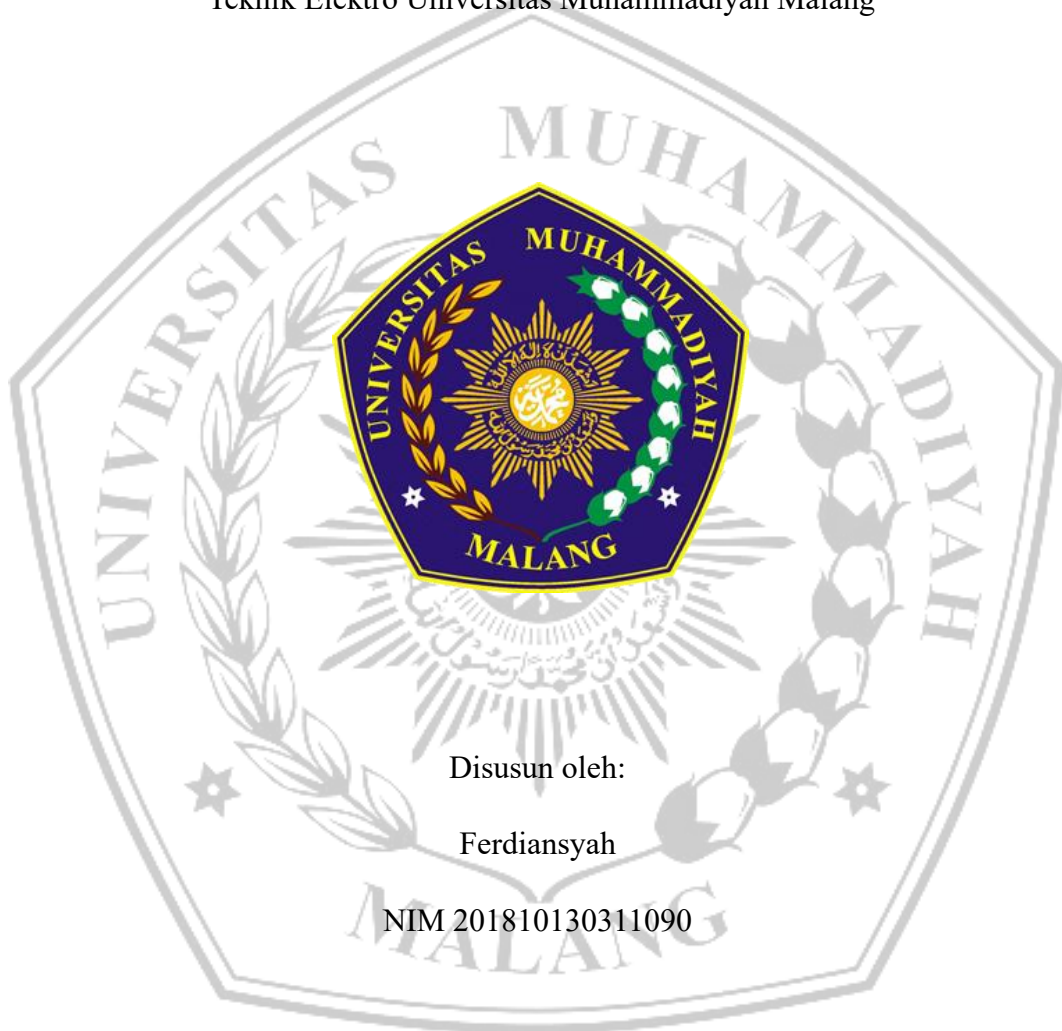


**PENGUJIAN BALL ON PLATE SEBAGAI PEMBELAJARAN PID PADA  
MATA KULIAH DASAR SISTEM KONTROL**

**SKRIPSI**

Sebagai Persyaratan Guna Meraih Gelar Sarjana

Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang



Disusun oleh:

Ferdiansyah

NIM 201810130311090

**PROGRAM STUDI ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MALANG**

**2025**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**PENGUJIAN BALL ON PLATE SEBAGAI PEMBELAJARAN PID PADA  
MATA KULIAH DASAR SISTEM KONTROL**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana (S1)  
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

Disusun Oleh :

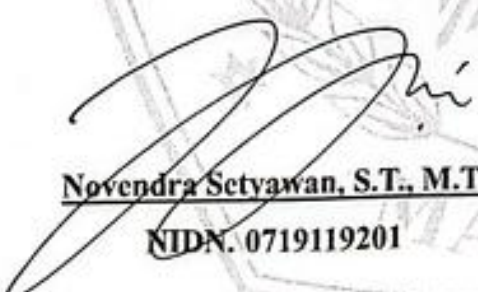
**Ferdiansyah**

**201810130311090**


Diperiksa dan disetujui oleh:

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**

  
**Novendra Setyawan, S.T., M.T.**

**NIDN. 0719119201**

  
**Basri Noor Cahyadi, S.T., M.Eng.**

**NIDN. 0718069102**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**“PENGUJIAN BALL ON PLATE SEBAGAI PEMBELAJARAN PID PADA  
MATA KULIAH DASAR SISTEM KONTROL”**

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Guna Meraih Gelar Sarjana (S1)  
Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Malang

Disusun Oleh :

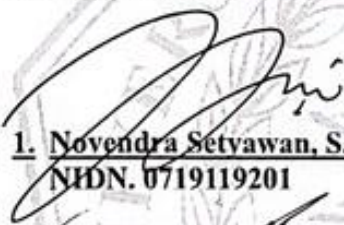
**Ferdiansyah**

**201810130311090**

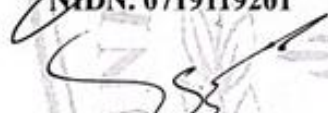
Tanggal Ujian :

Periode Wisuda : Periode 3

Disetujui Oleh :

  
**1. Novendra Setyawan, S.T., M.T.**  
**NIDN. 0719119201**

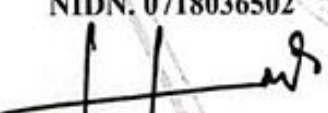
(Pembimbing I)

  
**2. Basri Noor Cahyadi, S.T., M.Eng.**  
**NIDN. 0718069102**

(Pembimbing II)

  
**3. Ir. Nur Alif Mardiyah, M.T.**  
**NIDN. 0718036502**

(Penguji I)

  
**4. Khusnul Hidayat, S.T., M.T.**  
**NIDN. 0723108202**

(Penguji II)



## LEMBAR PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Ferdiansyah  
Tempat/Tgl. Lahir : Blitar / 17 April 1999  
NIM : 201810130311090  
Fakultas / Jurusan : TEKNIK / TEKNIK ELEKTRO

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir saya dengan judul “PENGUJIAN BALL ON PLATE SEBAGAI PEMBELAJARAN PID PADA MATA KULIAH DASAR SISTEM KONTROL” beserta seluruh isinya adalah karya saya sendiri dan bukan merupakan karya tulis orang lain, baik sebagian maupun seluruhnya, kecuali dalam bentuk kutipan yang telah disebutkan sumbernya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini, atau klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini maka saya siap menanggung segala bentuk resiko / sanksi yang berlaku.

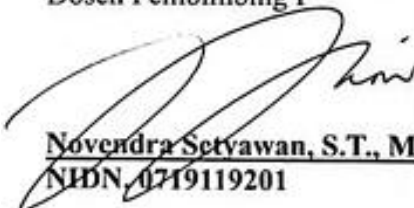
Malang, Juli 2025

Yang membuat pernyataan,

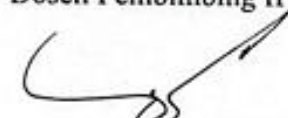


Mengetahui,

Dosen Pembimbing I

  
Novendra Setyawan, S.T., M.T.  
NIDN. 0719119201

Dosen Pembimbing II

  
Basri Noor Cahyadi, S.T., M.Eng.  
NIDN. 0718069102

## ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem Ball on Plate dua derajat kebebasan (2-DOF) sebagai media pembelajaran interaktif untuk pengendalian Proportional-Integral-Derivative (PID). Sistem terdiri dari Raspberry Pi Pico sebagai pengendali, dua motor servo, dan kamera sebagai sensor visual. Deteksi posisi bola dilakukan menggunakan metode image processing berbasis Python dan ruang warna HSV. Koordinat posisi bola dikirim ke MATLAB untuk dikendalikan menggunakan PID, dengan nilai parameter yang dapat dituning secara real-time. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem dapat merespons perubahan posisi bola dan mencoba mempertahankannya pada titik set point. Metrik performa terbaik yang dicapai menunjukkan rise time sebesar 3.948 s (sumbu X) dan 10.156 s (sumbu Y), overshoot hingga 35.8 % dan 32.9%, serta settling time 41.98 s. Meski sistem berhasil menunjukkan fungsionalitas dasar, nilai overshoot, settling time, dan steady-state error masih cukup tinggi. Hal ini menunjukkan perlunya tuning lanjutan atau penerapan metode kontrol yang lebih adaptif agar sistem dapat beroperasi secara lebih presisi dan stabil.

Kata Kunci : Ball on Plate, PID, Raspberry Pi, Image Processing, Tuning, Sistem Kontrol.

## **ABSTRACT**

*This study aims to develop a two degrees of freedom (2-DOF) Ball on Plate system as an interactive learning media for Proportional-Integral-Derivative (PID) control. The system consists of a Raspberry Pi Pico as the controller, two servo motors, and a camera as a visual sensor. Ball position detection is performed using Python-based image processing in the HSV color space. The ball's position coordinates are transmitted to MATLAB for PID control, with parameters adjustable in real-time. Experimental results show that the system can respond to ball movement and attempt to maintain it at a predefined set point. The best performance metrics achieved include a rise time of 3.948 s (X-axis) and 10.156 s (Y-axis), overshoot up to 35.8% and 32.9%, and a settling time of 41.98 s. Although the system demonstrates basic functionality, high overshoot, prolonged settling time, and significant steady-state error indicate that further tuning or advanced control methods are needed to improve precision and stability.*

*Keyword : Ball on Plate, PID, Raspberry Pi, Image Processing, Tuning, Control System.*

## KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala, penulis mengucapkan terima kasih atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya yang memungkinkan penulis menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul:

### **" PENGUJIAN BALL ON PLATE SEBAGAI PEMBELAJARAN PID PADA MATA KULIAH DASAR SISTEM KONTROL"**

Penyusunan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Teknik di Universitas Muhammadiyah Malang. Penulis juga berharap bahwa skripsi ini dapat memberikan kontribusi dalam memperluas pustaka dan pengetahuan, khususnya dalam bidang elektronika dan sistem informasi.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat banyak aspek yang perlu dikembangkan dan disempurnakan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran dan masukan yang konstruktif agar tulisan ini dapat bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan di masa depan.

Akhir kata, semoga buku ini dapat memberikan manfaat baik di masa kini maupun di masa yang akan datang. Sebagai manusia yang tidak luput dari kesalahan, penulis mohon maaf atas segala kekeliruan, baik yang disengaja maupun yang tidak disengaja.

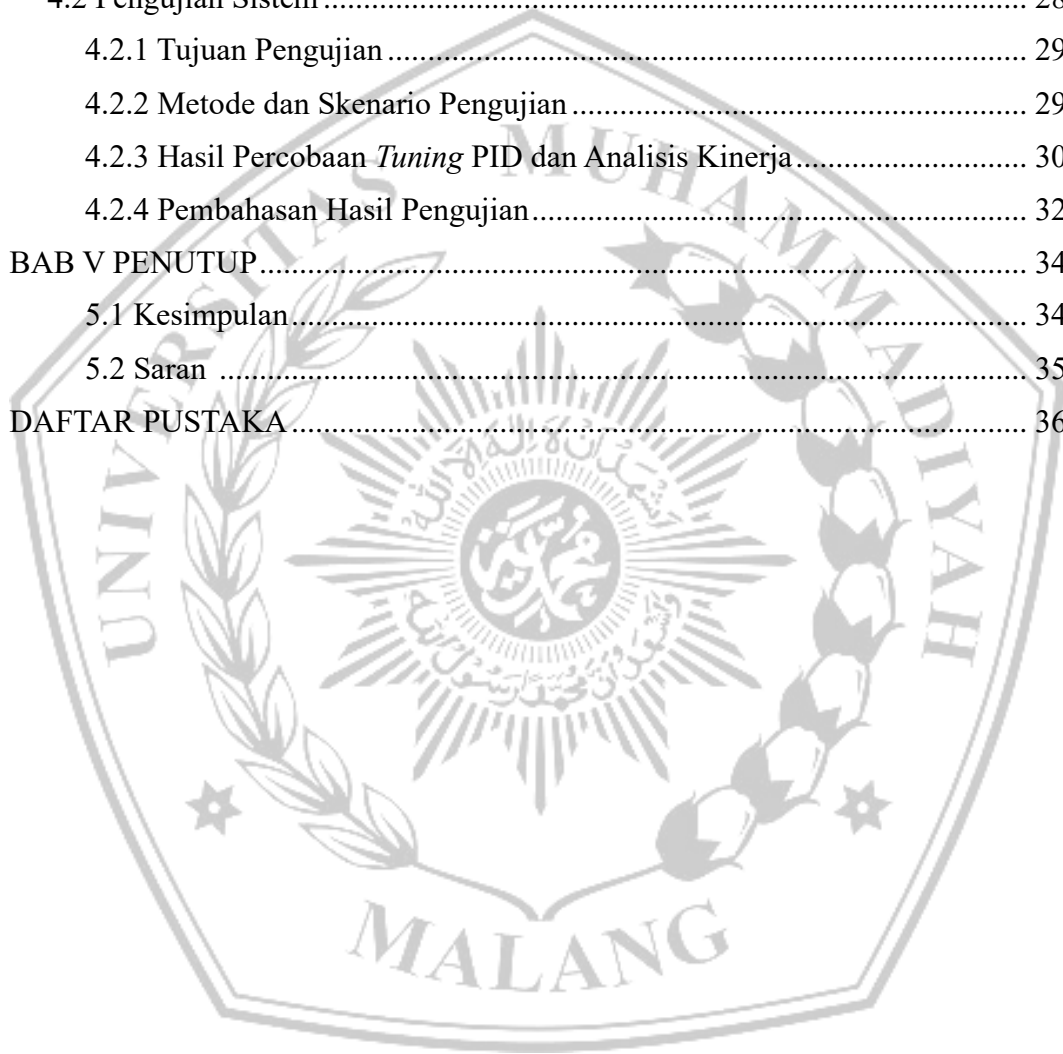
Malang, Juni 2025

Penulis

## DAFTAR ISI

COVER .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN .....	iv
ABSTRAK .....	v
<i>ABSTRACT</i> .....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR TABEL.....	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Penelitian.....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1 Sistem Kontrol.....	5
2.2 Kontrol PID (Proportional-Integral-Derivative).....	5
2.3 Sistem <i>Ball on Plate</i> .....	6
2.4 <i>Image Processing</i> dalam Deteksi Posisi Bola .....	8
2.5 Pengujian Sistem Kontrol.....	9
2.6 Metode Tuning PID .....	9
BAB III METODE PENELITIAN.....	11
3.1 Metode Kontrol .....	11
3.1.1 <i>PID Control</i> .....	13
3.1.2 <i>Image Processing</i> .....	16
BAB IV ANALISA DAN PENGUJIAN.....	20

4.1 Implementasi Sistem .....	20
4.1.1 Implementasi Perangkat Keras .....	20
4.1.2 Implementasi Perangkat Lunak .....	21
4.1.2.1 Implementasi Pengolahan Citra .....	21
4.1.2.2 Implementasi Kontroler PID dan Komunikasi Serial (Program MATLAB):.....	26
4.2 Pengujian Sistem .....	28
4.2.1 Tujuan Pengujian .....	29
4.2.2 Metode dan Skenario Pengujian .....	29
4.2.3 Hasil Percobaan <i>Tuning</i> PID dan Analisis Kinerja.....	30
4.2.4 Pembahasan Hasil Pengujian.....	32
BAB V PENUTUP.....	34
5.1 Kesimpulan.....	34
5.2 Saran .....	35
DAFTAR PUSTAKA .....	36



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Sistem Ball-on-Plate.....	7
Gambar 2.2 Blok Diagram Sistem Kontrol PID .....	10
Gambar 3.1 Block Diagram Kontrol.....	11
Gambar 3.2 Pengendalian Motor Servo pada Sistem Ball on plate Balancing System.....	12
Gambar 3.3 Flowchart Detail Algoritma Kontrol PID.....	14
Gambar 3.4 Flowchart Detail Algoritma Kontrol PID (Lanjutan).....	15
Gambar 3.5 Flowchart Deteksi Kamera dan Jalur Bola.....	18
Gambar 3.6 Flwochart Proses Deteksi dan Visualisasi Bola pada Program Python .....	19
Gambar 4.1 Wiring System Ball on Plate .....	21
Gambar 4.2 Jendela "Ball Tracking" dengan Visualisasi Deteksi Bola .....	22
Gambar 4.3 Cuplikan Program Python Thresholding dan Deteksi Kontur Bola..	23
Gambar 4.4 Antarmuka HSV Track Bars untuk Pengaturan Thresholding .....	25
Gambar 4.5 Hasil Masking Setelah Thresholding HSV .....	26
Gambar 4.6 Cuplikan Program Matlab Implementasi Control PID.....	28
Gambar 4.7 Hasil Grafik Kinerja Sistem Kontrol PID pada Sumbu X dan Y .....	31

**DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1 Hasil Percobaan *Tuning* Parameter PID ..... 30

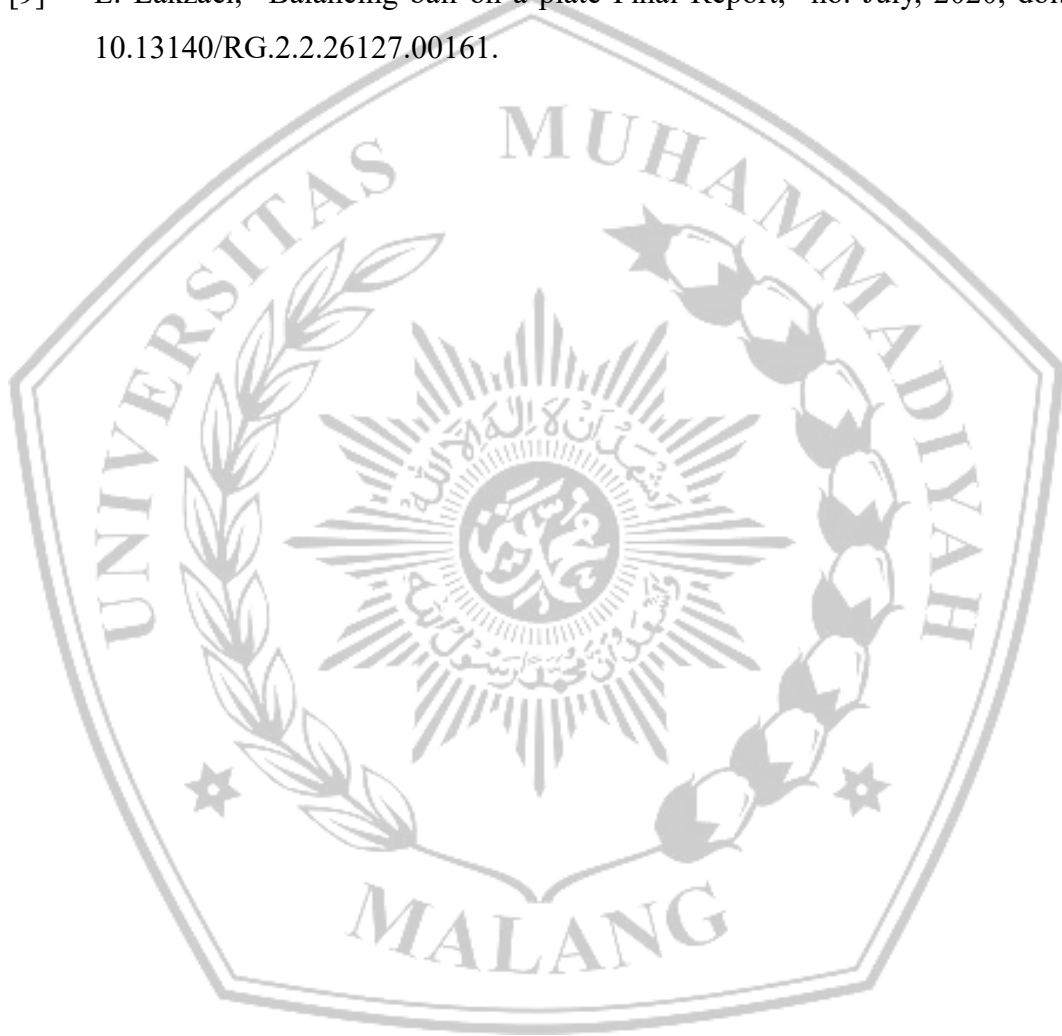


## DAFTAR PUSTAKA

- [1] C. N. Hamdani, A. Azizy, R. H. Triyanto, and H. K. Wardana, "RANCANG BANGUN PROTOTYPE SISTEM KONTROL BERTINGKAT MENGGUNAKAN FUZZY-PID BERBASIS ARDUINO," *Transmisi*, vol. 24, no. 3, pp. 98–105, Aug. 2022, doi: 10.14710/transmisi.24.3.98-105.
- [2] A. MA'ARIF, R. ISTIARNO, and S. SUNARDI, "Kontrol Proporsional Integral Derivatif (PID) pada Kecepatan Sudut Motor DC dengan Pemodelan Identifikasi Sistem dan Tuning," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 9, no. 2, p. 374, Apr. 2021, doi: 10.26760/elkomika.v9i2.374.
- [3] R. Sirait, "Sistem Kontrol Kelembaban Tanah Pada Tanaman Tomat Menggunakan PID," *Techno.Com*, vol. 19, no. 3, pp. 262–273, 2020, doi: 10.33633/tc.v19i3.3668.
- [4] A. Mujadin and D. Astharini, "Ball On Plate Balancing System Pada KIT Praktek PID Mata Kuliah Dasar Sistem Kendali," *J. Al-AZHAR Indones. SERI SAINS DAN Teknol.*, vol. 3, no. 3, p. 134, 2017, doi: 10.36722/sst.v3i3.218.
- [5] H. Bang and Y. S. Lee, "Implementation of a Ball and Plate Control System Using Sliding Mode Control," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 32401–32408, May 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2838544.
- [6] M. Nokhbeh and D. Khashabi, "Modelling and Control of Ball-Plate System," *Math. Model.*, pp. 1–22, 2011.
- [7] H. KHOIRUNNISA, F. SURYATINI, A. S. SUNARYA, A. F. RIFAI, A. MULYADEWI, and S. D. PRASENDA, "Rancang Bangun Fuzzy-PID Controller pada Ball Balancing Table dengan Universal Joint berbasis NI MyRIO dan LabVIEW," *ELKOMIKA J. Tek. Energi Elektr. Tek. Telekomun. Tek. Elektron.*, vol. 11, no. 4, p. 1089, 2023, doi:

10.26760/elkomika.v11i4.1089.

- [8] K. Hakiim, A. Dharmawan, and F. Faizah, "Optimasi Kendali PID menggunakan Algoritma Genetika untuk Penerbangan Quadrotor," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 7, no. 2, p. 173, 2017, doi: 10.22146/ijeis.23937.
- [9] E. Lakzaei, "Balancing ball on a plate-Final Report," no. July, 2020, doi: 10.13140/RG.2.2.26127.00161.





UNIVERSITAS  
MUHAMMADIYAH  
MALANG



## FAKULTAS TEKNIK

TA-05

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
elektro.umm.ac.id | elektro@umm.ac.id

### FORMULIR HASIL CEK PLAGIASI

Nama : Ferdiansyah  
NIM : 2010130311090  
Judul Skripsi : Pengujian Ball on plate sebagai pembelajaran PID mata kuliah Pazar Sistem Kontrol

Hasil Cek Plagiarisme menggunakan Turnitin

No.	Komponen Pengecekan	Nilai Maksimal Plagiasi (%)	Hasil Cek Plagiasi (%) *
1.	Bab 1 – Pendahuluan	10 %	7 %
2.	Bab 2 – Studi Pustaka	25 %	4 %
3.	Bab 3 – Metodologi Penelitian	35 %	15 %
4.	Bab 4 – Pengujian dan Analisis	15 %	0 %
5.	Bab 5 – Kesimpulan dan Saran	5 %	3 %
6.	Publikasi Skripsi	20 %	7 %

Mengetahui

Dosen Pembimbing I,

Dosen Pembimbing II,



Ver. 1.51224



Kampus I  
Jl. Dendang 1 Malang, Jawa Timur  
T: +62 341 551 253 (Hunting)  
F: +62 341 460 435

Kampus II  
Jl. Dendang Gulani No 189 Malang, Jawa Timur  
T: +62 341 751 142 (Hunting)  
F: +62 341 582 060

Kampus III  
Jl. Raya Tlogomas No 249 Malang, Jawa Timur  
T: +62 341 424 218 (Hunting)  
F: +62 341 460 435  
E: webmaster@umm.ac.id