INTERACTIVE LEARNING UNTUK PENGENDALI PID BERBASIS *WEBSITE*

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro

Oleh:
PATRICIA FERNANDEZ
NIM D1021211001



FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

INTERACTIVE LEARNING UNTUK PENGENDALI PID BERBASIS *WEBSITE*

SKRIPSI

Program Studi Sarjana Teknik Elektro
Jurusan Teknik Elektro

Skripsi Diajukan Sebagai Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Dalam Bidang Teknik Elektro

Oleh:
PATRICIA FERNANDEZ
NIM D1021211001

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
PONTIANAK
2025

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Patricia Fernandez

NIM : D1021211001

menyatakan bahwa dalam SKRIPSI yang berjudul **"*Interactive Learning* untuk Pengendali PID Berbasis *Website*"** tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana di suatu perguruan tinggi manapun. Sepanjang pengetahuan Saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Rujukan.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya. Saya sanggup menerima konsekuensi akademis dan hukum di kemudian hari apabila pernyataan yang dibuat ini tidak benar.

Pontianak, 25 Juli 2025

Patricia Fernandez
NIM. D1021211001

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon: (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email: ft@untan.ac.id Website: http://teknik.untan.ac.id

SURAT KETERANGAN SELESAI PENULISAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini Dosen Pembimbing Utama dan Dosen Pembimbing Pendamping pada penulisan skripsi yang berjudul **"*Interactive Learning* Untuk Pengendali PID Berbasis *Website*"** yang ditulis oleh mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura.

Nama : Patricia Fernandez
NIM : D1021211001
Jurusan : Teknik
Prodi : Teknik Elektro
Konsentrasi : Kendali

Demikian ini menerangkan bahwa mahasiswa tersebut telah menyelesaikan penulisan skripsinya.

Pontianak, 25 Juli 2025

Pembimbing Utama

Dr. Eng. Ir. Ferry Hadary, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng
NIP. 197102281995121001

Pembimbing Pendamping

Prof. Dr. -Ing. Seno Darmawan Panjaitan, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197507162000121001

KEMENTERIAN PENDIDIKAN TINGGI, SAINS, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS TANJUNGPURA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Prof. Dr. H. Hadari Nawawi Pontianak 78124
Telepon: (0561) 740186, WA: +6282152280907
Email: ft@untan.ac.id Website: http://teknik.untan.ac.id

HALAMAN PENGESAHAN

INTERACTIVE LEARNING UNTUK
PENGENDALI PID BERBASIS WEBSITE

Jurusan Teknik Elektro
Program Studi Sarjana Teknik Elektro

Oleh:

Patricia Fernandez
NIM. D1021211001

Telah dipertahankan di depan Penguji Skripsi pada tanggal 25 Juli 2025
dan diterima sebagai satu diantara persyaratan untuk memperoleh gelar sarjana.

Susunan Penguji Skripsi:

Pembimbing Utama,

Dr. Eng. Ir. Ferry Hadary, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng
NIP. 197102281995121001

Penguji Utama,

Dr. Ir. Bomo Wibowo Sanjaya, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197404011999031003

Pembimbing Kedua,

Prof. Dr. -Ing. Seno Darmawan Panjaitan, S.T., M.T., IPM.
NIP. 197507162000121001

Penguji Kedua,

Ir. Muhammad Saleh, S.T., M.T., IPM.
NIP. 196706161994121001

Pontianak, 25 Juli 2025
Dekan,

Dr. -Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM.
NIP. 196712231992031002

HALAMAN PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya dedikasikan kepada seluruh rekan dan adik tingkat di Program Studi Teknik Elektro Universitas Tanjungpura. Semoga isi dengan skripsi ini dapat memberikan manfaat, menambah wawasan, serta menjadi inspirasi untuk terus berkarya dan berinovasi di masa yang akan datang.

Ucapan terima kasih yang tulus saya sampaikan kepada kedua orang tua dan saudara saya atas cinta, doa, dan dukungan tanpa henti dalam setiap langkah yang saya tempuh. Saya menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada sahabat-sahabat seperjuangan yang sudah mendampingi dari semester awal yaitu Shelly, Juni, Ari, Rendoz, Revo, Prof. Al Manik, Rafidal, dan Dinda yang telah menjadi sumber keceriaan dan kekuatan selama proses penulisan tugas akhir ini berlangsung.

Tak lupa kepada rekan-rekan kantor saya ko Edy, ko Yeri, kak Desna, dan Kevin yang selalu memberi support, menyemangati dan memberikan saran dikala saya pusing dan dilema dalam pengerjaan skripsi ini.

Sebagai penutup, saya ingin mengutip sebuah kalimat yang senantiasa menjadi pengingat untuk tidak menyerah dalam mengejar impian:

“You should enjoy the little detours. Because that's where you'll find the things more important than what you want”
- Ging Freecss

PRAKATA

Puji syukur kehadirat Tuhan YME. karena atas berkat dan rahmat-Nya, maka penelitian dan penulisan skripsi dengan judul "Interactive learning untuk pengendali PID berbasis website" ini dapat diselesaikan dengan baik.

Penelitian ini menjelaskan tentang pengembangan pembelajaran interaktif dengan pengendali PID yang berupa simulasi dan eksperimen fisik yang diharapkan dapat menjadi media simulasi serta eksperimental dalam pembelajaran dan dapat menghadirkan pengalaman praktis yang lebih menarik dibandingkan metode konvensional, sehingga diharapkan mempermudah pemahaman konsep Kp, Ki, dan Kd serta respons sistem yang dihasilkan.

Secara khusus penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Eng. Ir. Ferry Hadary, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng., dan Prof. Dr. -Ing. Seno Darmawan Panjaitan, S.T., M.T., IPM sebagai pembimbing utama dan pembimbing pendamping yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan diskusi yang intensif khususnya tentang penulisan dan konsep media eksperimental.

Penulis berharap penelitian ini dapat bermanfaat dalam upaya meningkatan dan memperkuat pemahaman konsep kendali PID melalui praktek interaktif dan visualisasi secara real time, sehingga dapat meningkatkan keterampilan analitis dan penalaran teknis mahasiswa dilingkungan prodi teknik elektro. Penulis mengharapkan masukan yang konstruktif agar dapat menyempurnakan penelitian ini.

Dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, masukkan serta petunjuk baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam pelaksanaan kegiatan ini. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Dr. -Ing. Ir. Slamet Widodo, M.T., IPM. Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura beserta jajarannya.
2. Bapak Prof. Dr. -Ing. Seno Darmawan Panjaitan, S.T., M.T., IPM. Selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura dan selaku Pembimbing Pendamping Tugas Akhir.
3. Bapak Elang Derdian Marindani, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Tanjungpura.

4. Ibu Ir. Neilcy Tjahjamooniarsih, S.T., M.T., IPM. Selaku dosen Pembimbing Akademik.
5. Bapak Dr. Eng. Ir. Ferry Hadary, S.T., M.Eng., IPM., ASEAN Eng selaku dosen Pembimbing Utama Tugas Akhir.
6. Bapak Dr. Ir. Bomo Wibowo Sanjaya, S.T., M.T., IPM. Selaku dosen Penguji Utama Tugas Akhir
7. Bapak Ir. Muhammad Saleh, S.T., M.T., IPM. selaku Dosen Penguji Pendamping Tugas Akhir.
8. Bapak dan Ibu dosen pengajar di Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura Pontianak khususnya Bidang Studi Teknik Elektro atas pengajaran, bimbingan, serta perhatian yang diberikan selama ini.
9. Rekan – rekan mahasiswa dan semua pihak yang telah banyak membantu baik moral dan materi dalam menyelesaikan penulisan tugas akhir.
10. Orang tua, saudara, serta keluarga yang telah banyak mendoakan dan selalu memberikan dukungan, baik materi maupun moril.

Pontianak, 25 Juli 2025

Penulis,

Patricia Fernandez

ABSTRAK

Penelitian ini mengembangkan sebuah platform pembelajaran interaktif berbasis web untuk kendali PID yang menggabungkan simulasi digital dan eksperimen fisik menggunakan kit ESP-32, motor DC, rotary encoder, driver BTS 7960, dan LCD I2C. Latar belakangnya adalah rendahnya pemahaman mahasiswa Teknik Elektro terhadap konsep PID melalui metode konvensional, sehingga diperlukan media yang lebih aplikatif. Metode penelitian mencakup peninjauan pustaka, perancangan sistem, implementasi, dan evaluasi. ESP-32 digunakan untuk membaca respons motor DC dan mengirim data secara real-time melalui WebSocket ke antarmuka web yang dibangun dengan HTML, Tailwind CSS, dan JavaScript. Pengguna dapat memasukkan nilai parameter Kp, Ki, dan Kd, lalu langsung melihat grafik respons sistem menampilkan metrik seperti waktu naik (rise time), overshoot, dan waktu tunak (settling time) tanpa penyimpanan data ke basis data. Evaluasi dilakukan melalui uji beta (uji lapangan dengan mahasiswa) menggunakan angket Likert untuk menilai aspek kelayakan, kepraktisan, dan efektivitas pembelajaran. Hasil menunjukkan bahwa grafik respons berhasil terupdate sesuai perubahan parameter PID, sehingga mahasiswa dapat mengamati secara langsung pengaruh penyesuaian parameter pada kinerja sistem. Rata-rata skor uji menunjukkan kategori “Setuju” hingga “Sangat Setuju”, mengindikasikan platform ini lebih efektif dibandingkan metode konvensional, dan secara keseluruhan, penelitian ini dinyatakan berhasil dengan memperoleh rata-rata nilai evaluasi kualitas sebesar 75,13%, yang mencerminkan bahwa aplikasi memenuhi kriteria kelayakan sebagai media pembelajaran interaktif. Dengan demikian, *interfaces* berbasis WebSocket ini menawarkan alternatif pembelajaran kendali PID yang fleksibel, aplikatif, dan mampu meningkatkan keterlibatan serta pemahaman konsep secara signifikan.

Kata kunci: I*nteractive learning*, kendali PID, ESP-32, WebSocket, simulasi real-time

ABSTRACT

This study developed an interactive web-based learning platform for PID control that integrates digital simulations and physical experiments using an ESP-32 kit, DC motor, rotary encoder, BTS 7960 driver, and I2C LCD. The background of this study lies in the low level of understanding among Electrical Engineering students regarding PID concepts through conventional methods, thereby necessitating a more practical medium. The research method includes literature review, system design, implementation, and evaluation. The ESP-32 is used to read the response of the DC motor and transmit real-time data via WebSocket to a web interface built with HTML, Tailwind CSS, and JavaScript. Users can input the Kp, Ki, and Kd parameters and immediately observe the system response graph displaying metrics such as rise time, overshoot, and settling time without storing data in a database. The evaluation was conducted through beta testing (field trials with students) using a Likert scale questionnaire to assess feasibility, practicality, and learning effectiveness. Results show that the response graph successfully updates according to changes in PID parameters, allowing students to directly observe the impact of parameter adjustments on system performance. The average test scores fell within the “Agree” to “Very Agree” categories, indicating that the platform is more effective than conventional methods. Overall, this study was deemed successful, achieving an average quality evaluation score of 75.13%, reflecting that the application meets the criteria of a feasible interactive learning medium. Thus, this WebSocket-based interface offers a flexible and practical alternative for learning PID control and significantly enhances engagement and conceptual understanding.
Keywords: interactive learning, PID control, ESP-32, WebSocket, real-time simulation

DAFTAR ISI

PRAKATA i
ABSTRAK iii
ABSTRACT iv
DAFTAR ISI v
DAFTAR GAMBAR vii
DAFTAR TABEL viii
DAFTAR KODE PROGRAM ix
DAFTAR LAMPIRAN x
GLOSARIUM xi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Perumusan Masalah 3
1.3 Tujuan dan Sasaran Penelitian 3
1.4 Pembatasan Masalah 3
1.5 Sistematika Penulisan 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Penelitian Terkait 5
2.2 Dasar Teori 8
2.2.1 Parameter PID 8
2.2.2 Metode Tuning 9
2.2.3 Pengaruh Parameter PID terhadap Performa Sistem 10
2.3 Bahan Penelitian 12
2.3.1 ESP-32 13
2.3.2 Driver Motor BTS 7960 14
2.3.3 Motor DC 12V 15
2.3.4 Rotary Encoder 15
2.3.5 Baterai Li Ion 18650 16
2.3.6 LCD 20x4 I2C 17
2.3.7 Pulley timing dan belt 17
2.3.8 Power Supply 12V 5A 18
2.3.9 Regulator Step Down XL4015 18
2.3.10 *Supporting Material* 19
2.4 Komponen Perangkat Lunak 20
2.4.1 Arduino IDE 20

2.4.2 MATLAB 20
2.4.3 EasyEDA 20
2.5 Spesifikasi Sistem 21
2.6 Pemodelan dan simulasi persamaan sistem 22
BAB III PERANCANGAN SKEMA *INTERACTIVE LEARNING* UNTUK PENGENDALI PID BERBASIS WEBSITE 26
3.1 Perancangan Sistem 26
3.1.1 *Hardware* 26
3.1.2 WebUI 31
3.2 Diagram Alir Sistem 31
3.3 Indikator Keberhasilan 33
3.4 Analisis Hasil 33
3.5 Metode Manajemen Proyek Software Development: Agile 34
3.5.1. *Requirements* 35
3.5.2. *Design* 35
3.5.3. *Development* 35
3.5.4. *Testing* 35
3.5.5. *Deployment* 36
3.5.6. *Review* 36
3.6 Konfigurasi Pemrograman 36
3.6.1 Konfigurasi Komunikasi WebUI 37
3.6.2 Konfigurasi logika pengendali PID 37
3.6.3 Konfigurasi *interface WebUI* 38
3.6.4 Konfigurasi Simulasi PID Tuning 39
3.6.5 Konfigurasi pembacaan performa sistem 42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 44
4.1 Hasil Perancangan Kit 44
4.2 Hasil Perancangan WebUI 45
4.3 Pengujian Kecocokkan Hasil Simulasi dan Respons Kit 48
4.4 Pengujian kemudahan penggunaan & pemahaman penggunaan 50
4.5 Pengujian peningkatan pemahaman 54
4.6 Evaluasi Kualitas Aplikasi 57
BAB V PENUTUP 60
5.1 Kesimpulan 60
5.2 Saran 61
DAFTAR RUJUKAN 62

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Diagram Blok Pengendali P 8
Gambar 2. 2. Diagram Blok Pengendali I 8
Gambar 2. 3. Diagram Blok Pengendali D 9
Gambar 2. 4. ESP-32 Dev Kit 30 Pin 13
Gambar 2. 5. Driver Motor BTS 7960 14
Gambar 2. 6. Motor DC Dinamo Gear Box 12V 15
Gambar 2. 7. Optical Encoder 600ppr 15
Gambar 2. 8. Rotary encoder 22ppr 16
Gambar 2. 9. Baterai Li Ion 18650 16
Gambar 2. 10. LCD 2004 I2C 17
Gambar 2. 11. GT2 Pulley Timing 60T 17
Gambar 2. 12. Belt 17
Gambar 2. 13. Power Supply JK-LINK-60-12 5A 18
Gambar 2. 14. Step Down DC XL4015 18
Gambar 2. 15. Arduino IDE 20
Gambar 2. 16. MATLAB 20
Gambar 2. 17. EasyEda 20
Gambar 2. 18. Rangkaian Ekivalen Motor 23
Gambar 3. 1. Perancangan *hardware* 26
Gambar 3. 2. Diagram Blok Sistem 28
Gambar 3. 3. Desain Case Kit 29
Gambar 3. 4. Desain PCB 30
Gambar 3. 5. Perancangan tampilan WebUI 31
Gambar 3. 6. Diagram alir sistem 32
Gambar 3. 7. Agile Method 34
Gambar 4. 1. Tampak Depan Kit (Sebelum dipasang motor dan pulley) 44
Gambar 4. 2. Tampak Depan Kit 44
Gambar 4. 3. Bagian Dalam Kit 44
Gambar 4. 4. Tampilan WebUI 45
Gambar 4. 5. Simulasi PID Tuning 47
Gambar 4. 6. Grafik Pengukuran Distribusi Skala per Pertanyaan 52
Gambar 4. 7. Grafik Perbandingan Pretest dan Posttest Responden 55
Gambar 4. 8. Grafik Pengukuran Peningkatan Pemahaman Responden 56
Gambar 4. 9. Evaluasi kualitas aplikasi 57

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1. Daftar *Referensi Sumber Jurnal* 6
Tabel 2. 2. Metode 1 (Kurva Reaksi) Ziegler Nichols 10
Tabel 2. 3. Metode 2 (Osilasi) Ziegler Nichols 10
Tabel 2. 4. Keterangan Variabel Persamaan 12
Tabel 2. 5. Supporting Material yang digunakan 19
Tabel 2. 6. Spesifikasi Sistem yang digunakan 21
Tabel 4. 1. Data Pengujian Perbandingan Hasil Simulasi dan Respons Kit..... 48
Tabel 4. 2. Data Pengujian Distribusi Skala Pilihan Per Pertanyaan 50
Tabel 4. 3. Daftar Pertanyaan Pengujian Tingkat Kemudahan Penggunaan Kit.. 51
Tabel 4. 4. Daftar Pertanyaan Pengujian Tingkat Pemahaman Penggunaan Kit . 51
Tabel 4. 5. Data rata-rata tingkat kemudahan dan pemahaman 53
Tabel 4. 6. Data Pengujian Peningkatan Pemahaman 54

DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 3. 1. Konfigurasi Komunikasi WebUI 37
Kode Program 3. 2 Logika pengendali PID 38
Kode Program 3. 3 Konfigurasi komunikasi websocket ke WebUI 38
Kode Program 3. 4 Konfigurasi Simulasi PID Tuning 39
Kode Program 3. 5 Identifikasi Performa Sistem 42

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A A-1
LAMPIRAN B B-1

GLOSARIUM

PID (Proportional-Integral-Derivative)	Metode pengendalian dalam sistem kendali yang menggunakan tiga parameter (proporsional, integral, dan derivatif) untuk menyesuaikan output sistem agar sesuai dengan nilai setpoint.
Setpoint	Nilai target atau tujuan dari sistem kendali yang diharapkan dapat dicapai oleh output sistem.
Respon Sistem	Perilaku output sistem terhadap masukan tertentu, biasanya dianalisis dalam domain waktu seperti waktu naik (*rise time*), waktu puncak (*peak time*), dan waktu tunak (*settling time*).
Simulasi	Proses meniru perilaku sistem fisik menggunakan model matematis dan perangkat lunak untuk mengamati respon sistem terhadap input tertentu.
Encoder	Sensor yang digunakan untuk mengukur posisi atau kecepatan putaran motor secara presisi.
WebSocket	Protokol komunikasi dua arah yang memungkinkan pertukaran data secara real-time antara klien (browser) dan server (ESP32).
Rise Time (Tr)	Waktu yang dibutuhkan oleh respon sistem untuk naik dari 10% ke 90% dari nilai setpoint.
Peak Time (Tp)	Waktu yang dibutuhkan oleh sistem untuk mencapai nilai puncak (maksimum) pertama dalam respon transien.
Settling Time (Ts)	Waktu yang dibutuhkan oleh respon sistem untuk menetap dalam kisaran toleransi tertentu terhadap nilai setpoint.
Overshoot (%OS)	Persentase nilai maksimum respon sistem yang melebihi nilai setpoint dalam respon transien.
Ziegler-Nichols Method	Salah satu metode penyetelan (tuning) PID secara empiris yang digunakan untuk menentukan parameter Kp, Ki, dan Kd berdasarkan karakteristik osilasi sistem.
Interactive Interface	Antarmuka pengguna yang memungkinkan adanya interaksi langsung dan dua arah antara pengguna dan sistem.
Grafik Respons	Tampilan visual dari hasil simulasi atau data aktual sistem yang menunjukkan bagaimana output berubah terhadap waktu.
WebUI	Singkatan dari Web User Interface, yaitu antarmuka pengguna berbasis web yang digunakan untuk menginput parameter dan menampilkan hasil secara visual.
PWM (Pulse Width	Teknik modulasi sinyal digital yang digunakan untuk mengatur daya yang dikirim ke perangkat seperti motor,

Modulation)	dengan mengubah lebar pulsa sinyal.
PID Tuning	Proses penyesuaian nilai parameter Kp (Proportional), Ki (Integral), dan Kd (Derivative) untuk mencapai performa sistem kendali yang optimal.
Agile	Metodologi pengembangan perangkat lunak secara iteratif dan inkremental, menekankan kolaborasi, tanggapan terhadap perubahan, dan keterlibatan pengguna.
Sprint	Iterasi waktu tetap dalam metodologi Agile di mana sejumlah pekerjaan dilakukan dan ditinjau.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Teori kendali Proportional-Integral-Derivative (PID) merupakan salah satu teori dasar yang memiliki peran penting dalam berbagai aplikasi teknik, mulai dari industri manufaktur hingga sistem otomasi. Menurut [1], PID merupakan salah satu teknik kendali yang banyak digunakan dalam rekayasa kendali, dimana kendali PID ini terdiri dari tiga komponen utama, yaitu *proportional, integral,* dan *derivative* yang dikombinasikan untuk mengoptimalkan performa sistem. Ketiga parameter tersebut berperan dalam menentukan kualitas respon kendali, sehingga dapat mempengaruhi kestabilan, kecepatan, dan akurasi sistem dalam mencapai *setpoint* yang diinginkan.

Dalam lingkungan Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura, teori kendali Proportional-Integral-Derivative (PID) merupakan komponen mendasar dalam kurikulum, khususnya bagi mahasiswa yang menekuni bidang teknik kendali. Meskipun demikian, dalam praktik pembelajarannya, pemahaman konseptual mahasiswa terhadap teori PID masih tergolong rendah dan perlu ditingkatkan. Salah satu faktor utama yang menyebabkan kondisi ini adalah metode pembelajaran di kelas yang cenderung bersifat konvensional dan kurang interaktif, sehingga mahasiswa kesulitan untuk tetap fokus serta memahami penerapan konsep secara menyeluruh. Selain itu, keterbatasan dalam penyelenggaraan praktikum turut memperburuk situasi di mana dalam kondisi saat ini, sesi praktikum hanya dilaksanakan satu kali dan diselesaikan dalam satu hari, sehingga kesempatan mahasiswa untuk mengeksplorasi, berlatih, dan memperkuat pemahaman terhadap teori kendali menjadi sangat terbatas. Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian tugas akhir ini bertujuan untuk mengembangkan suatu platform pembelajaran interaktif berbasis web untuk pengendali PID, dengan harapan dapat menjadi solusi inovatif dalam meningkatkan pemahaman mahasiswa. Tingkat penguasaan mahasiswa terhadap teori PID akan menjadi salah satu variabel utama yang dianalisis dalam penelitian ini.

Adapun penelitian yang telah dikembangkan sebelum saat ini masih menggunakan metode simulasi komputer atau kit sederhana. Namun, kebanyakan

dari metode tersebut tidak memanfaatkan teknologi berbasis web yang fleksibel dan mudah diakses. Maka dari itu dengan berkembangnya zaman tentu kemudahan menjadi hal yang paling dibutuhkan, sehingga teknologi berbasis web memungkinkan pemantauan dan pengendalian sistem dari jarak jauh secara lebih praktis dan efektif. Selain itu, hanya sedikit penelitian yang mengintegrasikan pembelajaran interaktif dengan mikrokontroler seperti ESP-32 untuk memberikan visualisasi keluaran yang lebih nyata dan mudah dipahami.

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan *platform* pembelajaran interaktif berbasis web yang memungkinkan mahasiswa untuk mempraktikkan konsep kendali PID secara langsung, baik melalui simulasi digital maupun eksperimen berbasis perangkat fisik. *Platform* ini mengintegrasikan ESP-32 sebagai perangkat IoT untuk memvisualisasikan hasil eksperimen PID secara *real-time* sehingga dapat membantu mahasiswa dalam memahami hubungan antara teori PID dan aplikasinya di dunia nyata. Melalui pendekatan ini, mahasiswa dapat berinteraksi secara langsung dengan sistem, memperkuat pemahaman konseptual mengenai kendali PID serta meningkatkan pengalaman belajar yang lebih interaktif dan aplikatif.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini mencakup peningkatan kualitas pembelajaran teori kendali PID, pengembangan keterampilan analitis mahasiswa, dan penyediaan kit bantu pembelajaran yang inovatif di Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tanjungpura. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi pengembangan metode pelatihan lainnya.

Dengan mempertimbangkan urgensi masalah serta peluang yang telah diidentifikasi sebelumnya, penelitian ini menjadi penting untuk dilaksanakan sebagai jawaban atas rendahnya efektivitas pembelajaran konvensional. Melalui pengembangan platform pembelajaran interaktif berbasis web, riset ini bertujuan menghadirkan metode penyampaian materi yang lebih dinamis dan adaptif, sehingga mampu menjembatani kesenjangan pemahaman konseptual mahasiswa. Platform tersebut akan memfasilitasi simulasi langsung, visualisasi respons sistem, dan umpan balik real-time yang mendalam, sehingga proses belajar tidak hanya bersifat teoritis melainkan juga aplikatif.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, permasalahan utama yang melatarbelakangi penelitian ini adalah kurangnya pemahaman mengenai konsep dan penerapan prinsip kerja kendali PID sering kali menjadi tantangan bagi mahasiswa atau praktisi, dan tidak adanya platform atau sistem pembelajaran interaktif berbasis website yang dapat memfasilitasi pemahaman dan simulasi pengendali PID secara praktis dan fleksibel.

1.3 Tujuan dan Sasaran Penelitian

Tujuan penelitian ini mengacu pada masalah yang telah disebutkan pada perumusan masalah yaitu dapat mengembangkan sistem pembelajaran interaktif berbasis website yang dapat membantu mahasiswa dan praktisi dalam memahami serta menerapkan prinsip kerja kendali PID secara lebih efektif. Hal ini dilakukan dengan menciptakan platform simulasi pengendali PID berbasis website yang lebih praktis, fleksibel, dan mudah diakses guna mendukung proses pembelajaran dan penelitian.

1.4 Pembatasan Masalah

Berdasarkan Tujuan Penelitian di atas maka, fokus permasalahan dibatasi pada pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya berfokus pada pengembangan *platform* pembelajaran interaktif kendali PID yang menggunakan mikrokontroler dan berbasis web.
2. Metode yang digunakan akan terbatas pada teknik tuning kendali PID yang terlampir.
3. Pengembangan berbasis web hanya terbatas pada menampilkan data berdasarkan kit pelatihan PID.
4. Fokus penelitian ini adalah pada aspek visualisasi, tuning, dan aplikasi praktis PID dalam lingkungan pendidikan program studi Teknik Elektro.
5. Sistem yang digunakan dalam penelitian ini merupakan sistem dengan orde tiga, di mana orde sistem didapat berdasarkan fungsi transfer dari model matematis sistem yang diuji.

6. Penelitian ini terbatas pada pengujian simulasi dan kit tidak termasuk pembahasan perhitungan manual performa sistem dan transfer function.

1.5 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan dari tugas akhir ini disusun dalam lima bab yang terdiri dari :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini berisikan Latar Belakang, Permasalahan, Pembatasan Masalah, Tujuan Penelitian dan Sistematika Penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi penelitian terkait dan gambaran mengenai teori yang berkaitan dengan teori kontrol PID, *interactive learning* serta penerapan dan perancangan sistem dengan *web-based.*

BAB III PERANCANGAN SKEMA *INTERACTIVE LEARNING* UNTUK PENGENDALI PID BERBASIS WEBSITE

Bab ini berisikan metode yang berkaitan dengan perancangan skema serta analisis hasil pada sistem serta kit pengendali PID yang akan dibuat.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil-hasil yang didapatkan dalam penelitian dan pembahasan hingga analisanya.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang didapatkan selama melakukan penelitian serta saran yang dapat dilakukan untuk pengembangan pada penelitian selanjutnya.