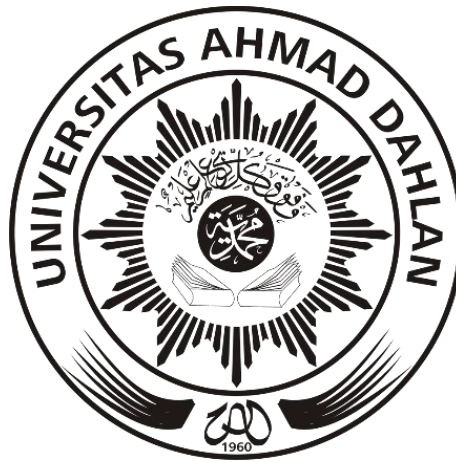


SISTEM KENDALI PID PADA TABUNG LEVITASI UDARA

Skripsi

**Untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai
derajat Sarjana Teknik**



Oleh:

Maulana Irfan Ghazy

1900022076

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS AHMAD DAHLAN
YOGYAKARTA
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi
SISTEM KENDALI PID PADA TABUNG LEVITASI UDARA

Yang diajukan oleh

Maulana Irfan Ghazy
1900022076

kepada

Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Ahmad Dahlan

Telah disetujui untuk diuji oleh:

Pembimbing,



Ir. Alfian Ma'arif, S.T., M.Eng.
NIPM. 19910614 201810 111 1288110

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

SISTEM KENDALI PID PADA TABUNG LEVITASI UDARA

yang dipersiapkan dan disusun oleh

Maulana Irfan Ghazy
1900022076

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal (16 Agustus 2024)
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Dewan Penguji

Ketua : Ir. Alfian Ma'arif, S.T., M.Eng.
Anggota : 1. Nuryono Satya Widodo, S.T., M. Eng.
: 2. Liya Yusrina Sabila, S.T., M.T.

Dekan

Fakultas Teknologi Industri

Universitas Ahmad Dahlan



Prof. Dr. Ir. Siti Jamilatun, M.T.

NIPM 19660812 199601 011 0784324

PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

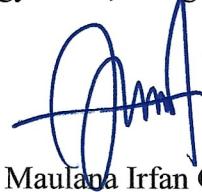
Nama : Maulana Irfan Ghazy
NIM : 1900022076
Email : maulana1900022076@webmail.uad.ac.id
Fakultas : Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Sistem Kendali PID pada Tabung Levitasi Udara

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Hasil karya yang saya serahkan ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar kesarjanaan baik di Universitas Ahmad Dahlan maupun di institusi Pendidikan lainnya.
2. Hasil karya saya ini bukan saduran/ terjemahan melainkan gagasan, rumusan, dan hasil pelaksanaan penelitian/ implementasi saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain. Kecuali arahan pembimbing akademik, pembimbing tugas akhir dan narasumber penelitian.
3. Hasil karya saya ini merupakan hasil revisi terakhir setelah diajukan dan disetujui oleh pembimbing.
4. Dalam karya saya ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain. Kecuali yang digunakan sebagai acuan dalam naskah dengan menyebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya. Apabila dikemudian hari terbukti ada penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya saya ini, serta sanksi lain yang sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Universitas Ahmad Dahlan.

Yogyakarta, 16 Agustus 2024



Maulana Irfan Ghazy,

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Maulana Irfan Ghazy
NIM : 1900022076
Program Studi : Teknik Elektro
Fakultas : Teknologi Industri

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi/tugas akhir yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri; bukan merupakan pengambilan tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi/ tugas akhir ini hasil jiplakan maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Yogyakarta, 16 Agustus 2024



Maulana Irfan Ghazy

PERNYATAAN PERSETUJUAN AKSES

Saya yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Maulana Irfan Ghazy
NIM : 1900022076
Email : maulana1900022076@webmail.uad.ac.id
Fakultas : Teknologi Industri
Program Studi : Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Sistem Kendali PID pada Tabung Levitasi Udara

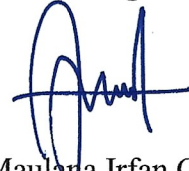
Dengan ini saya menyatakan hak. Sepenuhnya kepada Pusat Sumber Belajar Universitas Ahmad Dahlan untuk menyimpan, mengatur akses serta melakukan pengolahan terhadap karya saya ini dengan mengacu pada ketentuan akses tugas elektronik sebagai berikut (beri tanda pada kotak):



Saya mengizinkan karya tersebut diunggah ke dalam aplikasi Repository Pusat Belajar Universitas Ahmad Dahlan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Yogyakarta, 16 Agustus 2024



Maulana Irfan Ghazy

NIM. 1900022076

Mengetahui

Pembimbing



Ir. Alfian Ma'arif, S.T., M.Eng.

NIPM. 19910614 201810 111 1288110

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul "Sistem Kendali PID pada Tabung Levitasi Udara". Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk dapat menyelesaikan Pendidikan Program Studi Teknik Elektro Universitas Ahmad Dahlan. Selama proses pengerjaan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, baik secara moral maupu secara langsung. Dalam kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. H. Muchlas, M.T. selaku Rektor Universitas Ahmad Dahlan
2. Prof. Dr. Ir. Siti Jamilatun, M.T. selaku Dekan Fakultas Teknologi Industri Universitas Ahmad Dahlan.
3. Bapak Dr. Ir. Riky Dwi Puriyanto, S.T., M.Eng. selaku Ketua Prodi Teknik Elektro Universitas Ahmad Dahlan.
4. Bapak Ir. Phisca Aditya Rosyady, S.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing akademik yang memberikan dukungan dan arahan selama masa kuliah.
5. Bapak Ir. Alfian Ma'arif, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing skripsi yang telah sabar dengan keadaan penulis dan meberikan banyak masukan serta nasihat kepada penulis.
6. Orangtua saya, tercinta yang tak pernah lelah dan tak pernah berhenti memberi dukungan serta doa dan kasih sayang kepada penulis.

7. Teman saya, Muhammad Fathan Fauzan yang telah memberikan banyak ilmu dan bimbingan dalam proses pembuatan skripsi dari awal hingga akhir kepada penulis.
8. Seluruh Dosen dan Karyawan Prodi Teknik Elektro Universitas Ahmad Dahlan.

Penulis mengerti bahwa dalam penyusunan laporan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Maka penulis dengan senang hati menerima saran dan kritikan dari siapapun demi kesempurnaan laporan skripsi ini. Penulisan laporan ini dimaksudkan agar bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya demi menambahnya ilmu pengetahuan tentang pengontrol PID. Harapan penulis kedepannya, penelitian ini dapat diteruskan dan dikembangkan sehingga dapat bermanfaat bisa digunakan untuk kalangan peajar maupun mahasiswa.

Yogyakarta, 16 Agustus 2024



Maulana Irfan Ghazy

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT	iv
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR LISTING	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
ABSTRAK	xviii
ABSTACT.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah.....	4
1.3. Batasan Masalah	5
1.4. Rumusan Masalah.....	5
1.5. Tujuan Penelitian	5
1.6. Manfaat Penelitian	6
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1. Kajian Hasil Penelitian Terdahulu	7
2.2. Dasar Teori.....	32
2.2.1. Sistem <i>Diskret</i> dan <i>Kontinu</i>	32
2.2.2. Kendali PID.....	33
2.2.3. Arduino UNO.....	39
2.2.4. Sensor Ultrasonik	41

2.2.5.	<i>Motor Brushless Direct Current (BLDC)</i>	42
2.2.6.	<i>Electronic Speed Controller (ESC)</i>	44
2.2.7.	<i>Electric Ducted fan (EDF) Propeller</i>	45
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN		48
3.1.	Alat Penelitian.....	48
3.2.	Bahan Penelitian	48
3.3.	Perancangan Sistem	49
3.3.1.	Perancangan Perangkat Keras	50
3.3.2.	Perancangan Perangkat Lunak	54
3.4.	Pengujian Sistem.....	56
3.4.1.	Pengujian Sensor Ultrasonik.....	56
3.4.2.	Pengujian kendali PID dengan Bola Pingpong	57
3.4.3.	Pengujian PID dengan Matlab	58
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN		60
4.1.	Hasil Pengambilan Data Sensor tanpa menggunakan PID	60
4.1.1.	Sensor Ultrasonik	60
4.2.	Hasil Pengujian Data pada Nilai Kp	61
4.2.1.	Kp dengan <i>Setpoint</i> 10	61
4.2.2.	Kp dengan <i>Setpoint</i> 20	64
4.2.3.	Kp dengan <i>Setpoint</i> 30	67
4.2.4.	Kp dengan <i>Setpoint</i> 40	69
4.2.5.	Kp dengan <i>Setpoint</i> 50	72
4.3.	Hasil Pengujian Data pada Nilai Ki	75
4.3.1.	Nilai Ki dengan <i>Setpoint</i> 10	75
4.3.2.	Nilai Ki dengan <i>Setpoint</i> 20	78

4.3.3.	Nilai Ki dengan <i>Setpoint</i> 30	81
4.3.4.	Nilai Ki dengan <i>Setpoint</i> 40	84
4.3.5.	Nilai Ki dengan <i>Setpoint</i> 50	87
4.4.	Hasil Pengujian Data pada Nilai Kd	90
4.4.1.	Nilai Kd dengan <i>Setpoint</i> 10	90
4.4.2.	Nilai Kd dengan <i>Setpoint</i> 20	93
4.4.3.	Nilai Kd dengan <i>Setpoint</i> 30	96
4.4.4.	Nilai Kd dengan <i>Setpoint</i> 40	99
4.4.5.	Nilai Kd dengan <i>Setpoint</i> 50	102
4.5.	Hasil Pengujian PID Nilai Optimal.....	105
4.5.1.	Nilai Optimal.....	105
BAB 5 KESIMPULAN		113
5.1.	Kesimpulan	113
5.2.	Saran	114
DAFTAR PUSTAKA		115

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Blok Diagram Kendali PID	36
Gambar 2.2 Grafik Step Respon Kendali PID	37
Gambar 2.3 Arduino Uno.....	40
Gambar 2.4 Sensor Ultrasonik HC-SR 04	42
Gambar 2.5 Motor Brushless	43
Gambar 2.6 ESC	44
Gambar 2.7 <i>Electric Ducted fan</i> Propeller	46
Gambar 3.1 Diagram Blok Sistem	49
Gambar 3.2 Mekanik Utama	51
Gambar 3.3 Mekanik Motor.....	52
Gambar 3.4 Wiring Diagram.....	53
Gambar 3.5 Diagram Alir	55
Gambar 3.6 Pembacaan Sensor Ultrasonik	56
Gambar 4.1 Kp <i>Setpoint</i> 10.....	62
Gambar 4.2 Kp <i>Setpoint</i> 20.....	65
Gambar 4.3 Kp <i>Setpoint</i> 30.....	68
Gambar 4.4 Kp <i>Setpoint</i> 40.....	70
Gambar 4.5 Kp <i>Setpoint</i> 50.....	73
Gambar 4.6 Ki <i>Setpoint</i> 10.....	76
Gambar 4.7 Ki <i>Setpoint</i> 20.....	79
Gambar 4.8 Ki <i>Setpoint</i> 30.....	82
Gambar 4.9 Ki <i>Setpoint</i> 40.....	85

Gambar 4.10 Ki <i>Setpoint</i> 50.....	88
Gambar 4.11 Kd <i>Setpoint</i> 10.....	91
Gambar 4.12 Kd <i>Setpoint</i> 20.....	94
Gambar 4.13 Kd <i>Setpoint</i> 30.....	97
Gambar 4.14 Kd <i>Setpoint</i> 40.....	100
Gambar 4.15 Kd <i>Setpoint</i> 50.....	103
Gambar 4.16 PID Optimal <i>Setpoint</i> 10	105
Gambar 4.17 PID Optimal <i>Setpoint</i> 20	107
Gambar 4.18 PID Optimal <i>Setpoint</i> 30	108
Gambar 4.19 PID Optimal <i>Setpoint</i> 40	110
Gambar 4.20 PID Optimal <i>Setpoint</i> 50	111

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil Penelitian Terdahulu	23
Tabel 2.2 Perbandingan Penelitian Terdahulu	29
Tabel 2.3 Spesifikasi Arduino Uno	41
Tabel 2.4 Spesifikasi EDF Propeller	46
Tabel 3.1 Warna Wiring Diagram	53
Tabel 4.1 Hasil Kalibrasi Sensor Ultrasonik dengan Penggaris pada Pipa	60
Tabel 4.2 Kp <i>Setpoint</i> 10	63
Tabel 4.3 Kp <i>Setpoint</i> 20	66
Tabel 4.4 Kp <i>Setpoint</i> 30	68
Tabel 4.5 Kp <i>Setpoint</i> 40	71
Tabel 4.6 Kp <i>Setpoint</i> 50	74
Tabel 4.7 Ki <i>Setpoint</i> 10	77
Tabel 4.8 Ki <i>Setpoint</i> 20	80
Tabel 4.9 Ki <i>Setpoint</i> 30	83
Tabel 4.10 Ki <i>Setpoint</i> 40	86
Tabel 4.11 Ki <i>Setpoint</i> 50	89
Tabel 4.12 Kd <i>Setpoint</i> 10	92
Tabel 4.13 Kd <i>Setpoint</i> 20	95
Tabel 4.14 Kd <i>Setpoint</i> 30	98
Tabel 4.15 Kd <i>Setpoint</i> 40	101
Tabel 4.16 Kd <i>Setpoint</i> 50	103
Tabel 4.17 PID Optimal <i>Setpoint</i> 10	106

Tabel 4.18 PID Optimal <i>Setpoint</i> 20	107
Tabel 4.19 PID Optimal <i>Setpoint</i> 30	109
Tabel 4.20 PID Optimal <i>Setpoint</i> 40	110
Tabel 4.21 PID Optimal <i>Setpoint</i> 50	112

DAFTAR LISTING

Listing 3.1 Hasil Data pada Arduino	58
Listing 3.2 Grafik Hasil Data	59
Listing 3.3 Variabel PID	59

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Listing Arduino PID	117
Lampiran 2. Hasil Jadi Alat	119

ABSTRAK

Pada era teknologi modern, industri dituntut untuk meningkatkan efisiensi, kecepatan, dan keamanan dalam proses produksi. Sistem kendali berperan penting dalam mencapai tujuan tersebut, terutama dalam aplikasi yang membutuhkan presisi tinggi seperti sistem levitasi udara. Penelitian ini membahas penerapan sistem kendali *Proportional-Integral-Derivative* (PID) pada tabung levitasi udara, sebuah sistem yang memungkinkan pengendalian posisi objek dalam tabung dengan menggunakan aliran udara. Fokus utama penelitian ini adalah merancang dan mengimplementasikan sistem kendali PID yang mampu menjaga stabilitas posisi bola pingpong di dalam tabung levitasi udara.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini mencakup perancangan perangkat keras dan perangkat lunak, serta pengujian sistem untuk menemukan parameter PID yang optimal, yaitu K_p , K_i , dan K_d . Proses *tuning* parameter dilakukan secara teliti untuk memastikan sistem beroperasi dengan stabil dan responsif terhadap perubahan kondisi. Pengujian dilakukan pada berbagai setpoint untuk menguji efektivitas sistem kendali yang dirancang.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem kendali PID mampu mempertahankan posisi bola pingpong dengan stabil, dengan parameter optimal K_p 1, K_i 0,01, dan K_d 0,7. Sistem ini juga menggunakan sensor ultrasonik untuk mengukur jarak, serta motor brushless yang dikendalikan melalui *Electronic Speed Controller* (ESC) untuk menghasilkan aliran udara yang diperlukan. Keberhasilan sistem ini menunjukkan bahwa teknologi levitasi udara dengan kendali PID dapat diimplementasikan secara efektif, dan memiliki potensi besar sebagai alat pembelajaran dalam pendidikan teknik. Dengan demikian, sistem ini tidak hanya memberikan kontribusi pada pengembangan teknologi kendali, tetapi juga meningkatkan kualitas pembelajaran di bidang teknik kendali dan otomasi.

Kata kunci: Sistem kendali PID, levitasi udara, sensor ultrasonik, motor brushless, *Electronic Speed Controller* (ESC), pendidikan teknik.

ABSTRACT

In the modern technological era, industries are required to enhance efficiency, speed, and safety in production processes. Control systems play a critical role in achieving these goals, especially in applications requiring high precision, such as air levitation systems. This research discusses the implementation of a Proportional-Integral-Derivative (PID) control system on an air levitation tube, a system that enables the control of an object's position within the tube using airflow. The primary focus of this study is to design and implement a PID control system capable of maintaining the stability of a ping pong ball's position within the air levitation tube.

The methods used in this research includes the design of hardware and software, as well as system testing to determine the optimal PID parameters: K_p , K_i , and K_d . The tuning process was conducted meticulously to ensure the system operates stably and responds effectively to changing conditions. Tests were conducted at various setpoints to evaluate the effectiveness of the designed control system.

The test results indicate that the PID control system successfully maintains the stable position of the ping pong ball, with optimal parameters of K_p 1, K_i 0.01, and K_d 0.7. The system also utilizes an ultrasonic sensor to measure distance and a brushless motor controlled via an Electronic Speed Controller (ESC) to generate the necessary airflow. The success of this system demonstrates that air levitation technology with PID control can be effectively implemented, holding significant potential as a learning tool in engineering education. Consequently, this system not only contributes to the advancement of control technology but also enhances the quality of education in control engineering and automation.

Keywords: PID control system, air levitation, ultrasonic sensor, brushless motor, Electronic Speed Controller (ESC), engineering education.