mengenai kinerja sensor IR dalam mendeteksi pergerakan orang berdasarkan jarak dan waktu responnya.

3.1.3 Tampilan *Monitoring* di Blynk

Data yang dihasilkan dari pembacaan sensor DHT22 mencakup dua parameter utama, yaitu suhu ruangan dan kelembaban udara, yang memberikan informasi penting mengenai kondisi lingkungan di dalam ruangan. Selain itu, sensor Infrared Proximity digunakan untuk mendeteksi jumlah orang yang berada dalam ruangan, yang menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi pengaturan suhu. Berdasarkan data yang diperoleh dari kedua sensor ini, algoritma proporsional (PID) kemudian mengontrol suhu pada setpoint yang diinginkan secara real-time. Seluruh proses pemantauan dan pengaturan suhu dapat dilakukan secara langsung melalui aplikasi Blynk, yang memungkinkan pengguna untuk memonitor dan mengontrol sistem secara jarak jauh dengan antarmuka yang user-friendly.



Gambar 7. Tampilan *Monitoring* Pada Blynk

4. KESIMPULAN

Algoritma PID terbukti efektif dalam menjaga suhu AC di sekitar setpoint yang ditentukan, yaitu 23°C, dengan penyesuaian responsif terhadap perubahan jumlah orang dan suhu di ruangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu ruangan tetap konsisten dengan setpoint yang diinginkan meskipun terjadi rata-rata error sebesar 0,08 akibat fluktuasi beban panas. Penggunaan algoritma PID dalam sistem kontrol AC berbasis IoT tidak hanya meningkatkan kenyamanan pengguna dengan menjaga stabilitas suhu, tetapi juga memungkinkan pengumpulan dan analisis data real-time, seperti jumlah orang di ruangan, suhu, kelembapan, dan suhu AC, melalui integrasi dengan teknologi IoT berupa Blynk. Sistem ini menunjukkan kemampuan adaptasi yang baik terhadap perubahan kondisi dalam ruangan. Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan untuk meningkatkan fungsionalitas alat dengan mempertimbangkan rancangan perangkat keras yang lebih responsif atau memiliki kapasitas lebih tinggi guna menangani fluktuasi suhu serta perubahan jumlah orang yang tiba-tiba.



REFERENCES

- [1] H. WIDIARTO and P. D. W. I. D. KUSUMA, “Otomatisasi Dan Monitoring Air Conditioner (AC) Berbasis Arduino UNO Ruang Seminar Gedung Teknik Penerbangan Baru,” *KNOWLEDGE: Jurnal Inovasi Hasil Penelitian dan Pengembangan*, vol. 2, no. 1, pp. 44–55, 2022, doi: 10.51878/knowledge.v2i1.1138.
- [2] T. Arfanyah, M. Rasyid, and S. Supriono, “Analisa Kinerja Ac (Air Conditioner) Terhadap Perubahan Tekanan Dan Kecepatan Putaran Kompresor Pada Mobil Xenia Type R Tahun 2018,” *Media Informasi Penelitian Kabupaten Semarang*, vol. 5, no. 2, pp. 214–220, 2023, doi: 10.55606/sinov.v5i2.696.
- [3] E. Nurmala, E. P. Kusumawardhana, A. Sahputra, and I. Saifudin, “Optimizing Maintenance and Repair of Central Air Conditioning on MV. Tanto Bersinar: Optimalisasi Perawatan dan Perbaikan AC Central di Kapal MV. Tanto Bersinar,” *ALTAIR: Jurnal Transportasi dan Bahari*, vol. 1, no. 1, pp. 38–44, 2024, doi: 10.62554/wqwwmz53.
- [4] Y. Arnas *et al.*, “PELATIHAN PERAWATAN AIR CONDITIONER (AC) UNTUK SISWA SMK PENERBANGAN DIRGHANTARA,” *Jubaedah: Jurnal Pengabdian dan Edukasi Sekolah (Indonesian Journal of Community Services and School Education)*, vol. 4, no. 1, pp. 76–86, 2024, doi: 10.46306/jub.v4i1.141.
- [5] R. Sudrajat and F. Rofifah, “Rancang Bangun Sistem Kendali Kipas Angin dengan Sensor Suhu dan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno,” *Remik: Riset dan E-Jurnal Manajemen Informatika Komputer*, vol. 7, no. 1, pp. 555–564, 2023, doi: 10.33395/remik.v7i1.12082.
- [6] A. Sari and F. Jusmi, “PERANCANGAN SISTEM KONTROL PID DENGAN APLIKASI SCILAB,” *Applied Physics of Cokroaminoto Palopo*, vol. 2, no. 1, pp. 31–41, 2021, doi: 10.30605/apcp.v2i1.86.
- [7] H. Jiang, “Overview and development of PID control,” *Applied and Computational Engineering*, vol. 66, no. 1, pp. 187–191, 2024, doi: 10.54254/2755-2721/66/20240946.
- [8] R. Singh *et al.*, “Internet of Things Enabled Intelligent Automation for Smart Home with the Integration of PSO Algorithm and PID Controller,” *Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 2023, 2023, doi: 10.1155/2023/9611321.
- [9] Z. Shi, J. Wei, and C. Wang, “Design of Control System for Fresh Air Conditioner,” 2020, doi: 10.1088/1742-6596/1646/1/012115.
- [10] R. Carli, G. Cavone, S. Ben Othman, and M. Dotoli, “IoT based architecture for model predictive control of HVAC systems in smart buildings,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 3, pp. 1–18, 2020, doi: 10.3390/s20030781.
- [11] Rizki Pratomo, Ghiri Basuki Putra, and Muhammad Jumnahdi, “Sistem Remoting Pada Air Conditioner Berbasis Web Server,” *TESLA: Jurnal Teknik Elektro*, vol. 25, no. 1, pp. 47–58, 2023, doi: 10.24912/tesla.v25i1.23009.
- [12] F. Hardana and D. Aribowo, “SISTEM KENDALI SHIFTING TABLE (MANIPULATOR) PADA AREA SECTION MILL DENGAN MENGGUNAKAN PLC SIEMENS S7-1500 DI PT. KRAKATAU BAJA KONSTRUKSI,” *Jurnal Penelitian Rumpun Ilmu Teknik*, vol. 1, no. 4, pp. 105–115, 2022, doi: 10.55606/juprit.v1i4.870.
- [13] R. P. Eviningsih, A. Rahmadani, and A. R. Kinasih, “Perancangan SEPIC Converter untuk Pengisian Baterai dengan Metode Kontrol PI,” *Jurnal ELEMENTER (Elektro dan Mesin Terapan)*, vol. 9, no. 1, pp. 75–85, 2023, doi: 10.35143/elementer.v9i1.5913.
- [14] F. Montoya, I. Irwanto, and O. H. D. Prastyo, “SISTEM KENDALI JUMLAH CYCLE PADA MESIN COOLING BED DALAM PROSES PENDINGINAN PRODUK BAJA PROFIL (SECTION MILL),” *Teknika*, vol. 8, no. 2, pp. 47–57, 2023, doi: 10.52561/teknika.v8i2.273.
- [15] F. A. Lestari and B. D. Cahyono, “Sistem Pengendali Mesin Solar Cells Automatic Tabber Stringer pada Penyolderan String di PT. Indonesia Solar Global,” *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 5, pp. 543–552, 2022, doi: 10.55123/insologi.v1i5.856.
- [16] Y. D. Satriani and M. Yuhendri, “Kontrol Posisi Motor Servo Berbasis Human Machine Interface dan Internet of Things,” *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, vol. 4, no. 2, pp. 949–956, 2023, doi: 10.24036/jtein.v4i2.523.
- [17] B. Budianto, I. Sutrisno, Y. Widiarti, and M. B. Rahmat, “The Development of ROV (Remotely Operated Vehicle) by Applying PID (Proportional Integral Derivative) for Monitoring and Preservation of Coral Reefs at Pasir Putih Beach Situbondo,” *Bulletin of Community Engagement*, vol. 4, no. 3, pp. 583–590, 2024, doi: 10.51278/bce.v4i3.1592.
- [18] Q. Ariyansyah and A. Ma’arif, “DC Motor Speed Control with Proportional Integral Derivative (PID) Control on the Prototype of a Mini-Submarine,” *Journal of Fuzzy Systems and Control*, vol. 1, no. 1, pp. 18–24, 2023, doi: 10.59247/jfsc.v1i1.26.
- [19] E. Deng, L. Joykutty, and J. Caulkins, “Comparison of Machine Learning Algorithms for DC Motor PID Control with Genetic Algorithm,” *Journal of Student Research*, vol. 12, no. 1, pp. 1–12, 2023, doi: 10.47611/jsr.v12i1.1936.
- [20] M. Arif, “Retracted: A Summary of PID Control Algorithms Based on AI-Enabled Embedded Systems,” vol. 2022, no. 1, 2023, doi: 10.1155/2023/9879236.
- [21] I. A. Abbas and M. K. Mustafa, “A review of adaptive tuning of PID-controller: Optimization techniques and applications,” *International Journal of Nonlinear Analysis and Applications*, vol. 15, no. 2, pp. 29–37, 2024, doi: 10.22075/ijnaa.2023.21415.4024.
- [22] A. S. Sucipto, A. Febrianto, Z. M. Rais, and D. I. Setiabudi, “Dakwah Di Era Teknologi Informasi: Manfaat, Tantangan, Dan Strategi Penggunaan Artificial Intelligence (Ai) Dan Internet Of Things (Iot) Dalam Dakwah,” *Relinesia: Jurnal Kajian Agama Dan Multikulturalisme Indonesia*, vol. 2, no. 1, pp. 86–93, 2023, doi: 10.572349/relinesia.v2i1.525.
- [23] A. G. Prawiyogi and A. S. Anwar, “Perkembangan Internet of Things (IoT) pada Sektor Energi: Sistematis Literatur Review,” *Jurnal MENTARI: Manajemen, Pendidikan dan Teknologi Informasi*, vol. 1, no. 2, pp. 187–197, 2023, doi: 10.33050/mentari.v1i2.254.