

**KONTROL KESEIMBANGAN BALANCING
ROBOT MENGGUNAKAN METODE
PID ZIEGLER-NICHOLS**



**OLEH :
MAIDO ARFINDRA PUTRA
09111001038**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

**KONTROL KESEIMBANGAN BALANCING
ROBOT MENGGUNAKAN METODE
PID ZIEGLER-NICHOLS**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer**



**OLEH :
MAIDO ARFINDRA PUTRA
09111001038**

**JURUSAN SISTEM KOMPUTER
FAKULTAS ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2018**

HALAMAN PENGESAHAN

**KONTROL KESEIMBANGAN BALANCING
ROBOT MENGGUNAKAN METODE
PID ZIEGLER-NICHOLS**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Melengkapi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer

Oleh :

MAIDO ARFINDRA PUTRA
09111001038

Inderalaya, September 2018


Mengetahui,

Ketua Jurusan Sistem Komputer



Rossi Passarella, M.Eng.
NIP. 19780611 201012 1 004

Pembimbing Tugas Akhir


Huda Ubaya, M.T.
NIP. 19810616 201212 1 003

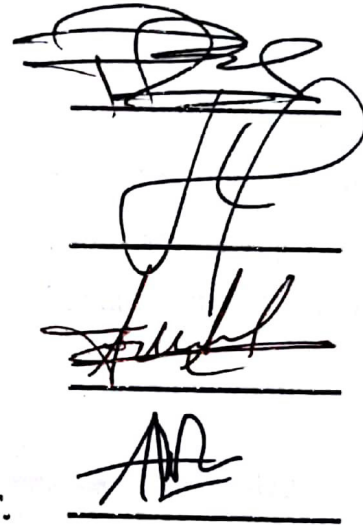
HALAMAN PERSETUJUAN

Telah diuji dan lulus pada :

Hari : Sabtu
Tanggal : 31 Juli 2018

Tim Penguji :

1. Ketua : Rendyansyah, M.T.
2. Pembimbing : Huda Ubaya, M.T.
3. Anggota 1 : Sarmayanta Sembiring, M.T.
4. Anggota 2 : Adicya Putra Perdana P., M.T.



Mengetahui,
Ketua Jurusan Sistem Komputer




Rossi Passarella, M. Eng.
NIP. 19780611 201012 1 004

HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Maido Arfindra Putra
NIM : 09111001038
Judul : Kontrol Keseimbangan Balancing Robot Menggunakan Metode PID Ziegler-Nichols

Menyatakan bahwa laporan tugas akhir saya merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil penjiplakan / plagiat. Apabila ditemukan unsure penjiplakan / plagiat dalam laporan tugas akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.



Inderalaya, September 2018

Yang menyatakan,



Maido Arfindra Putra
NIM 09111001038

HALAMAN PERSEMBAHAN

MOTTO :

Kejar Level. Saat kau menginginkan sesuatu kejarlah hingga kau dapatkan. Saat kau mendapatkannya, buatlah target selanjutnya lebih tinggi dari yang sebelumnya.

Karya Besar ini kupersembahkan kepada :

- Ayah (ARFIADY) dan Mama (EMAWATI) tercinta.
- Adikku RISKI dan LILI tersayang.
- Sahabat, dan teman – teman seperjuangan Sistem Komputer Angkatan 2011.
- Almamaterku.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala berkah, rahmat, taufik dan hidayah-Nya yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“Kontrol Keseimbangan Balancing Robot Menggunakan Metode PID Ziegler-Nichols”**. Laporan ini disusun setelah melaksanakan tugasakhir yang diajukan untuk memperoleh gelar Sarjana Komputer di jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Pelaksanaan dan penyusunan tugas akhir ini tidak mungkin berhasil tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak lain berupa do'a, petunjuk, bimbingan, nasihat, semangat, dan fasilitas - fasilitas yang disediakan untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Karena hal – hal tersebut, penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada :

1. Allah Subhanahu Wa Ta'ala karna berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini
2. Nabi Muhammad SAW serta seluruh pengikutnya sampai akhir zaman.
3. Terima kasih banyak penulis ucapkan kepada Ayah Arfiady, Mama Emawati dan adik-adikku Riska dan Lili yang selalu memberikan semangat, dukungan dan do'a yang terbaik serta pertolongan baik moril maupun materil.
4. Terima kaih banyak kepada dosen pembimbingku Bapak Huda Ubaya., M.T. yang telah berkenan meluangkan waktunya guna membimbing, memberi petunjuk serta memberi saran dan masukan dalam penyusunan laporan ini.
5. Terima kasih banyak kepada dosen penguji bapak Sarmayanta Sembiring, M.T. dan Aditya Putra Perdana P., M.T. selaku Dosen penguji sidang Tugas Akhir serta memberi banyak masukan untuk perbaikan tugas akhir ini.
6. Terima kasih juga kepada teman – teman terdekatku Ahmad Zaki, Agung Wahyu Buana, Budiman, Juned Riandi, Satria Puja Kesuma, Eko Saputra,

Inro, Bayu, Amelia Desiana, Defri Permadi serta anak – anak SK 2011 dan semuanya.

7. Terima kasih kepada Erica Alviyanti yang selalu mengingatkan, memarahi dan menasehati dalam proses penyelesaian tugas akhir ini. Dan untuk adik-adikku Sulastri, Dewi Puspita Sari, Hasti Risky Wahyuni serta Ar- Rahman Squad.
8. Mbak Iis dan kak Reza selaku Admin Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.
9. Civitas akademika Jurusan Sistem Komputer Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Penulis menyadari bahwa baik isi maupun penyajian laporan ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu Penulis mengharapkan saran dan kritik yang sifatnya membangun untuk perbaikan laporan ini. Penulis berharap semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat menambah pengetahuan serta dapat menunjang perkembangan ilmu pengetahuan khususnya bagi Penulis maupun pembaca khususnya mahasiswa / mahasiswi Fakultas Ilmu Komputer Universitas Sriwijaya.

Inderalaya, September 2018

Penulis

KONTROL KESEIMBANGAN BALANCING ROBOT MENGGUNAKAN METODE PID ZIEGLER-NICHOLS

Maido Arfindra Putra (09111001038)
Jurusan Sistem Komputer, Fakultas Ilmu Komputer
Universitas Sriwijaya

Email: maidoputra@gmail.com

Abstrak

Balancing robot adalah robot mobile yang dapat menyeimbangkan dirinya sendiri. *Balancing* robot juga sering disebut dengan *inverted* pendulum / robot pendulum terbalik. Untuk mengendalikan robot agar dapat menyeimbangkan dirinya sendiri, dibutuhkan sebuah pengendali dan pengendali yang digunakan pada penelitian ini adalah pengendali PID. Pengendali PID terdiri dari *proportional gain* K_p , *integral gain* K_i dan *Derivative gain* K_d . Untuk menentukan nilai *proportional gain* K_p , *integral gain* K_i dan *Derivative gain* K_d , pada penelitian ini digunakan metode *tuning* Ziegler-Nichols. Didapatkan nilai *setting* K_u sebesar 15 dan T_u sebesar 0.2 dengan rentang sudut -5° sampai 5° . serta nilai *setting* K_u sebesar 10 dan T_u sebesar 0.1 dengan rentang sudut -8° sampai 8° .

Kata kunci: *Balancing* robot, Kontrol PID, Metode Ziegler-Nichols.

BALANCING ROBOT BALANCE CONTROL USING ZIEGLER-NICHOLS PID METHOD

Maido Arfindra Putra (09111001038)

*Dept. of Computer Engineering, Faculty of Computer Science,
Sriwijaya University*

Email: maidoputra@gmail.com

Abstract

Balancing robot is a mobile robot that can balance itself. Balancing robots are also often referred to as inverted pendulums. To control the robot so that it can balance itself, it takes a controller and controller that is used in this study is a PID controller. The PID controller consists of proportional gain K_p , integral gain K_i and Derivative gain K_d . To determine the value of proportional gain K_p , integral gain K_i and Derivative gain K_d , this research uses Ziegler-Nichols tuning method. Setting value of K_u is 15 and T_u is 0.2 with the angle range of -5° to 5° . and setting value of K_u is 10 and T_u is 0.1 with the angle range of -8° to 8° .

Keywords: Balancing robot, PID Control, Ziegler-Nichols method.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvi
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan dan Batasan Masalah	2
1.2.1. Perumusan Masalah	2
1.2.1. Batasan Masalah.....	2
1.3. Tujuan dan Manfaat	2
1.3.1. Tujuan.....	2
1.3.2. Manfaat	2
1.4. Metodologi Penelitian	3
1.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Pendahuluan	5
2.2. Sensor MPU 6050	6
2.3. Mikrokontroler	7
2.3.1. Arduino UNO.....	7
2.3.2. Bluetooth HC-05	8
2.4. Kontrol PID	9
2.4.1. Pengendali <i>Proportional</i>	12
2.4.2. Pengendali <i>Integral</i>	13
2.4.3. Pengendali <i>Derivative</i>	15
2.5. Tuning Ziegler-Nichols	18

2.5.1. Metode pertama (Open Loop	19
2.5.2. Metode Kedua (Close Loop	20
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Pendahuluan	22
3.2. Kerangka Kerja	23
3.3. Perancangan <i>Hardware</i>	24
3.3.1. Mikrokontroler Arduino Uno	25
3.3.2. Rangkaian Sensor MPU 6050	25
3.3.3. Rangkaian Driver Motor DC	27
3.3.4. Rangkaian Bluetooth HC-05	28
3.3.5. <i>Platform Robot</i>	29
3.4. Perancangan <i>Software</i>	31
3.5. Bahasa Pemrograman	32
3.6. Integrasi <i>Hardware</i> dan <i>Software</i>	33
3.7. Pengambilan Data	33
3.8. Validasi Data dan Analisis Sistem PID Zigler-Nichols	34
3.9. Pengambilan Kesimpulan	34
BAB IV. PENGUJIAN DAN ANALISA	
4.1. Pendahuluan	35
4.2. Pengujian <i>Hardware</i>	35
4.2.1. Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno	35
4.2.2. Pengujian Modul Sensor MPU 6050	37
4.2.3. Pengujian Modul Bluetooth HC-05	46
4.2.4. Pengujian Driver Motor DC.....	48
4.3. Pengujian <i>Software</i>	49
4.3.1. Pengujian Program Pada Arduino Board	49
4.3.2. Pengujian Pada Matlab 2017a	50
4.4. Perbandingan Percobaan	69
BAB V. KESIMPULAN	
5.1. Kesimpulan	71
5.2. Saran	71
Daftar Pustaka	73

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Tampak sensor MPU 6050	6
Gambar 2.2. Sistem diagram MPU 6000/6050	6
Gambar 2.3. Arduino UNO	8
Gambar 2.4. Bluetooth HC-05.....	8
Gambar 2.5. Diagram Blok Close Loop	9
Gambar 2.6. Diagram Plant Motor	11
Gambar 2.7. Diagram Blok Kontrol Proportional	12
Gambar 2.8. Blok Diagram untuk Pengendali integral	14
Gambar 2.9. kurva sinyal kesalahan terhadap t dan kurva $u(t)$ terhadap t pada pembangkit kesalahan nol.....	15
Gambar 2.10. Perubahan keluaran sebagai akibat penguatan dan kesalahan	15
Gambar 2.11. Blok Diagram Untuk Pengendali Differensial.....	26
Gambar 2.12. Kurva waktu hubungan input output kontroller differensial	17
Gambar 2.13. diagram blok pengendali dan <i>plant</i>	19
Gambar 2.14. Grafik respon kurva S	19
Gambar 2.15. Grafik osilasi.....	21
Gambar 3.1. Kerangka kerja penelitian.....	23
Gambar 3.2. Skematik minimum sistem balancing robot	24
Gambar 3.3. Sistem mikrokontroler Arduino Uno	25
Gambar 3.4. Rangkaian sensor MPU6050	26
Gambar 3.5. Rangkaian Driver Motor DC	27
Gambar 3.6. Rangkaian Bluetooth HC05.....	29
Gambar 3.7. Rancangan Robot (a) Bagian Bawah (b) Bagian Atas.....	30
Gambar 3.8. Platform Robot	30
Gambar 3.9. Diagram Blok Balancing Robot	31
Gambar 3.10. Flowchart algoritma sistem kendali pada balancing robot.....	32

Gambar 4.1. Pengujian Arduino menggunakan LED.....	36
Gambar 4.2. <i>Code</i> untuk pengujian Arduino.....	36
Gambar 4.3. Tampilan koneksi I2C terhadap sensor MPU 6050.....	38
Gambar 4.4. Tampilan kondisi sensor dalam keadaan seimbang (a) Serial Monitor (b) Visualisasi	39
Gambar 4.5. Tampilan kondisi sensor dalam keadaan belok ke kanan (a) Serial Monitor (b)Visualisasi	40
Gambar 4.6. Tampilan kondisi sensor dalam keadaan belok ke kiri (a) Serial Monitor (b) Visualisasi	41
Gambar 4.7. Tampilan kondisi sensor dalam keadaan miring ke depan (a) Serial Monitor (b) Visualisasi	42
Gambar 4.8. Tampilan kondisi sensor dalam keadaan miring ke belakang (a)Serial Monitor (b) Visualisasi.....	43
Gambar 4.9. Sensor pada sudut 0°	44
Gambar 4.10. Sensor pada sudut 20°	45
Gambar 4.11. Sensor pada sudut 30°	45
Gambar 4.12. <i>Code</i> Pengujian Bluetooth HC-05	46
Gambar 4.13. Hasil Pengujian bluetooth HC-05	47
Gambar 4.14. Pengujian dengan Gui HC-05	48
Gambar 4.15. <i>Driver</i> TB6612FNG	48
Gambar 4.16. Hasil Kompile Program dengan Arduino IDE.....	50
Gambar 4.17. Kode program pada simulasi Matlab.....	51
Gambar 4.18. Grafik hasil dengan inputan $K_u=5$ dan $T_u=0.05$: (a)Simulasi (b)Robot	52
Gambar 4.19. Grafik hasil dengan inputan $K_u=5$ dan $T_u=0.1$: (a)Simulasi (b)Robot	53
Gambar 4.20. Grafik hasil dengan inputan $K_u=5$ dan $T_u=0.2$: (a)Simulasi (b)Robot	54
Gambar 4.21. Grafik hasil dengan inputan $K_u=5$ dan $T_u=0.3$: (a)Simulasi (b)Robot	55

Gambar 4.22. Grafik hasil dengan inputan $K_u=5$ dan $T_u=0.5$: (a)Simulasi (b)Robot	56
Gambar 4.23. Grafik hasil dengan inputan $K_u=10$ dan $T_u=0.05$: (a)Simulasi (b)Robot	57
Gambar 4.24. Grafik hasil dengan inputan $K_u=10$ dan $T_u=0.1$: (a)Simulasi (b)Robot	58
Gambar 4.25. Grafik hasil dengan inputan $K_u=10$ dan $T_u=0.2$: (a)Simulasi (b)Robot	59
Gambar 4.26. Grafik hasil dengan inputan $K_u=10$ dan $T_u=0.3$: (a)Simulasi (b)Robot	60
Gambar 4.27. Grafik hasil dengan inputan $K_u=10$ dan $T_u=0.5$: (a)Simulasi (b)Robot	61
Gambar 4.28. Grafik hasil dengan inputan $K_u=15$ dan $T_u=0.05$: (a)Simulasi (b)Robot	62
Gambar 4.29. Grafik hasil dengan inputan $K_u=15$ dan $T_u=0.1$: (a)Simulasi (b)Robot	63
Gambar 4.30. Grafik hasil dengan inputan $K_u=15$ dan $T_u=0.2$: (a)Simulasi (b)Robot	64
Gambar 4.31. Grafik hasil dengan inputan $K_u=15$ dan $T_u=0.3$: (a)Simulasi (b)Robot	65
Gambar 4.32. Grafik hasil dengan inputan $K_u=15$ dan $T_u=0.5$: (a)Simulasi (b)Robot	66
Gambar 4.33. Grafik Data Hasil Setting (a) $K_u = 10$ dan $T_u = 0.1$ (b) $K_u = 15$ dan $T_u = 0.2$	69

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1 Data Teknis Bluetooth.....	9
Tabel 2 Pengaruh pengendali PID	18
Tabel 3 Aturan <i>tuning</i> metode pertama Ziegler-Nichols.....	20
Tabel 4 Aturan <i>tuning</i> metode kedua Ziegler-Nichols	20
Tabel 5 Konfigurasi MPU 6050 ke Arduino	26
Tabel 6 Konfigurasi Driver Motor ke Arduino	27
Tabel 7 Pengujian PWM Pada Motor DC	49
Tabel 8 Perbandingan Hasil Pengujian Robot.....	67
Tabel 9 Perbandingan Percobaan	69

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Listing Program Robot Balancing

Lampiran 2. Data Sudut Hasil *Setting* Terbaik

Lampiran 3. Berkas-berkas Penunjang

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Mobile robot merupakan robot yang bergerak, diartikan bahwa robot tersebut dapat memindahkan dirinya sendiri dari satu tempat ketempat yang lain. Robot ini paling populer dalam bidang penelitian robotika. Dari manfaatnya, robot ini diharapkan dapat membantu manusia melakukan otomasi dalam transportasi, *platform* bergerak pada industri, eksplorasi tanpa awak, dan masih banyak lagi lainnya. Salah satu robot yang paling banyak dikembangkan oleh peneliti saat ini adalah *inverted* pendulum robot atau juga sering disebut dengan *balancing* robot / robot pendulum terbalik.

Penelitian tentang robot pendulum terbalik dua roda, yang umumnya dikenal sebagai robot penyeimbangan diri, telah memperoleh momentum selama dekade di sejumlah laboratorium robot. Dinamika semacam itu cukup kompleks, sehingga perencanaan gerakannya menghadirkan tantangan. Berbagai strategi pengendali telah diusulkan oleh banyak peneliti untuk mengendalikan robot tersebut agar dapat menyeimbangkan dirinya sendiri [1][2]. Karena itu, robot pendulum membutuhkan pengendali yang baik untuk mengendalikan sendiri tanpa ada bantuan dari luar. Saat ini berbagai jenis pengendali telah diimplementasikan ke robot pendulum dua roda misalnya *Fuzzy Logic Controller* (FLC), *PID Controller*, *Pole-Placement Controller*, dan *Linear Quadratic Regulator* (LQR) [2].

Salah satu pengendali yang paling populer dibidang robot, terutama robot pendulum saat ini adalah PID. Pengendali PID merupakan pengendali yang digunakan untuk mencapai nilai kestabilan suatu sistem robot. Elemen PID terdiri dari *proportional*, *integral* dan *derivative*. Komponen *proportional*, *integral* dan *derivative* dapat dipakai secara terpisah maupun bersamaan tergantung pada respon yang diharapkan pada suatu *set point*.

Untuk membentuk sebuah pengendali, perlu pemodelan matematis *balancing* robot terlebih dahulu. Pada tugas akhir ini akan dirancang pengendali

PID dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols untuk mempertahankan keseimbangan robot tegak lurus terhadap bidang datar.

1.2. Perumusan dan Batasan Masalah

1.2.1. Perumusan Masalah

Bagaimana metode Ziegler-Nichols ini dapat menentukan pengendali PID untuk mengatur kecepatan motor sehingga *balancing* robot dapat seimbang dan stabil.

1.2.2. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini yaitu sebagai berikut:

1. *Frame balancing* robot berbentuk O (lingkaran) bertingkat.
2. Mengimplementasikan metode PID tuning Ziegler-Nichols pada *balancing* robot untuk menjaga keseimbangan.
3. Percobaan penyeimbangan dilakukan dalam keadaan diam dan berjalan.
4. *Frame* diasumsikan simetris.
5. Tugas akhir ini menekankan pada sisi penerapan metode penentuan nilai PID untuk mengendalikan keseimbangan robot.

1.3. Tujuan dan Manfaat

1.3.1. Tujuan

Adapun tujuan yang hendak dicapai dari dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Memahami sistem kontrol PID pada keseimbangan *balancing* robot.
2. Menerapkan metode Ziegler-Nichols untuk mendapatkan nilai PID pada keseimbangan *balancing* robot.

1.3.2. Manfaat

Adapun manfaat yang dapat diambil dari dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Dapat menentukan nilai PID dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols.
2. Dapat memberikan pengetahuan tentang kelebihan dan kekurangan pada sistem pengendali PID menggunakan metode Ziegler-Nichols.

1.4. Metodologi Penelitian

Metodologi yang akan digunakan dalam penelitian ini yakni :

1. Metode Studi Pustaka / Literature
Mencari dan mengumpulkan sumber referensi berupa literatur yang terdapat pada buku, majalah, internet atau lainnya yang berhubungan dengan “Kontrol keseimbangan Balancing Robot menggunakan metode PID Ziegler-Nichols” sehingga dapat menunjang penulisan Laporan Tugas Akhir ini.
2. Metode Konsultasi
Pada metode ini, peneliti melakukan konsultasi kepada orang-orang yang dianggap memiliki wawasan dan pengetahuan terhadap permasalahan yang ditemui saat pembuatan Tugas Akhir.
3. Metode Observasi
Dalam metode ini, dilakukan pengamatan dan pencatatan terhadap data yang diperoleh.
4. Metode Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)
Metode ini merupakan perancangan pengendalian gerak keseimbangan dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols dalam penentuan nilai PID yang sesuai dengan teori-teori yang didapat dari paper maupun buku-buku yang diperoleh dari metode studi pustaka.
5. Metode Pengujian / Simulasi Desain Pengendalian
Pada metode ini dilakukan pengujian / simulasi bagaimana sistem ini bekerja yang dapat menunjang penulisan laporan ini.
6. Metode Analisa dan Kesimpulan
Hasil dari pengujian pada metode pengujian kemudian dianalisa, dengan tujuan untuk mengetahui kekurangan pada hasil perancangan dan faktor penyebabnya, sehingga dapat digunakan untuk

pengembangan pada penelitian selanjutnya dan dibuat kesimpulan dari hasil penelitian.

1.5. Sistematika Penulisan

Untuk lebih mempermudah dalam penyusunan tugas akhir dan memperjelas isi dari setiap bab yang terdapat pada laporan ini, maka dibuatlah sistematika penulisan:

BAB I. PENDAHULUAN

Menjabarkan secara sistematis topik yang diambil terdiri dari latar belakang, perumusan dan batasan masalah, tujuan dan manfaat, metodologi penulisan dan sistematika penulisan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas teori dan prinsip dasar yang melandasi pembahasan tugas akhir.

BAB III. METODOLOGI

Menjelaskan secara betahap dan terperinci tentang langkah-langkah (metodologi) yang digunakannya untuk mencari, mengumpulkan dan menganalisis tema dalam penulisan tugas akhir.

BAB IV. HASIL DAN ANALISIS

Menjelaskan tentang hasil pengujian yang telah dilakukan dan analisis dari data-data yang diambil dari pengujian.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi kesimpulan tentang apa yang diperoleh oleh penulis serta merupakan jawaban dari setiap tujuan yang ingin dicapai pada Bab I (Pendahuluan).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. UNLUTURK, O. AYDOGDU, and U. GUNER, “Design and PID Control of Two Wheeled Autonomous Balance Robot Department of Electrical and Electronics Engineering , Selçuk University Electric-Electronic Engineer ANKARA / TURKEY,” IEEE, pp. 260–264, 2013.
- [2] O. Y. Chee and M. S. B. Abidin, “Design and Development of Two Wheeled Autonomous Balancing Robot,” Research and Development, 2006. SCORED 2006. 4th Student Conference on, pp. 169-172, Selangor, Malaysia, June 2006.
- [3] E. P. Pratama, “Perancangan dan Implementasi Kontrol PID pada Pengendalian Kecepatan Motor DC,” Palembang : Universitas Sriwijaya, 2015.
- [4] Laksana, Andra, ” Balancing Robot Beroda Dua Menggunakan Metode Kendali Proporsional Integral”, Seminar Tugas Akhir, Teknik Elektro UNDIP,Semarang.
- [5] K. Ogata, Modern Control Engineering, 5th ed. New Jersey: Pearson, 1997.
- [6] Rusli, Mohammad, ”Sistem Kontrol kedua,” Malang : Teknik Elektro Universitas Brawijaya, 1997.
- [7] Gunterus, Frans, ” Falsafah Dasar: Sistem Pengendalian Proses,” jakarta. PT. Elex Media Komputindo, 1994.
- [8] K. H. Ang, G. Chong, S. Member, and Y. Li, “PID Control System Analysis , Design , and Technology,” IEEE, vol. 13, no. 4, pp. 559–576, 2005.
- [9] D. Valerio, “Tuning of fractional PID controllers with Ziegler-Nichols-type rules,” Sci. Direct, vol. 86, pp. 2771–2784, 2006.