
PENGARUH PARAMETER PID KONTROLER PADA ALAT PEMANAS AIR OTOMATIS

Mahendra Adiastoro¹, Adil Arundaya², Galang Putra Prasetya³, Dhitsa Anggara Ari Samasta⁴,
Mario Norman Syah⁵, Tatyantoro Andrasto⁶

^{1,2,3,4,5,6} Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang

Email: ¹mahentay@students.unnes.ac.id, ²adilarundaya@students.unnes.ac.id

³galangxz@students.unnes.ac.id, ⁴dhitsaanggara@students.unnes.ac.id,

⁵marionormansyah@mail.unnes.ac.id, ⁶tatyantoro@mail.unnes.ac.id

^{*}Penulis Korespondensi

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan stabilitas sistem pengendalian suhu pada pemanas air dengan menggunakan metode PID (Proportional-Integral-Derivative) Control. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini melibatkan penggunaan PID Control untuk mengatur keluaran berdasarkan perhitungan proporsional, integral, dan derivatif dari kesalahan antara set point dan nilai aktual, yang bertujuan untuk mencapai respons sistem yang diinginkan. Sistem yang dibangun menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler utama, sensor suhu DS18B20, pemanas air 12V, dan motor driver BTS7960, serta keypad untuk input parameter kontrol. Implementasi metode ini diuji dengan variasi parameter Kp, Ki, dan Kd untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap stabilitas dan kecepatan respons sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaturan PID dengan Kp = 80, Ki = 0, dan Kd = 0 menghasilkan respons suhu yang stabil dan sesuai dengan setpoint yang diinginkan.

Kata kunci: Pemanas Air, Kontrol PID, BTS7960, DS18B20

Abstract

This research aims to improve the efficiency and stability of the temperature control system in water heaters by using the PID (Proportional-Integral-Derivative) Control method. The method applied in this research involves using PID Control to regulate the output based on proportional, integral, and derivative calculations of the error between the set point and the actual value, which aims to achieve the desired system response. The system uses Arduino Mega 2560 as the main microcontroller, DS18B20 temperature sensor, 12V water heater, BTS7960 motor driver, and keypad for control parameter input. The implementation of this method was tested by varying the parameters Kp, Ki, and Kd to evaluate its effect on the stability and response speed of the system. The results show that the PID settings with Kp = 80, Ki = 0, and Kd = 0 produce a stable temperature response and match the desired setpoint.

Keywords: Water Heater, PID Control, BTS7960, DS18B20

1. PENDAHULUAN

Air merupakan komponen esensial dalam kehidupan, namun banyak orang tidak efektif dalam mengelola penggunaannya. Pengelolaan air yang efisien merupakan tantangan penting dalam berbagai sektor, mulai dari industri kimia hingga teknologi pengolahan makanan. Salah satu aspek krusial dalam pengelolaan air adalah pengaturan suhu, yang seringkali masih dilakukan secara manual [2]. Terdapat beberapa metode sederhana yang biasa digunakan untuk mengontrol suatu sistem antara lain metode kontrol On-Off, Fuzzy Logic, Model Predictive Control (MPC), Hysteresis, dan PID Control [3][10][11][12].

Metode kontrol suhu pemanas air tradisional, seperti kontrol On-Off, sering menyebabkan fluktuasi suhu yang signifikan. Metode ini hanya mengoperasikan pemanas air dalam dua keadaan, menyala atau mati, sehingga tidak mampu menjaga suhu air secara konsisten dan efisien. Oleh karena itu, diperlukan metode kontrol yang lebih canggih untuk mengatasi masalah ini. Salah satu alternatif yang dapat digunakan adalah kontrol suhu menggunakan Fuzzy Logic Controller (FLC).

Implementasi kontrol suhu menggunakan Fuzzy Logic Controller (FLC) menawarkan presisi kontrol pada sistem non-linear. Sistem kontrol suhu berbasis logika fuzzy melibatkan beberapa komponen utama, termasuk pembacaan suhu, konversi analog ke digital, penghitungan kesalahan antara setpoint dan suhu aktual, serta penggunaan PWM untuk mengontrol sistem [11]. FLC memberikan fleksibilitas dan adaptabilitas yang lebih baik dibandingkan metode kontrol tradisional. Namun, masih ada keterbatasan dalam mencapai stabilitas suhu yang optimal.

Model Predictive Control (MPC) merupakan metode kontrol lain yang menggunakan model sistem untuk memprediksi perilaku masa depan dari sistem yang diatur. Metode ini menghasilkan vektor kontrol yang meminimumkan fungsi objektif tertentu dalam horizon prediksi dengan mempertimbangkan gangguan dan batasan [12]. MPC dikenal mampu memberikan kinerja yang optimal dalam berbagai kondisi operasi, tetapi kompleksitasnya sering kali menjadi tantangan dalam implementasi praktis.

Metode histerisis adalah pendekatan kontrol yang juga digunakan dalam sistem kontrol suhu. Metode ini bekerja dengan mengaktifkan aktuator seperti blower dan water pump hanya ketika suhu dan kelembaban tidak mencapai setpoint yang telah ditentukan, dan memamatkannya ketika nilai tersebut terpenuhi. Keuntungan dari metode histerisis adalah kinerja dinamis yang sangat baik dan kemampuan untuk mempertahankan nilai set point yang diinginkan [13]. Meski demikian, metode ini juga memiliki keterbatasan dalam hal keakuratan dan stabilitas jangka panjang.

Namun, semua metode tersebut masih memiliki keterbatasan dalam memberikan respons suhu yang stabil dan efisien pada sistem pengaturan pemanas air. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas metode PID (Proportional-Integral-Derivative) Control dalam pengaturan suhu pemanas air. PID control tidak hanya melibatkan penyesuaian output kontrol berdasarkan nilai proporsional, integral, dan turunan untuk mencapai respons yang diinginkan, tetapi juga mampu mengurangi fluktuasi suhu dan menjaga stabilitas dengan lebih baik dibandingkan metode lainnya. Kelebihan PID Control meliputi kemampuan untuk memberikan respons yang cepat dan tepat, mengurangi overshoot, serta mempertahankan kestabilan suhu dalam rentang yang sempit [3]. Oleh karena itu, metode PID Control dipilih untuk penelitian ini sebagai solusi yang lebih baik dalam pengaturan suhu pemanas air.

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan stabilitas sistem pengendalian suhu pemanas air melalui penerapan metode PID Control, sehingga diharapkan dapat memberikan performa yang lebih baik dibandingkan metode kontrol On-Off. Untuk mencapai tujuan ini, penelitian ini menggunakan metode uji coba langsung yang melibatkan perancangan dan implementasi hardware serta software berbasis diagram blok. PID control digunakan untuk mengatur keluaran berdasarkan perhitungan proporsional, integral, dan derivatif dari kesalahan antara set point dan nilai aktual.

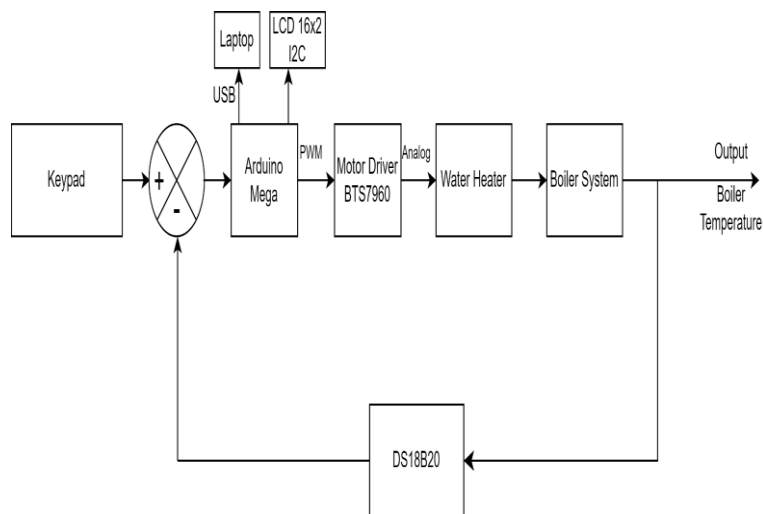
Implementasi dilakukan dengan menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai mikrokontroler utama, integrasi sensor suhu DS18B20, water heater 12V, dan motor driver BTS7960, serta keypad sebagai alat input parameter kontrol. Variasi parameter K_p , K_i , dan K_d diuji untuk mengevaluasi pengaruhnya terhadap stabilitas dan kecepatan respons sistem. Dengan demikian, diharapkan metode PID Control dapat memberikan solusi yang lebih baik dalam pengaturan suhu pemanas air dibandingkan metode kontrol tradisional lainnya.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode uji coba langsung yang melibatkan perancangan dan implementasi hardware serta software berbasis diagram blok. Pendekatan ini dipilih untuk memudahkan proses perancangan dan analisis rangkaian sistem kendali water heater dengan PID (Proportional-Integral-Derivative)[7].

2.1 Blok diagram

Pembuatan diagram blok bertujuan untuk menyediakan gambaran menyeluruh tentang interaksi antar komponen dalam sistem. Diagram ini berfungsi sebagai panduan utama dalam proses desain dan implementasi alat.



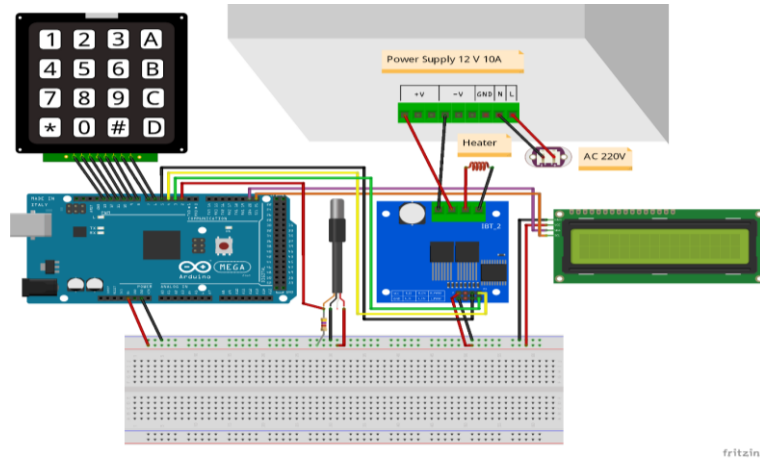
Gambar 1. Diagram Blok Sistem

Diagram blok sistem perangkat dirancang untuk pemantauan suhu air secara real-time selama proses pemanasan. Sistem ini menggunakan pemanas air DC 12V untuk menaikkan suhu air dan sensor DS18B20 untuk mendeteksi dan mencatat suhu air secara akurat. Setelah mencapai suhu yang diinginkan, sistem secara otomatis mengaktifkan mekanisme untuk mengatur dan mempertahankan suhu air pada tingkat yang diinginkan. Mekanisme kontrol ini dapat menggunakan sinyal modulasi lebar pulsa (PWM) atau loop umpan balik. Selain itu, sistem menampilkan nilai suhu yang diinginkan pada antarmuka pengguna, yang melibatkan penggunaan Laptop dengan Arduino Integrated Development Environment (IDE) dan LCD 16x2. Antarmuka ini memberikan cara yang mudah bagi pengguna untuk mengakses dan memahami informasi suhu yang penting, sehingga memfasilitasi pemantauan dan pengendalian proses pemanasan air dengan efisien.

Keypad digunakan sebagai input untuk menentukan nilai set point, serta parameter kontrol PID yaitu nilai K_p (Konstanta Proporsional), K_i (Konstanta Integral), dan K_d (Konstanta Derivatif) yang disesuaikan oleh pengguna. Keypad ini terhubung dengan Arduino Mega untuk mengirimkan nilai yang dimasukkan oleh pengguna ke mikrokontroler untuk diproses lebih lanjut. Power supply menyediakan tegangan dari listrik AC rumah tangga untuk mensuplai daya ke semua komponen dalam sistem, memastikan setiap komponen, termasuk Arduino dan motor driver, menerima tegangan yang stabil dan sesuai dengan kebutuhannya. Motor Driver BTS mengatur tegangan yang disalurkan dari power supply ke pemanas air sesuai dengan sinyal PWM yang dihasilkan dari perhitungan PID pada Arduino. Motor driver menerima sinyal kontrol dari Arduino dan menyesuaikan keluaran tegangan yang disalurkan ke elemen pemanas air, memastikan tegangan sesuai dengan kebutuhan untuk mencapai suhu yang diinginkan.

Arduino Mega berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang mengendalikan semua komponen dalam sistem. Arduino Mega memproses input dari keypad, membaca data dari sensor suhu, menghitung keluaran PID, dan mengirimkan sinyal kontrol ke motor driver. Arduino Mega diprogram untuk menjalankan algoritma PID, menerima input pengguna, memproses data dari sensor suhu, dan menghasilkan sinyal PWM yang sesuai untuk mengatur elemen pemanas. Sensor suhu mengukur suhu air dan mengirimkan hasil pengukuran ke Arduino sebagai umpan balik dalam loop kontrol. Sensor suhu dipasang di dalam tangki air untuk menyediakan data suhu real-time yang digunakan oleh Arduino untuk menghitung nilai error dan menyesuaikan keluaran pemanas. LCD menampilkan output sistem, termasuk nilai yang dimasukkan oleh pengguna, pemantauan suhu air, nilai error, dan nilai PWM dari perhitungan PID. LCD terhubung dengan Arduino untuk menampilkan informasi penting secara real-time kepada pengguna, memudahkan pemantauan dan penyesuaian parameter sistem.

2.1 Sistem Pengkabelan



Gambar 2. Diagram Wiring Sistem

Sistem Pengendalian Suhu Pemanas Air menggunakan mikrokontroler Arduino Mega 2560 sebagai unit komputasi utamanya. Sistem ini dilengkapi dengan keypad, modul BTS7960, dan komponen tambahan lainnya seperti catu daya, modul step-down, sensor suhu DS18B20, serta layar LCD 16x2. Arduino Mega 2560 berfungsi sebagai pusat kendali utama, menerima sinyal input dari tombol tekan dan sensor DS18B20, serta mengatur kontrol output dengan efektif ke BTS7960 dan LCD. Pengaturan ini memungkinkan sistem untuk mengatur suhu pemanas air dengan tepat dan efisien selama proses pemanasan. Kontrol berbasis Arduino dalam Sistem Pengendalian Suhu Pemanas Air meningkatkan responsivitas dan akurasi, sehingga menawarkan aplikasi praktis di berbagai lingkungan industri dan penelitian.

2.2 Rangkaian sistem keseluruhan

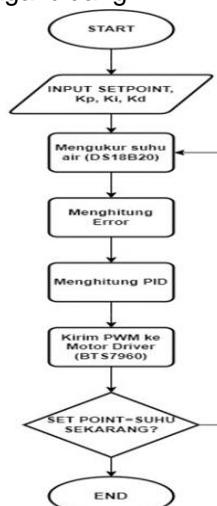


Gambar 3. Rangkaian Sistem Keseluruhan

Rangkaian sistem memiliki perangkat yang terdapat di dalam kotak dan di luar kotak. Di dalam kotak terdapat power supply, motor driver, dan Arduino. Di luar kotak terdapat sensor, pemanas air, kabel USB, keypad, dan LCD.

2.3 Diagram alir sistem

Dalam penelitian ini, diagram alir menggambarkan proses inialisasi parameter penting untuk pengontrol PID, yaitu Set Point, Gain Proporsional (K_p), Gain Integral (K_i), dan Gain Derivatif (K_d). Setelah inialisasi, sistem melanjutkan dengan membaca suhu air dan menghitung kesalahan suhu dibandingkan dengan set point yang diinginkan. Kemudian, perhitungan PID dilakukan, dan hasilnya digunakan sebagai input untuk Modulasi Lebar Pulsa (PWM) yang mengatur keluaran daya pemanas air. Sistem akan terus beroperasi jika kondisi terpenuhi; namun, akan berhenti jika kondisi berubah menjadi salah (0). Diagram alir ini memberikan representasi visual dari langkah-langkah berurutan dalam sistem kontrol suhu air berbasis PID, memastikan regulasi pemanas air yang tepat dan responsif, yang sangat penting untuk berbagai aplikasi industri dan penelitian. Implementasi kontrol PID meningkatkan stabilitas suhu dan mempertahankan set point yang diinginkan secara efisien, yang mengarah pada kinerja yang dioptimalkan dan kontrol proses yang lebih baik di berbagai bidang.



Gambar 4. Diagram Alir Sistem

2.4 Proportional Integral Derivative (PID)

Pengontrol Proportional Integral Derivative (PID) adalah mekanisme kontrol umpan balik yang banyak digunakan dalam sistem kontrol industri. Kontroler ini secara terus menerus menghitung kesalahan, yang merupakan perbedaan antara setpoint yang diinginkan dan hasil proses yang sebenarnya. Pengontrol PID bertujuan untuk mengurangi kesalahan ini dari waktu ke waktu dengan menyesuaikan elemen kontrol seperti posisi katup, bukaan peredam, atau daya elemen pemanas, berdasarkan persamaan pengontrol PID [6].

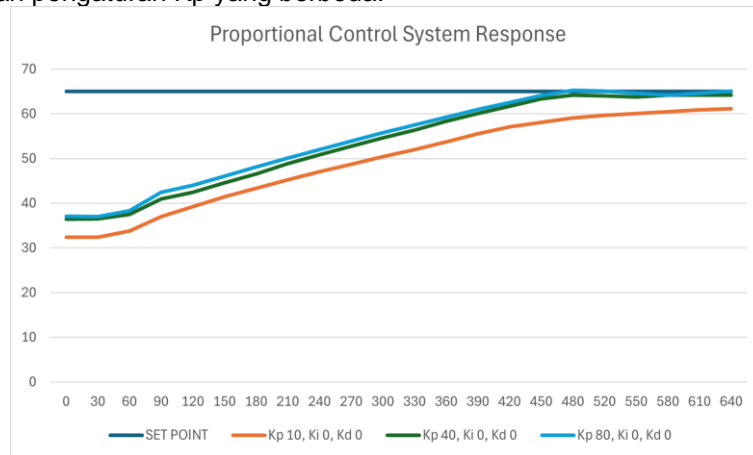
$$u = K_p e(t) + \frac{K_p}{T} \int_0^t e(t) dt + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

Dengan menggunakan metode kontrol PID (Proportional Integral Derivative) dalam implementasi pemanas air memungkinkan hasil yang lebih baik dalam mencapai efisiensi penyesuaian yang dinamis terhadap perubahan suhu dan memberikan hasil yang lebih baik dalam menjaga nilai suhu dekat dengan level referensi (Set Point) yang diinginkan. Dengan menggunakan kontrol PID juga terbukti efektif dalam mengatur suhu air dan memonitor proses secara visual terhadap suhu air tersebut dengan kesalahan yang minimal [1] [5]. Pada metode kontrol PID ini terbukti menjadi alat yang penting dalam otomatisasi rumah tangga dan juga industri, dengan menawarkan stabilitas, akurasi, dan adaptabilitas dalam mengendalikan sistem yang kompleks [6].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengontrol Proporsional

Dalam studi eksperimental ini, Pengontrol Proporsional diterapkan dan dievaluasi pada sistem pemanas air. Parameter K_i dan K_d diatur ke nol, sementara parameter K_p divariasikan untuk mengamati efeknya pada sistem. Pengujian dilakukan selama 641 detik, dengan nilai K_p sebesar 10, 40, dan 80 yang dipilih untuk percobaan. Hasil pengujian Pengontrol Proporsional pada sistem pemanas air menunjukkan kinerja sistem dengan pengaturan K_p yang berbeda.



Gambar 5. Respon Sistem Pengontrol Proporsional

Tabel 1. Respon sistem pengontrol proporsional

Kp	Settling Time (s)	Rise Time (s)	Overshoot (%)	Peak Time (s)	Steady State Error (°C)
10	NaN	347	0	641	3,81
40	220	350	0	578	0,81
80	236	234	0,38	493	0

Karakteristik respons dari Kontroler Proporsional, yang dipengaruhi oleh nilai K_p yang mengatur penguatan proporsional terhadap sinyal kesalahan, menunjukkan variasi yang signifikan dengan nilai K_p yang berbeda. Settling Time, yang mengindikasikan waktu yang diperlukan sistem untuk mencapai stabilitas dalam kisaran tertentu dari setpoint target, menunjukkan pola yang menarik di seluruh nilai K_p 10, 40, dan 80. Nilai K_p 40 menghasilkan waktu penyelesaian yang lebih singkat, yaitu 220 detik, menunjukkan pendekatan yang cepat menuju suhu yang diinginkan.

Rise Time, yaitu periode dimana output sistem bergerak dari satu persentase setpoint ke persentase lainnya, mencerminkan kecepatan respons kontrol. Data menunjukkan bahwa dengan peningkatan nilai K_p , waktu naik tetap relatif konsisten. Nilai K_p 10, 40, dan 80 memiliki waktu naik masing-masing 347, 350, dan 234 detik, menunjukkan adanya hubungan yang halus di antara mereka.

Overshoot, yang mengukur sejauh mana sistem melebihi setpoint target awal, menunjukkan pola yang menarik. Baik K_p 10 maupun K_p 40 tidak menunjukkan adanya overshoot, menunjukkan bahwa kontrol suhu berlangsung tanpa deviasi awal yang signifikan dari setpoint. Namun, K_p 80 menunjukkan sedikit overshoot sebesar 0,38%, yang menunjukkan keseimbangan yang halus antara responsivitas dan stabilitas sistem.

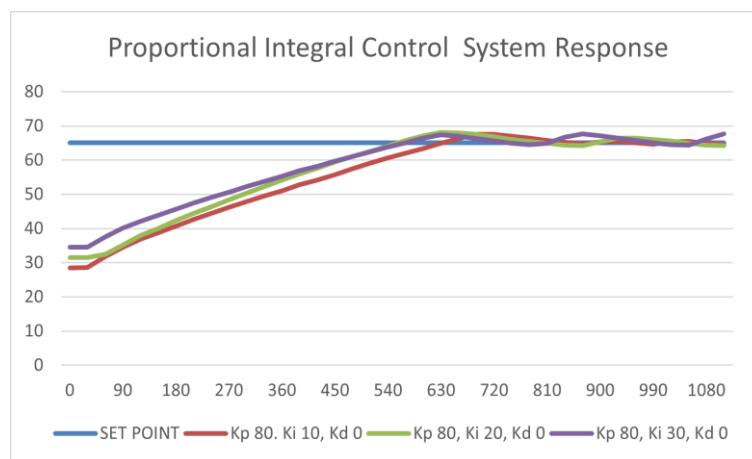
Peak Time, durasi untuk mencapai respons puncak pertama sistem, menggarisbawahi pengaruh K_p pada kelincahan pengontrol. K_p 10 memiliki waktu puncak terpanjang yaitu 641 detik, sedangkan K_p

40 dan Kp 80 memiliki waktu puncak yang lebih pendek masing-masing 578 dan 493 detik, yang mengindikasikan respons puncak yang lebih cepat pada nilai Kp yang lebih tinggi.

Error Steady State dalam satuan derajat Celcius, yang mengukur deviasi yang terjadi pada output sistem dari setpoint target setelah mencapai keseimbangan, menyoroti efektivitas pengontrol. Nilai Kp 80 menunjukkan kesalahan kondisi tunak terendah sebesar 0 °C, menunjukkan bahwa pengontrol dapat mempertahankan suhu dengan sangat tepat. Sebaliknya, Kp 10 dan Kp 40 menunjukkan kesalahan kondisi tunak masing-masing sebesar 3,81 °C dan 0,81 °C.

3.2 Pengontrol Proporsional Integral

Dalam studi eksperimental ini, Kontroler Proporsional Integral diimplementasikan dan diuji pada sistem pemanas air, dengan menjaga nilai Kp tetap pada 80 dan nilai Kd pada 0. Untuk menguji respons Kontroler Integral, parameter Ki divariasikan dengan mengatur durasi pengujian hingga 1120 detik dan menggunakan nilai Ki 1, 5, dan 10. Hasil pengujian Kontrol Proporsional Integral untuk sistem pemanas air memberikan informasi penting tentang kinerja sistem dengan pengaturan Ki yang berbeda. Selain itu, tabel Respon Sistem Pengontrol Proporsional Integral memberikan gambaran umum yang komprehensif tentang respons sistem di bawah pengendalian Kontroler Integral Proporsional.



Gambar 6. Respon Sistem Pengontrol Proporsional Integral

Tabel 2. Respon Sistem Pengontrol Proporsional Integral

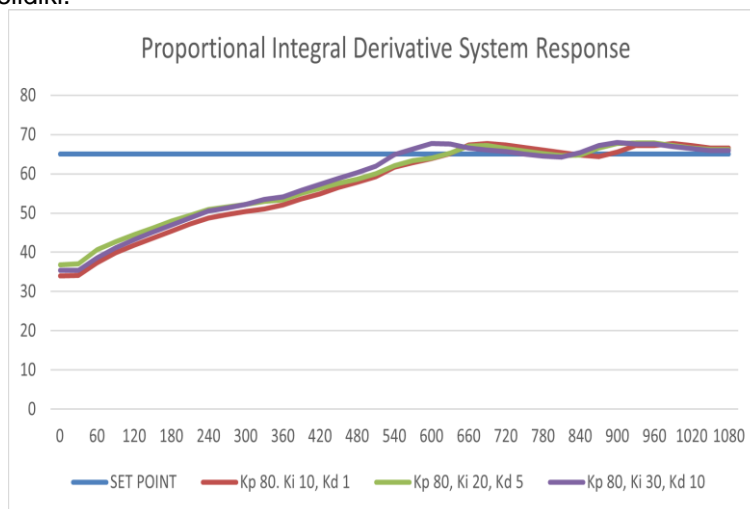
Kp	Ki	Settling Time (s)	Rise Time (s)	Overshoot (%)	Peak Time (s)	Steady State Error (°C)
80	10	547	402	4,2	710	0,44
80	20	616	307	4,9	642	0,81
80	30	615	322	4,1	1120	2,69

Respon Sistem Pengontrol Proporsional Integral menampilkan hasil yang bervariasi tergantung pada nilai Kp (Konstanta Proporsional) dan Ki (Konstanta Integral) yang digunakan. Pada pengaturan dengan Ki sebesar 10, terdapat penundaan waktu penyelesaian yang signifikan sebesar 547 detik, serta waktu naik yang tinggi sebesar 402 detik. Meskipun terjadi overshoot sebesar 4,2%, menunjukkan adanya peningkatan sementara di atas setpoint yang diinginkan, sistem berhasil mempertahankan kesalahan kondisi tunak yang rendah sebesar 0,44°C. Peningkatan nilai Ki menjadi 20 menghasilkan waktu penyelesaian yang sedikit lebih cepat, namun waktu naik yang lebih pendek sebesar 307 detik. Meskipun overshoot sedikit meningkat menjadi 4,9%, kesalahan kondisi tunak tetap cukup rendah sebesar 0,81°C. Pada pengaturan berikutnya dengan Ki sebesar 30, penundaan waktu penyelesaian tetap stabil, dengan waktu naik yang hampir sama seperti sebelumnya. Namun, overshoot sedikit berkurang menjadi 4,1%,

tetapi kesalahan kondisi tunak meningkat menjadi 2,69°C. Dari data ini, terlihat bahwa penyesuaian nilai Ki dapat mempengaruhi respons sistem dalam mencapai setpoint yang diinginkan, di mana peningkatan Ki cenderung mempercepat waktu penyelesaian tetapi dapat meningkatkan overshoot dan Error Steady State.

3.3 Pengontrol Proporsional Integral Derivative

Pada subbab ini dilakukan evaluasi pengontrol PID. Selama penelitian ini, nilai Kp tetap konstan pada 80, dan parameter Ki dipertahankan pada 20, memberikan kerangka kerja yang konsisten untuk memanipulasi parameter Kd. Eksplorasi mendetail ini dilakukan selama periode 1054 detik yang telah ditetapkan secara cermat, di mana nilai Kd divariasikan secara sistematis, khususnya dengan nilai 1, 3, dan 5, untuk mengevaluasi perilaku pengontrol PID secara menyeluruh. Representasi grafis secara jelas menggambarkan hasil dari penyelidikan empiris ini, memberikan representasi visual yang efektif dari osilasi dan perilaku sistem yang kompleks. Grafik bersifat dinamis dengan menyesuaikan berbagai konfigurasi Kd yang sedang diselidiki.



Gambar 7. Respon Sistem Pengontrol Proporsional Integral Derivative

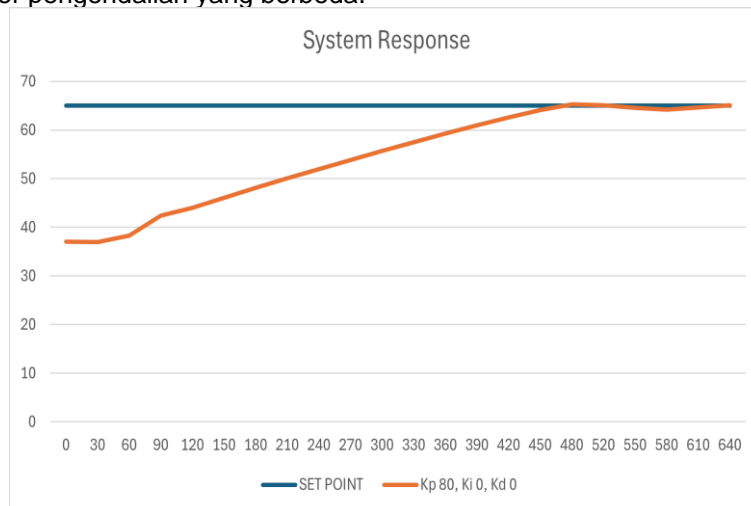
Tabel 3. Respon sistem pengontrol PID

Kp	Ki	Kd	Settling Time (s)	Rise Time (s)	Overshoot (%)	Peak Time (s)	Steady State Error (°C)
80	20	1	527	377	4,2	690	1,19
80	20	5	538	255	4,5	932	0,75
80	20	10	591	281	4,6	912	0,56

Respon sistem pengontrol PID menunjukkan dampak signifikan dari variasi Konstanta Derivative (Kd) terhadap kinerja sistem. Pada pengaturan awal dengan Kd sebesar 1, sistem mencatat waktu penyelesaian yang relatif cepat sebesar 527 detik, namun dengan Error Steady State yang tinggi mencapai 1,19 derajat Celcius, menunjukkan tingkat ketidakstabilan yang signifikan. Namun, dengan peningkatan Kd menjadi 5 dan 10, waktu naik sistem meningkat secara signifikan menjadi 255 dan 281 detik, sementara Error Steady State mengalami penurunan yang signifikan menjadi 0,75 dan 0,56 derajat Celcius, menunjukkan peningkatan stabilitas sistem. Meskipun terjadi overshoot sementara pada kedua pengaturan tersebut, peningkatan stabilitas yang signifikan menunjukkan bahwa nilai Kd yang lebih tinggi dapat meningkatkan kinerja sistem dalam menghadapi perubahan input. Analisis ini memberikan gambaran yang jelas tentang pentingnya memilih nilai Kd yang tepat untuk mencapai keseimbangan optimal antara respons dinamis dan stabilitas sistem dalam pengaturan PID.

3.4 Hasil Pengujian Keseluruhan

Pada bagian ini, nilai Kp diatur pada 80, sementara nilai Ki dan Kd tetap pada 0. Tujuan utama dari eksperimen ini adalah untuk mengevaluasi kinerja sistem berdasarkan kontrol proporsional saja, tanpa mempertimbangkan pengaruh dari komponen integral dan turunan. Dengan melakukan evaluasi ini, dapat dinilai sejauh mana kontrol proporsional berkontribusi terhadap stabilitas dan respons keseluruhan sistem. Dengan membandingkan hasil eksperimen ini dengan hasil sebelumnya yang melibatkan kontrol integral dan turunan, dapat diperoleh pemahaman yang lebih mendalam tentang dinamika sistem dan efektivitas konfigurasi parameter pengendalian yang berbeda.



Gambar 8. Respon Sistem Kp 80

Respon sistem Kp 80 menampilkan plot respons sistem yang menunjukkan bahwa dengan Konstanta Proporsional (Kp) sebesar 80, sistem berhasil mencapai setpoint 65 derajat Celcius dengan respons yang cepat dan efektif. Respons sistem menunjukkan peningkatan yang eksponensial dan mengalami sedikit overshoot sebelum akhirnya stabil di sekitar setpoint. Setelah beberapa osilasi minor, sistem menunjukkan stabilitas yang baik mendekati nilai yang diinginkan, menunjukkan performa kontrol yang efisien dalam mempertahankan setpoint.

Tabel 4. Pengujian Sistem dengan Kp 80

Kp	Ki	Kd	Settling Time (s)	Rise Time (s)	Overshoot (%)	Peak Time (s)	Steady State Error (°C)
80	0	0	236	234	0,38	493	0

Pengujian dengan nilai Kp = 80, Ki = 0, Kd = 0 menunjukkan *Error Steady State* terkecil sebesar 0°C, menunjukkan konsistensi yang baik dalam mempertahankan suhu. Overshoot sebesar 0,38% menunjukkan bahwa sistem beroperasi tanpa fluktuasi yang signifikan.

4. KESIMPULAN

Implementasi PID Control pada pemanas air dapat menjadi solusi efektif untuk mengatur suhu air berdasarkan set point suhu yang diinginkan oleh pengguna. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan Arduino Mega 2560 sebagai microcontroller, Water Heater 12v yang disediakan oleh power supply. Disaat yang sama, DS18B20 digunakan untuk mengukur suhu air saat ini. Dan keypad digunakan pada saat awal sebagai input Set Point, Kp, Ki, Kd.

Penggunaan parameter Kp, Ki, dan Kd yang tepat menghasilkan output sistem yang stabil dan sesuai dengan hasil yang diinginkan. Penggunaan Kp, Ki, Kd yang memiliki masing-masing nilai tidak selalu menghasilkan output yang stabil. Setelah membandingkan data yang didapatkan, peneliti menemukan Kp

= 80, $K_i = 0$, $K_d = 0$ sebagai parameter yang tepat dan menghasilkan output stabil serta menghasilkan rise time yang cepat sehingga suhu set point dapat tercapai dengan cepat dan stabil.

REFERENSI

- [1] M. N. F. Muizz and B. Supriatno, "Rancang Bangun Pengendalian Level Air Otomatis Pada Tangki Dengan Servo Valve Berbasis PID Controller," *Tek. Eletro*, vol. 8, no. 1, pp. 155–162, 2019.
- [2] A. dian sukowati Sukowati, "Sistem Kendali PID Aplikasi Mini Plant Water Flow Berbasis Arduino," *J. Elektron. dan Otomasi Ind.*, vol. 10, no. 3, pp. 471–478, 2023, doi: 10.33795/elkolind.v10i3.3677.
- [3] M. C. Rijal, "PENERAPAN METODE KONTROL PID PADA MODUL PRAKTEK PENGATURAN pada pengukuran dan pengendalian besaran proses . Beberapa besaran proses yang harus diukur dan dikendalikan pada suatu industri proses , misalnya aliran (flow) di dalam pipa , tekanan (pressur," *PENERAPAN Metod. KONTROL PID PADA Modul Prakt. PENGATURAN pada pengukuran dan Pengendali. besaran proses . Beberapa besaran proses yang harus diukur dan dikendalikan pada suatu Ind. proses , misalnya aliran (flow) di dalam pipa , tekanan (Press.*, vol. 2019, pp. 153–158, 2019.
- [4] N. C. Utama et al., "Perancangan Dan Implementasi Water Heater Terintegrasi Telegram," vol. 9, no. 4, pp. 2147–2154.
- [5] S. Rahmani, S. A. Rosana, and G. H. Tian, "Sistem Kontrol Level Air Dengan Pengontrol PID," *Telekontran J. Ilm. Telekomun. Kendali dan Elektron. Terap.*, vol. 10, no. 2, pp. 174–181, 2023, doi: 10.34010/telekontran.v10i2.9330.
- [6] V. F. Rahmadini, A. Ma'arif, and N. S. Abu, "Design of Water Heater Temperature Control System using PID Control," *Control Syst. Optim. Lett.*, vol. 1, no. 2, pp. 111–117, 2023, doi: 10.59247/csol.v1i2.41.
- [7] S. W. Tika, S. Baqaruzi, and A. Muhtar, "Perancangan Sistem Pemantauan dan Pengendalian Debit Air Menggunakan Kontrol PID," *ELECTRON J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 2, no. 1, pp. 41–47, 2021, doi: 10.33019/electron.v2i1.2372.
- [8] I. K. Ananda and I. Husnaini, "Sistem Kendali Level Ketinggian Air dengan Controller PID Menggunakan Arduino Mega 2560 dan Antarmuka Visual Basic 6.0," *JTEIN J. Tek. Elektro Indones.*, vol. 2, no. 2, pp. 233–239, 2021, doi: 10.24036/jtein.v2i2.172.
- [9] R. Kurniawan, S. Syaifudin, L. Lamidi, and S. Misra, "Fuzzy Logic Method to Control Evenly Distributed and Stable Waterbath Temperature with Four Heaters," *J. Teknokes*, vol. 17, no. 1, pp. 48–56, 2024, doi: 10.35882/teknokes.v17i1.650.
- [10] S. P, S. D.N, and P. B, "Temperature Control using Fuzzy Logic," *Int. J. Instrum. Control Syst.*, vol. 4, no. 1, pp. 1–10, 2014, doi: 10.5121/ijics.2014.4101.
- [11] H. Oscillation, "A New Model Predictive Control Method for Eliminating," 2021.
- [12] M. T. Thobroni, H. K. Safitri, and P. N. Malang, "Sistem Kontrol Suhu dan Kelembapan Dengan Metode Hysteris Untuk Proses Pembuatan Pupuk Kompos," vol. 2, no. 5, pp. 270–281, 2024.