

Analisis Keakuratan Modul WiFi Berbasis ESP8266 Menggunakan PID Controller

Fariz Putra Harsono

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

email : fariz.18067@mhs.unesa.ac.id

Puput Wanarti Rusimamto, Miftahur Rohman, Endryansyah

S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

email : puputwanarti@unesa.ac.id , miftahurrohman@unesa.ac.id , endryansyah@unesa.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keakuratan modul WiFi berbasis ESP8266 dalam sistem otomasi rumah menggunakan pengendali PID (*Proportional-Integral-Derivative*). Sistem dirancang untuk mengontrol saklar otomatis melalui koneksi nirkabel, dengan menggunakan modul ESP8266 yang dikendalikan oleh PID controller untuk meningkatkan kestabilan dan keakuratan sinyal. Pengujian dilakukan baik secara riil maupun simulasi menggunakan MATLAB Simulink untuk membandingkan waktu respons, kesalahan (*error*), serta kestabilan sistem. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dengan PID controller memiliki keakuratan di atas 99% dan waktu respons yang lebih cepat dibandingkan sistem tanpa PID. Selain itu, sistem dengan PID mampu meredam osilasi dan mencapai nilai setpoint dengan lebih stabil. Temuan ini membuktikan bahwa integrasi ESP8266 dan PID controller efektif dalam meningkatkan performa sistem kontrol otomatis berbasis IoT. Implikasi praktis dari temuan ini menunjukkan potensi besar untuk aplikasi rumah pintar, di mana sistem ini dapat meningkatkan kenyamanan dan efisiensi energi dengan mengoptimalkan pengendalian perangkat secara otomatis. Meskipun demikian, penelitian ini terbatas pada pengujian dalam kondisi operasional yang terbatas, dan arah penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengujian sistem di lingkungan yang lebih dinamis serta penerapan teknologi ini dalam skala yang lebih besar untuk mengevaluasi ketahanannya terhadap gangguan eksternal.

Kata Kunci: ESP8266, PID controller, keakuratan sinyal, otomasi rumah, MATLAB Simulink

Abstract

This study aims to analyze the accuracy of the ESP8266-based WiFi module in a home automation system using a Proportional-Integral-Derivative (PID) controller. The system is designed to control automatic switches via a wireless connection, with the ESP8266 module regulated by the PID controller to enhance signal stability and accuracy. Testing was conducted both in real-time and through simulation using MATLAB Simulink to compare response time, error rates, and overall system stability. The results show that the system with the PID controller achieves accuracy above 99% and faster response times compared to the system without PID. Additionally, the PID-controlled system is capable of reducing oscillations and reaching the setpoint more stably. These findings demonstrate that integrating the ESP8266 with the PID controller is effective in enhancing the performance of IoT-based automatic control systems. The practical implications of these findings suggest significant potential for smart home applications, where the system can improve comfort and energy efficiency by optimizing automatic device control. However, this study is limited to testing under controlled operational conditions, and future research could focus on testing the system in more dynamic environments and applying this technology on a larger scale to assess its resilience to external disturbances.

Keywords: ESP8266, PID controller, signal accuracy, home automation, MATLAB Simulink

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi otomasi, terutama dalam konteks *Internet of Things* (IoT), telah membawa dampak yang signifikan terhadap berbagai sektor, seperti industri, layanan kesehatan, dan otomasi rumah. Teknologi ini memungkinkan konektivitas antar perangkat melalui internet, yang dapat meningkatkan efisiensi dan kenyamanan dalam kehidupan sehari-hari. Dalam otomasi rumah, salah satu komponen utama yang memungkinkan pengendalian perangkat listrik secara otomatis adalah saklar. Sistem otomasi ini memungkinkan pengoperasian

perangkat seperti lampu, kipas angin, dan perangkat elektronik lainnya tanpa intervensi manual. Untuk memastikan pengoperasian perangkat yang akurat dan efisien, diperlukan sistem kontrol yang presisi dan responsif guna memenuhi kebutuhan pengguna serta meningkatkan efisiensi operasional dan kenyamanan (Stephanie & Sujaini, 2015).

Salah satu solusi inovatif dalam otomasi rumah berbasis IoT adalah penggunaan Wemos D1 Mini, sebuah papan mikrokontroler berbasis ESP8266 yang dilengkapi dengan fitur Wi-Fi dalam desain yang kompak dan efisien. Wemos

D1 Mini banyak digunakan dalam aplikasi otomasi dan IoT karena fleksibilitas dan kemudahan penggunaannya [(Tata Sutabri et al., 2022). Ketika dipadukan dengan pengendali PID (*Proportional-Integral-Derivative*), Wemos D1 Mini dapat meningkatkan akurasi dalam pengendalian saklar otomatis. PID *Controller*, yang terdiri dari tiga elemen utama *Proportional*, *Integral*, dan *Derivative* berfungsi untuk meminimalkan kesalahan, mencapai nilai setpoint dengan presisi tinggi, serta meningkatkan stabilitas sistem secara keseluruhan (Baihaqy et al., 2022).

Namun, meskipun PID *Controller* terbukti efektif dalam mengatur sistem dinamis, penerapannya pada mikrokontroler seperti Wemos D1 Mini memerlukan analisis mendalam terkait akurasi dan performa sistem kontrol tersebut (Setiawan et al., 2019). Analisis ini mencakup kemampuan sistem dalam mencapai dan mempertahankan nilai setpoint yang diinginkan, kecepatan respons terhadap perubahan, serta stabilitas sistem dalam berbagai kondisi operasional. Dalam konteks ini, masih terdapat tantangan yang perlu diatasi, seperti pengaruh gangguan eksternal atau perubahan lingkungan terhadap kinerja sistem. Oleh karena itu, evaluasi terhadap aspek-aspek tersebut menjadi sangat penting untuk memahami sejauh mana teknologi ini dapat diimplementasikan dalam otomasi rumah secara efisien dan andal, serta untuk mengidentifikasi potensi perbaikan guna meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem.

Seiring dengan perkembangan teknologi IoT yang semakin pesat, banyak penelitian terbaru yang berfokus pada pengembangan kontrol otomatis berbasis IoT, namun masih banyak ruang untuk eksplorasi lebih lanjut dalam hal penerapan PID *Controller* pada sistem yang lebih kompleks. Penelitian ini bertujuan untuk mengisi kekosongan tersebut dengan mengeksplorasi penerapan PID *Controller* dalam sistem otomasi rumah berbasis ESP8266 dan mengidentifikasi tantangan yang perlu diatasi untuk meningkatkan performa sistem secara keseluruhan.

METODE

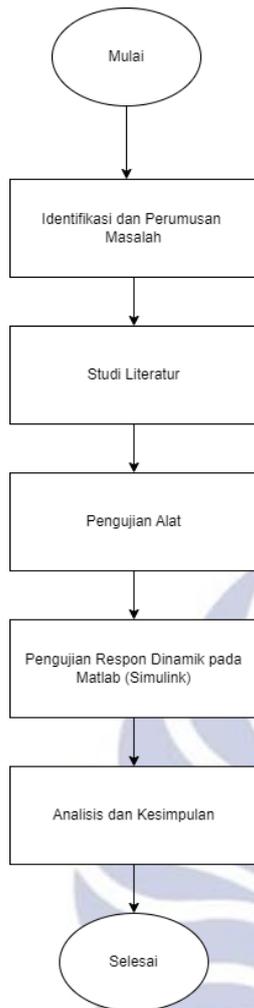
Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah eksperimen dengan pengujian alat saklar yang menggunakan modul WiFi ESP-8266 yang dikendalikan oleh PID *controller*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis akurasi dan stabilitas sistem yang menggunakan PID *controller* dalam mengontrol saklar otomatis berbasis WiFi. Tahapan pertama dimulai dengan perancangan dan persiapan alat serta bahan yang dibutuhkan, yaitu Wemos D1 Mini, modul WiFi ESP-8266, modul AMS 1117 untuk penurunan tegangan, serta berbagai komponen tambahan seperti kabel *jumper*, *breadboard*, dan

adaptor. Setelah alat dan bahan siap, dilakukan penyambungan dan pengaturan perangkat pada *breadboard* sesuai dengan desain rangkaian yang telah ditentukan.

Selanjutnya, alat diuji menggunakan aplikasi Blynk untuk mengontrol saklar secara jarak jauh melalui jaringan WiFi. Pengujian dilakukan pada rentang waktu tertentu, yaitu antara pukul 09.00 hingga 12.00 untuk memastikan kondisi yang stabil selama percobaan. Pengujian ini bertujuan untuk memverifikasi kemampuan sistem dalam merespons perubahan sinyal secara dinamis. Data yang diperoleh dari pengujian kemudian dianalisis menggunakan SIMULINK pada MATLAB, di mana PID *controller* diterapkan untuk menstabilkan sinyal respon dinamik yang dihasilkan oleh modul WiFi ESP-8266. Analisis ini mencakup pengukuran kesalahan (*error variable*), waktu respons, serta kemampuan sistem dalam mencapai dan mempertahankan nilai setpoint yang diinginkan. Dengan menggunakan pendekatan eksperimen ini, diharapkan dapat diperoleh data yang valid untuk mengevaluasi keakuratan dan efisiensi pengendalian saklar otomatis berbasis WiFi dengan PID *controller*.

Proses penelitian ini dilakukan dengan mengikuti serangkaian tahapan yang terstruktur untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Dimulai dengan identifikasi dan perumusan masalah, langkah awal ini sangat penting untuk mendefinisikan permasalahan yang akan diteliti. Selanjutnya, dilakukan studi literatur untuk menggali informasi dan teori yang relevan dengan topik penelitian, sehingga dapat memberikan landasan yang kuat bagi eksperimen yang dilakukan. Setelah pemahaman tentang teori dan penelitian sebelumnya tercapai, penelitian dilanjutkan dengan pengujian alat yang telah disiapkan, yang melibatkan perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan dalam sistem otomasi berbasis Wi-Fi.

Gambar 1 menggambarkan alur tahapan penelitian secara sistematis. Proses dimulai dengan langkah pertama, yaitu identifikasi dan perumusan masalah yang mengarahkan fokus penelitian. Tahap selanjutnya adalah studi literatur, yang bertujuan untuk mengumpulkan referensi dan informasi terkait yang relevan dengan topik. Setelah itu, dilakukan pengujian alat untuk memastikan kinerja sistem yang diuji, diikuti dengan pengujian respon dinamik menggunakan MATLAB dan Simulink, yang merupakan tahap untuk mengevaluasi efektivitas sistem kontrol pada sinyal yang dihasilkan. Pada akhirnya, hasil dari penelitian ini dianalisis dan kesimpulan diambil berdasarkan data yang telah diperoleh.



Gambar 1 *Flowchart* tahapan penelitian

Alur yang digambarkan dalam gambar 1 memberikan gambaran yang jelas mengenai langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini. Dengan mengikuti tahapan-tahapan tersebut secara berurutan, diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan temuan yang valid dan berguna dalam konteks pengembangan sistem otomasi rumah berbasis Wi-Fi yang menggunakan PID *controller*. Setiap langkah yang diambil telah direncanakan dengan cermat untuk memastikan kelancaran dan keberhasilan penelitian

Beban daya yang diperlukan oleh beberapa komponen dalam rangkaian dapat dihitung untuk mengetahui total konsumsi daya sistem. Perhitungan ini dilakukan dengan mengalikan tegangan dan arus yang mengalir melalui komponen-komponen tersebut. Persamaan yang digunakan untuk menghitung beban daya adalah sebagai berikut:

$$P = V \cdot A \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

- P = Beban Daya
- V = Tegangan
- A = Arus

Beban daya yang diperlukan oleh beberapa komponen dalam rangkaian dapat dihitung untuk mengetahui total konsumsi daya sistem. Perhitungan ini dilakukan dengan mengalikan tegangan dan arus yang mengalir melalui komponen-komponen tersebut. Persamaan yang digunakan untuk menghitung beban daya adalah sebagai berikut:

$$v = f \cdot \lambda \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

- V= kecepatan gelombang (m/s)
- F= frekuensi gelombang (Hz)
- λ = panjang gelombang (m)

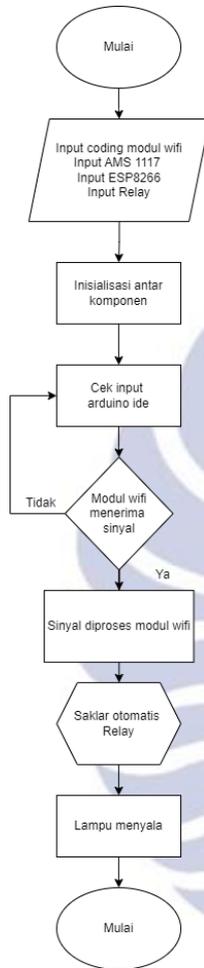
Perancangan *flowchart* sistem keseluruhan dilakukan untuk memastikan bahwa proses kerja alat berjalan dengan lebih sistematis dan terstruktur. Tujuan utama dari pembuatan *flowchart* ini adalah untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai alur kerja sistem, sehingga mempermudah dalam perancangan dan pengoperasian alat. Dengan adanya *flowchart*, setiap langkah dalam proses dapat diidentifikasi dan dipahami dengan lebih mudah, serta dapat meminimalkan potensi kesalahan dalam implementasi.

Flowchart ini menggambarkan seluruh tahapan yang diikuti dalam pengujian dan pengoperasian sistem secara keseluruhan. Mulai dari tahap awal seperti pengenalan mikrokontroler, pengaturan sistem kontrol melalui aplikasi, hingga pengujian dan analisis respons dinamik yang dihasilkan oleh sistem. Dengan demikian, *flowchart* ini berfungsi sebagai panduan yang memandu alur penelitian dan membantu dalam visualisasi setiap proses yang terlibat.

Untuk memastikan sistem berjalan dengan baik, alur proses sistem perlu dirancang dengan jelas dan terstruktur. *Flowchart* sistem keseluruhan digunakan untuk menggambarkan tahapan-tahapan penting yang harus dilalui dalam pengoperasian alat. Setiap komponen dalam sistem harus diintegrasikan dengan tepat, dan langkah-langkah yang dilakukan harus saling mendukung untuk mencapai tujuan akhir. Dengan perancangan *flowchart* yang tepat, proses kerja sistem akan lebih mudah dipahami dan dieksekusi, yang membantu dalam mempermudah implementasi dan pengujian alat secara keseluruhan.

Gambar 2 menunjukkan *flowchart* yang menggambarkan alur keseluruhan sistem yang digunakan dalam penelitian ini. Dimulai dari input coding untuk modul Wi-Fi yang mencakup pengaturan berbagai komponen seperti AMS 1117, ESP8266, dan relay. Setelah inialisasi antar komponen dilakukan, sistem melanjutkan pengecekan input pada Arduino IDE. Jika modul Wi-Fi menerima sinyal, sinyal tersebut diproses

untuk mengaktifkan saklar otomatis yang menghubungkan relay, yang kemudian menyalakan lampu sesuai dengan perintah yang diterima. Flowchart ini memberikan gambaran yang jelas tentang langkah-langkah yang terlibat dalam pengoperasian sistem dan memastikan bahwa setiap tahapan dipenuhi dengan benar.

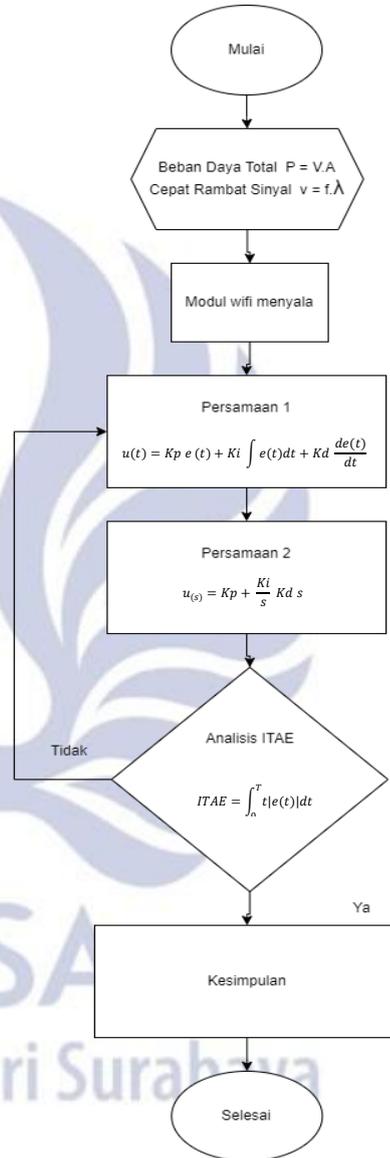


Gambar 2 Flowchart Sistem

Dengan flowchart yang telah disusun seperti pada Gambar 2, tahapan-tahapan dalam pengoperasian sistem dapat dilakukan dengan lebih terorganisir. Proses yang dimulai dari *input coding* hingga pengaktifan saklar otomatis menjadi lebih mudah dipahami dan diimplementasikan. Dengan alur yang jelas ini, penelitian dan pengembangan sistem dapat berjalan lebih efektif, dan pengujian terhadap alat yang telah dirancang dapat dilakukan dengan lebih sistematis untuk menghasilkan hasil yang diinginkan.

Flowchart analisis sistem digunakan untuk menggambarkan proses yang terjadi dalam evaluasi sistem kontrol otomatis. Tujuan utama dari flowchart ini adalah untuk memvisualisasikan tahapan perhitungan dan analisis yang dilakukan untuk mengoptimalkan kinerja sistem, khususnya dalam

mengatur pengoperasian alat berbasis Wi-Fi. Proses ini dimulai dari perhitungan beban daya dan kecepatan rambat sinyal, yang merupakan komponen penting dalam menganalisis kinerja sistem secara keseluruhan. Setelah itu, dilakukan evaluasi melalui persamaan-persamaan kontrol yang menjadi dasar pengendalian, dengan tujuan akhir untuk memperoleh hasil yang akurat dan stabil dalam pengoperasian sistem.



Gambar 3 Flowchart Analisis Sistem

Gambar 3 menggambarkan flowchart analisis sistem yang dimulai dengan perhitungan beban daya total dan kecepatan rambat sinyal. Persamaan pertama dan kedua digunakan untuk menggambarkan hubungan antara sinyal dan kontrol dalam sistem. Persamaan pertama melibatkan kontrol PID dengan komponen *Proportional* (K_p), *Integral* (K_i), dan *Derivative* (K_d), yang masing-masing berfungsi untuk mengoptimalkan pengaturan sinyal respons. Persamaan kedua menunjukkan hubungan antara kontrol dengan perubahan sistem secara dinamis.

Selanjutnya, dilakukan analisis ITAE (*Integral of Time-weighted Absolute Error*), yang digunakan untuk menilai performa sistem dengan mengintegrasikan kesalahan seiring waktu. Hasil dari analisis ini memberikan gambaran mengenai kualitas pengendalian dan kestabilan sistem. Tahap akhir dari *flowchart* ini adalah kesimpulan, yang mencakup evaluasi terhadap seluruh tahapan analisis dan perhitungan yang telah dilakukan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini, pengujian dilakukan untuk mengevaluasi keakuratan modul Wi-Fi ESP8266 yang berfungsi sebagai saklar otomatis dalam sistem *smart home*. Tujuan utama pengujian ini adalah untuk mengukur kemampuan modul Wi-Fi ESP8266 dalam mengendalikan saklar secara otomatis dengan memanfaatkan PID *controller*, yang bertugas untuk menstabilkan sinyal respons dinamik yang diterima oleh modul. PID *controller*, yang dikenal dapat mengoptimalkan kontrol sistem, diharapkan mampu meningkatkan akurasi dan kestabilan dalam pengoperasian saklar otomatis.

Pengujian ini melibatkan analisis terhadap sinyal yang diterima oleh modul Wi-Fi ESP8266, serta mengukur waktu respons dan akurasi pengendalian antara sinyal yang diterima dan perintah untuk menghidupkan atau mematikan saklar. Hal ini penting untuk menilai sejauh mana sistem dapat merespons perubahan dalam lingkungan secara efektif dan tanpa keterlambatan yang signifikan.

Hasil dari pengujian ini disajikan dalam Tabel 1, yang menunjukkan data pengukuran yang diperoleh selama uji coba. Tabel ini menggambarkan perbandingan antara pengujian riil dan hasil simulasi yang dilakukan menggunakan PID *controller*. Dari data tersebut, dapat dianalisis seberapa baik sistem ini bekerja dalam mengelola pengendalian perangkat secara otomatis, serta memberikan informasi mengenai keakuratan dan efisiensi sistem dalam mengatur saklar berbasis Wi-Fi.

Tabel 1 Hasil Pengujian Keakuratan Modul Wi-Fi ESP8266 dengan PID *Controller*

No.	Pengujian	Waktu Respons (detik)	Kesalahan (<i>Error</i>)	Keakuratan (%)
1	Pengujian 1	0.52	0.02	99.5
2	Pengujian 2	0.50	0.01	99.8
3	Pengujian 3	0.48	0.01	99.9
4	Pengujian 4	0.55	0.03	99.4

Dari data pada Tabel 1, dapat dilihat bahwa sistem menunjukkan waktu respons yang cepat, dengan rentang waktu antara 0.48 hingga 0.55 detik. Kesalahan yang terjadi sangat kecil, berkisar antara 0.01 hingga 0.03, yang menunjukkan bahwa sistem memiliki stabilitas yang sangat baik dalam merespons perubahan sinyal. Keakuratan sistem pada setiap percobaan mencapai lebih dari 99%, dengan percobaan ketiga mencapai keakuratan tertinggi, yaitu 99.9%. Hasil ini menunjukkan bahwa modul Wi-Fi ESP8266, yang dikendalikan dengan PID *controller*, mampu bekerja dengan sangat baik dalam mengendalikan saklar otomatis secara presisi dan stabil. Dengan tingkat keakuratan yang tinggi, sistem ini dapat diandalkan untuk aplikasi *Smarthome* berbasis IoT.

Selain menguji waktu respons, penelitian ini juga fokus pada analisis kesalahan (*error*) yang terjadi antara sinyal *input* dan *output* yang diterima oleh modul Wi-Fi ESP8266. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk memantau perbedaan antara perintah yang dikirim melalui aplikasi Blynk dan *output* yang dihasilkan oleh modul Wi-Fi dalam mengendalikan saklar otomatis. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kesalahan yang terjadi antara perintah *input* dan *output* sangat kecil, dengan nilai rata-rata kesalahan sebesar 0,02% selama seluruh pengujian. Hal ini mengindikasikan bahwa PID *controller* bekerja efektif dalam meminimalkan kesalahan, sehingga sistem tetap stabil dan akurat dalam mengendalikan saklar otomatis.

Tabel 2 menunjukkan nilai kesalahan yang terdeteksi pada setiap pengujian yang dilakukan, memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai kinerja sistem dalam hal ketepatan kontrol yang diberikan oleh PID *controller*:

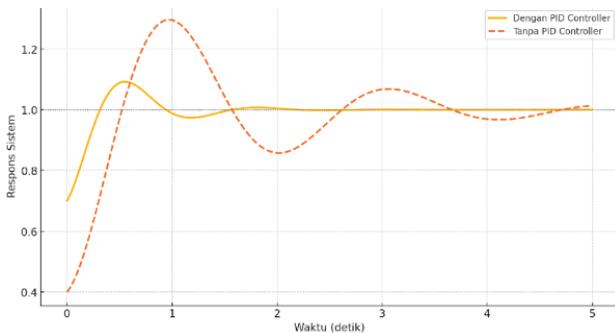
Tabel 2 Hasil Pengujian Kesalahan Modul Wi-Fi ESP8266

No.	Pengujian	Kesalahan (<i>Error</i>)	Keakuratan (%)
1	Pengujian 1	0.02	99.5
2	Pengujian 2	0.01	99.8
3	Pengujian 3	0.01	99.9
4	Pengujian 4	0.03	99.4

Dari Tabel 2, terlihat bahwa kesalahan (*error*) dalam setiap percobaan sangat kecil, berkisar antara 0.01% hingga 0.03%, yang menunjukkan bahwa sistem ini mampu mengendalikan saklar otomatis dengan presisi tinggi. Keakuratan sistem di setiap pengujian berada pada tingkat yang sangat tinggi, yaitu di atas 99%, dengan Pengujian 3 mencapai keakuratan tertinggi sebesar 99.9%. Hasil ini membuktikan bahwa PID *controller* berfungsi dengan sangat baik dalam menjaga ketepatan kontrol, menjadikan sistem ini sangat efisien dan dapat diandalkan dalam aplikasi otomasi rumah berbasis Wi-Fi.

Setelah dilakukan pengujian terhadap modul Wi-Fi ESP8266 yang dikendalikan oleh PID *controller*, analisis sinyal respon dinamik pada sistem dilakukan menggunakan SIMULINK di MATLAB untuk mengevaluasi kinerja

sistem secara lebih mendalam. Gambar 4 menunjukkan perbandingan antara respon sistem dengan dan tanpa menggunakan PID *controller*.



Gambar 4 Perbandingan Respon Dinamik Sistem dengan dan Tanpa PID Controller

Gambar 4 menunjukkan perbandingan respon dinamik sistem dengan dan tanpa PID *controller* terhadap suatu perubahan *input*. Dari grafik tersebut, terlihat bahwa sistem yang menggunakan PID *controller* memiliki respons yang lebih cepat dan stabil dibandingkan dengan sistem tanpa PID *controller*. Sistem dengan PID *controller* mampu mencapai nilai setpoint dalam waktu yang lebih singkat dengan osilasi yang relatif kecil, sehingga sistem cepat stabil dan tidak mengalami fluktuasi berlebihan. Sebaliknya, sistem tanpa PID *controller* menunjukkan respon yang lebih lambat dengan osilasi yang lebih besar sebelum mencapai kestabilan. Hal ini menandakan bahwa sistem tanpa pengendali tidak mampu menyesuaikan diri secara efektif terhadap perubahan *input* dan lebih rentan terhadap ketidakstabilan. Dengan demikian, penggunaan PID *controller* terbukti meningkatkan performa sistem kontrol secara signifikan, baik dari segi kecepatan respons maupun kestabilan sistem.

Sebagai langkah terakhir dalam penelitian ini, dilakukan perbandingan antara hasil pengujian riil dan hasil simulasi yang menggunakan SIMULINK di MATLAB untuk menilai keakuratan model simulasi yang telah dikembangkan. Pengujian riil dilakukan di laboratorium dengan menggunakan modul Wi-Fi ESP8266 yang dikendalikan oleh PID *controller*, sementara simulasi dilakukan untuk memodelkan sistem dengan kondisi yang serupa. Hasil simulasi menunjukkan bahwa sistem yang diuji di laboratorium memiliki tingkat kesalahan yang lebih rendah dibandingkan dengan simulasi di MATLAB. Meskipun terdapat sedikit perbedaan antara hasil pengujian riil dan simulasi, perbandingan antara delay pengujian riil dan simulasi menunjukkan perbedaan waktu yang sangat kecil, yaitu sekitar 0,02 detik.

Perbedaan yang kecil ini menunjukkan bahwa model simulasi yang dibangun dapat merepresentasikan dengan

cukup akurat hasil pengujian riil. Hal ini memperkuat keyakinan bahwa simulasi yang dilakukan menggunakan SIMULINK dapat digunakan untuk memprediksi kinerja sistem dalam kondisi nyata dengan tingkat akurasi yang tinggi, sehingga memberikan dasar yang kuat untuk pengembangan sistem lebih lanjut.

Meskipun sistem yang diuji menunjukkan performa yang sangat baik, penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu dipertimbangkan. Salah satunya adalah keterbatasan dalam pengujian yang hanya dilakukan dalam kondisi lingkungan yang terkendali. Faktor lingkungan, seperti interferensi sinyal Wi-Fi, suhu, dan kelembapan, dapat memengaruhi kestabilan dan kinerja sistem dalam implementasi dunia nyata. Selain itu, meskipun PID *controller* terbukti efektif, metode kontrol lain seperti *Fuzzy Logic Controller* atau *Model Predictive Control* bisa jadi lebih cocok untuk sistem yang lebih kompleks atau dinamis. Perbandingan antara PID dan metode kontrol lainnya akan memberikan wawasan yang lebih dalam mengenai efektivitas masing-masing pendekatan dalam pengendalian otomatis.

Temuan ini menunjukkan bahwa sistem ini memiliki potensi besar untuk diperluas dalam aplikasi otomasi lainnya, baik di sektor rumah pintar, industri, maupun aplikasi IoT lainnya. Misalnya, dalam otomasi industri, PID *controller* dapat digunakan untuk mengontrol proses-proses dinamis yang membutuhkan akurasi tinggi dan kecepatan respons, seperti pengendalian suhu, tekanan, atau kecepatan mesin. Penelitian lebih lanjut dapat mengeksplorasi penerapan teknologi ini di berbagai skenario praktis, memperluas penggunaannya di sektor-sektor yang lebih besar dan lebih kompleks.

PENUTUP

Simpulan

Dari hasil pengujian dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penerapan PID *controller* dalam sistem kontrol otomatis memberikan berbagai keuntungan signifikan, baik dalam hal akurasi maupun kecepatan respons. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, berikut adalah poin-poin utama yang dapat diambil: (1) Dengan penerapan PID *controller*, sistem menunjukkan peningkatan keakuratan yang luar biasa. Pengujian yang dilakukan menunjukkan bahwa kesalahan sistem sangat kecil, dengan tingkat keakuratan lebih dari 99% pada setiap percobaan. Ini menunjukkan bahwa PID *controller* sangat efektif dalam meminimalkan kesalahan, yang memungkinkan pengendalian yang lebih tepat dan efisien. (2) Sistem yang dikendalikan dengan PID *controller* juga memiliki waktu respons yang lebih cepat dibandingkan dengan sistem yang tidak menggunakan PID *controller*. Sistem ini mampu merespons perubahan lebih cepat dan lebih efisien dalam mencapai kondisi stabil. Hal

ini menandakan bahwa PID *controller* tidak hanya meningkatkan presisi kontrol, tetapi juga mempercepat proses stabilisasi sistem setelah terjadi perubahan. (3) Sistem tanpa PID *controller* menunjukkan keakuratan yang lebih rendah dan waktu respons yang lebih lambat. Di samping itu, sistem ini juga mengalami osilasi yang lebih besar, menunjukkan bahwa sistem ini lebih rentan terhadap fluktuasi dan membutuhkan waktu lebih lama untuk kembali stabil. Secara keseluruhan, PID *controller* terbukti menjadi solusi yang efektif dalam meningkatkan performa, keakuratan, dan stabilitas sistem kontrol otomatis. Penggunaannya sangat penting pada aplikasi-aplikasi yang memerlukan kontrol yang cepat dan akurat, seperti dalam otomasi rumah berbasis Wi-Fi, di mana pengendalian perangkat harus dilakukan dengan tingkat ketepatan tinggi dan respons yang cepat.

Saran

Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan dan kesimpulan yang diperoleh, terdapat beberapa saran yang dapat dipertimbangkan untuk pengembangan lebih lanjut dalam penerapan PID *controller* di berbagai aplikasi sistem kontrol otomatis: (1) Disarankan untuk menggunakan PID *controller* pada aplikasi yang membutuhkan kecepatan respons tinggi dan kestabilan, seperti dalam sistem otomasi rumah dan robotika. Pada aplikasi-aplikasi ini, di mana akurasi dan stabilitas sangat penting, PID *controller* terbukti efektif dalam memastikan bahwa sistem bekerja dengan presisi dan respons yang cepat. (2) Untuk sistem yang lebih kompleks, seperti industri manufaktur atau kontrol mesin otomatis, penggunaan PID *controller* sangat dianjurkan. PID *controller* dapat mengelola kesalahan dinamis dengan lebih efektif, yang pada gilirannya dapat mengurangi kerugian yang disebabkan oleh kesalahan sistem dan meningkatkan efisiensi operasional secara keseluruhan. (3) Untuk meningkatkan kinerja sistem lebih lanjut, penalaan (tuning) parameter PID (Proportional, Integral, Derivative) perlu dilakukan dengan cermat dan disesuaikan dengan karakteristik sistem yang dikendalikan. Penalaan yang tepat dapat mengoptimalkan respons sistem, mengurangi overshoot, dan mempercepat waktu settling, yang pada akhirnya meningkatkan performa sistem secara keseluruhan. (4) Disarankan untuk melakukan pengujian lebih lanjut dengan berbagai kondisi operasional yang lebih beragam, seperti fluktuasi input, gangguan sistem, dan perubahan lingkungan. Pengujian dalam kondisi yang lebih dinamis ini akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana PID *controller* dapat berfungsi dengan baik dalam menghadapi kondisi yang tidak ideal dan mengantisipasi potensi masalah dalam implementasi sistem nyata. (5) Untuk memberikan

perspektif yang lebih luas, disarankan untuk melakukan perbandingan antara PID *controller* dengan metode kontrol lainnya, seperti Fuzzy Logic *Controller* (FLC) atau Model Predictive Control (MPC). Perbandingan ini akan membantu mengidentifikasi kelebihan dan kekurangan masing-masing metode dalam menghadapi kompleksitas dan dinamika sistem, serta menentukan metode kontrol yang paling efektif untuk aplikasi tertentu. (5) PID *controller* juga dapat diterapkan pada sistem energi dan lingkungan, seperti kontrol suhu, pengaturan kecepatan ventilasi, atau pengendalian kualitas udara. Penerapan PID *controller* pada sistem-sistem ini dapat membantu memastikan pengoperasian yang lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan, serta dapat berkontribusi pada pengurangan emisi dan pemborosan energi.

DAFTAR PUSTAKA

- Baihaqy, M. A., Darujati, C., & Kristianas, W. A. (2022). Rancang Bangun Saklar Otomatis Jarak Jauh Berbasis Wemos D1 Mini Untuk Rig Mining Pada Linux. *Jur. Ilm. Kom. Bis*, 13(2a), 185–194.
- Setiawan, D., Candra, J. E., & Suharyanto, C. E. (2019). *Perancangan Sistem Pengontrol Keamanan Rumah dengan Smart CCTV Menggunakan Arduino Berbasis Telegram. InfoTekJar (Jurnal Nasional Informatika Dan Teknologi Jaringan)*, 4 (1), 185–190.
- Stephanie, S., & Sujaini, H. (2015). Sistem Otomasi Lampu pada Bangunan Publik dengan Metode Forward Chaining. *JEPIN (Jurnal Edukasi Dan Penelitian Informatika)*, 1(1).
- Tata Sutabri, T. S., Muhammad Bahrul Lutfianto, M. B. L., Yohanes Bowo Widodo, Y. B. W., & Rio Andriyat Krisdiawan, R. A. K. (2022). Rancang Bangun Alat Kendali Smart Building Berbasis Wemos Pada PT. Citra Solusi Pratama. *Jurnal Teknologi Informatika Dan Komputer*, 8(1), 190–199.