

## ROBOT BALANCING METODE FUZZY LOGIC

Abdul Rahman Al Gopiki<sup>1</sup>, Santoso<sup>2</sup>

Jurusan Teknik Elektro, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya

E-mail: [rahman.jank@gmail.com](mailto:rahman.jank@gmail.com)<sup>1</sup>, [santoso@untag-sby.ac.id](mailto:santoso@untag-sby.ac.id)<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Robot Balancing (penyeimbang) roda dua adalah robot bergerak dengan dua roda yang tidak akan seimbang jika tidak diberikan kontrol selama pergerakannya. Robot keseimbangan ini merupakan pengembangan lebih lanjut dari model pendulum terbalik yang ditempatkan pada robot beroda. Proses penyeimbangan selama pergerakan robot membutuhkan metode kontrol yang baik dan handal yang menjaga posisi robot tetap tegak lurus dengan permukaan bumi tanpa adanya gaya dari luar. Banyak metode kontrol yang digunakan untuk menentukan optimasi kendali yang baik sehingga didapatkan nilai respon yang baik antara pembacaan sensor dengan reaksi aktuator (motor). Sistem kontrol yang diterapkan pada tugas akhir ini adalah *fuzzy logic control*. Tujuan utama dari tugas akhir ini adalah membuat robot beroda dua yang mampu menyeimbangkan diri dengan kontrol berbasis logika fuzzy. Tugas akhir ini juga merupakan kelanjutan dari project dosen pembimbing sebelumnya yang menggunakan robot yang sama hanya saja metode kontrol yang digunakan adalah PID (Proportional Integral Derivative). Jadi, pada penelitian ini menggunakan beberapa komponen yaitu esp 32 sebagai mikrokontroler, MPU 6050 sebagai sensor input, dan modul L298 driver motor sebagai aktuator untuk menggerakkan motor dc agar bisa menyeimbangkan kemiringan dari robot balancing.

*Kata Kunci: Pendulum Terbalik, Robot Balancing, Fuzzy Logic, Balance*

### ABSTRACT

*A two-wheeled balancing robot is a moving robot with two wheels that will not balance if it is not given control during its movement. This balance robot is a further development of the inverted pendulum model that is placed on a wheeled robot. The process of balancing during the movement of the robot requires a good and reliable control method that keeps the robot's position perpendicular to the earth's surface without any external force. Many control methods are used to determine good control optimization so that a good response value is obtained between sensor readings and actuator (motor) reactions. The control system applied in this final project is fuzzy logic control. The main objective of this final project is to create a two-wheeled robot that is able to balance itself with fuzzy logic-based controls. This final project is also a continuation of the previous supervisor's project which uses the same robot, but the control method used is PID (Proportional Integral Derivative). So this study uses several components, namely esp 32 as a microcontroller, MPU 6050 as an input sensor, and the L298 motor driver module as an actuator to drive a dc motor so that it can balance the slope of the balancing robot.*

*Keywords: Inverted Pendulum, Robot Balancing, Fuzzy Logic, Balance*

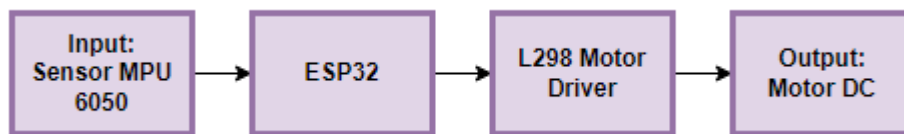
### PENDAHULUAN

Robot didefinisikan sebagai sebuah automaton, yakni suatu piranti mekanik yang cerdas. Menurut Robotics Industry Association (1985), robot didefinisikan sebagai “*A re-programmable, multifunctional manipulator designed to move material, parts, tools, or specialized devices for the performance of various tasks*”

## ROBOT BALANCING METODE FUZZY LOGIC

yakni suatu manipulator banyak-fungsi yang dapat diprogram-ulang yang dirancang untuk memindahkan material, komponen, perkakas, atau piranti khusus untuk meningkatkan kinerja berbagai tugas. Ada banyak jenis robot salah satunya adalah robot *balancing*. Robot *Balancing* adalah robot bergerak dengan dua roda di sisinya kanan dan kiri yang tidak dapat diseimbangkan kecuali dikendalikan. Keseimbangan Robot beroda dua itu membutuhkan kemudi yang baik untuk mempertahankan posisinya pada bidang tegak lurus dengan permukaan bumi tanpa kontrol yang lain dari luar. Robot *Balancing* juga dikembangkan sebagai model tunggal transportasi bernama Segway. Tugas akhir ini bertujuan untuk merancang dan membuat robot *balancing* roda dua yang mampu menyeimbangkan dirinya sehingga tegak lurus pada bidang datar. Pada penelitian ini digunakan mikrokontroler ESP 32, sensor MPU 6050, serta kontrol fuzzy sebagai metode pengendali. Kontrol fuzzy digunakan untuk menentukan besarnya kecepatan motor dc sebagai penggerak roda robot berdasarkan sudut kemiringan dari badan robot yang dibaca oleh sensor MPU 6050. Lalu menyeimbangkan robot ke posisi paling seimbang tegak lurus dengan permukaan bidang datar.

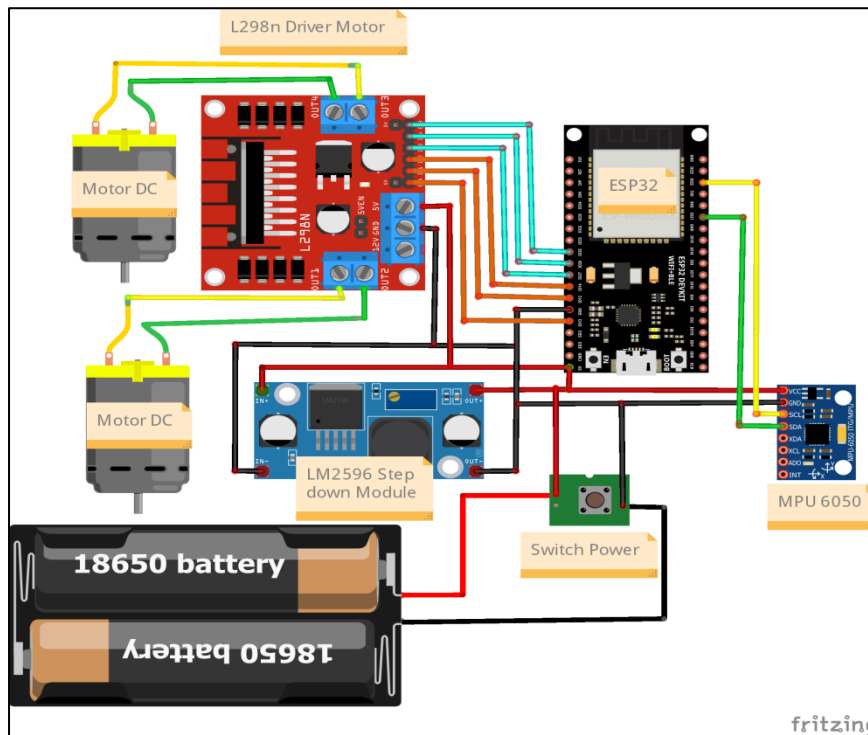
### **METODE**



Blok diagram sistem robot *balancing*

Gambar 1. Memerlihatkan blok diagram sistem pada robot *balancing* penjelasan sebagai berikut : Sensor MPU 6050 untuk mendeteksi sudut kemiringan robot kemudian mengirimkan ke ESP32 untuk proses selanjutnya; ESP32 sebagai mikrokontroler untuk menerima data dari sensor MPU 6050 dan memproses menggunakan *fuzzy logic* lalu mengeluarkan output ke L298 motor driver; L298 motor driver menerima input dari ESP32 untuk menggerakkan motor DC; Motor DC menggerakkan roda robot *balancing* sesuai input dari L298 motor driver untuk menyeimbangkan robot.

Perancangan Perangkat Keras



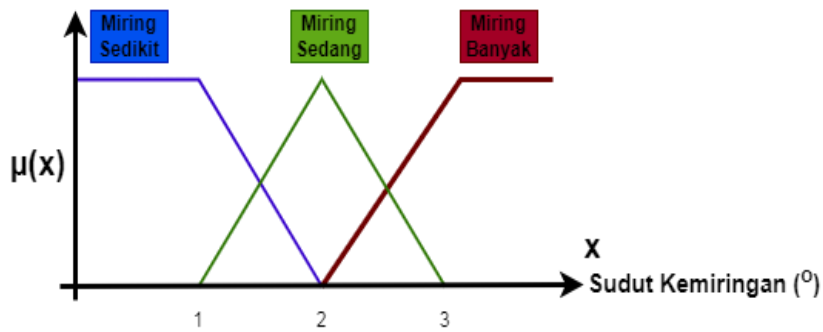
Rangkaian perangkat keras robot *balancing*

Gambar 2. adalah rangkaian perangkat keras untuk robot balancing dengan rincian sebagai berikut : Switch power sebagai saklar untuk menghidupkan dan mematikan sumber tenaga robot; Battery Li ion 18650 sebagai sumber tegangan untuk menghidupkan seluruh system robot; Sensor MPU-6050 sebagai pendeteksi sudut kemiringan robot untuk input ke ESP32; ESP32 sebagai mikrokontroler untuk mengelola input dari sensor MPU-6050 dan memberikan output ke L298n Motor Driver; L298n motor driver sebagai pengontrol output ke motor DC sesuai dengan keluaran dari ESP32; Motor DC sebagai output untuk menggerakkan roda dalam menyeimbangkan robot agar bisa menstabilkan posisinya pada bidang datar.

Perancangan Logika Fuzzy

Pada perancangan logika fuzzy terbagi menjadi 3 proses untuk menghasilkan output pwm agar robot balancing bisa menyeimbangkan dirinya sendiri. Yang pertama adalah penentuan input fuzzy (fuzzyfikasi). Untuk input fuzzy digunakan dua variabel yaitu data sudut kemiringan sekarang dan data sudut kemiringan sebelumnya. Kemudian digunakan 3 fungsi keanggotaan setelah melakukan studi beberapa jurnal sebagai referensi.

## ROBOT BALANCING METODE FUZZY LOGIC



Grafik fungsi keanggotaan sudut kemiringan sensor

Gambar 3. Menjelaskan 3 fungsi keanggotaan proses fuzzifikasi yaitu: Miring Sedikit (MS) : range keanggotaan (0-1 derajat) ; Miring Sedang (Mse) : range keanggotaan (2 derajat) ; Miring Banyak (MB) : range keanggotaan ( $\Rightarrow$ 3 derajat)

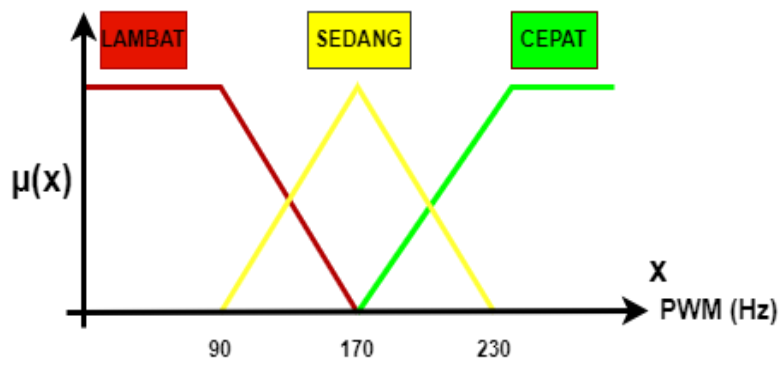
Kemudian proses fuzzy selanjutnya adalah mengklasifikasikan data nilai input sesuai basis aturan (rules) yang dibuat berdasarkan pengetahuan untuk menentukan output yang tepat sesuai rules yang dibuat. Di bawah ini adalah tabel rules fuzzy logiknya.

Tabel 1. Aturan (rules) logika fuzzy

Aturan (Rules) Fuzzy Logic		Data Sudut Kemiringan Sekarang (SS)		
		Miring Sedikit	Miring Sedang	Miring Banyak
Data Sudut Kemiringan Sebelumnya (SB)	Miring Sedikit	Lambat	Lambat	Lambat
	Miring Sedang	Lambat	Sedang	Cepat
	Miring Banyak	Cepat	Cepat	Cepat

Dari aturan Fuzzy logic di atas bisa dijelaskan sebagai berikut : Jika SS miring sedikit dan SB miring sedikit maka putaran lambat ; Jika SS miring sedikit dan SB miring sedang maka putaran lambat ; Jika SS miring sedikit dan SB miring banyak maka putaran lambat ; Jika SS miring sedang dan SB miring sedikit maka putaran lambat ; Jika SS miring sedang dan SB miring sedang maka putaran sedang ; Jika SS miring sedang dan SB miring banyak maka putaran cepat ; Jika SS miring banyak dan SB miring sedikit maka putaran cepat ; Jika SS miring banyak dan SB miring sedang maka putaran cepat ; Jika SS miring banyak dan SB miring banyak maka putaran cepat

Proses fuzzy selanjutnya adalah mengubah nilai fuzzy menjadi nilai pwm berdasarkan hasil pengolahan proses inferensi sebelumnya.



Grafik fungsi keanggotaan ouput pwm

Gambar 4. Menunjukkan 3 fungsi keanggotaan output nilai pwm dari proses fuzzy selanjutnya (defuzzyfikasi) yang terdiri dari :Lambat : range keanggotaan (0-90) ; Sedang : range keanggotaan (170) ; Cepat : range keanggotaan (=>230)

# ROBOT BALANCING METODE FUZZY LOGIC

## Perancangan Sistem Kontrol Robot Balancing

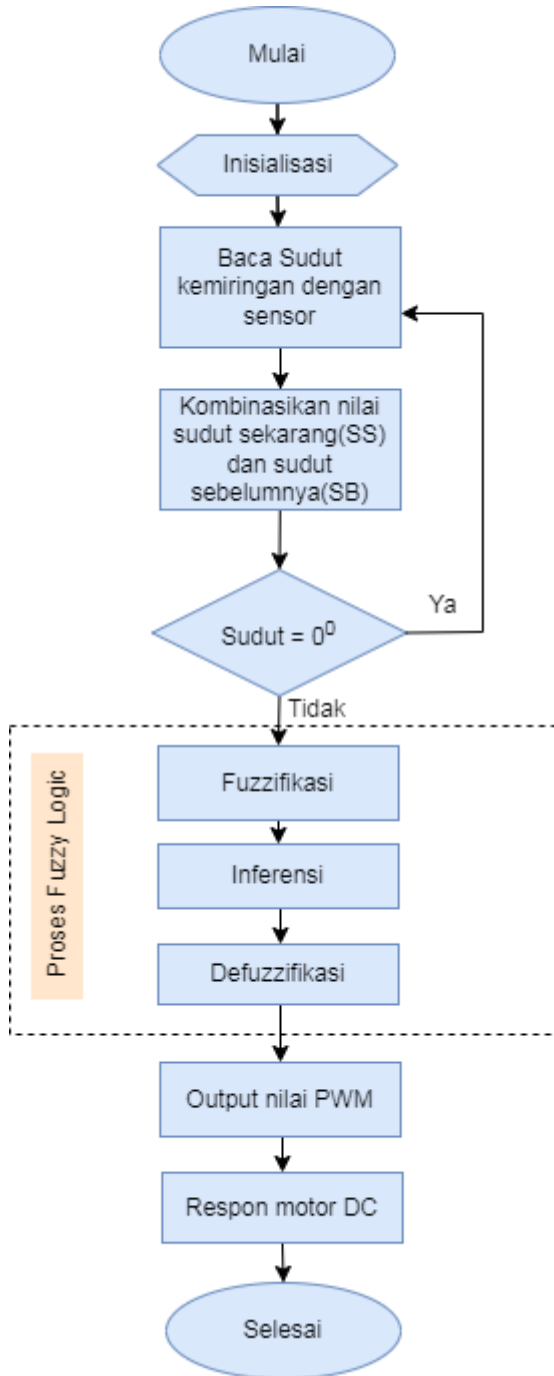


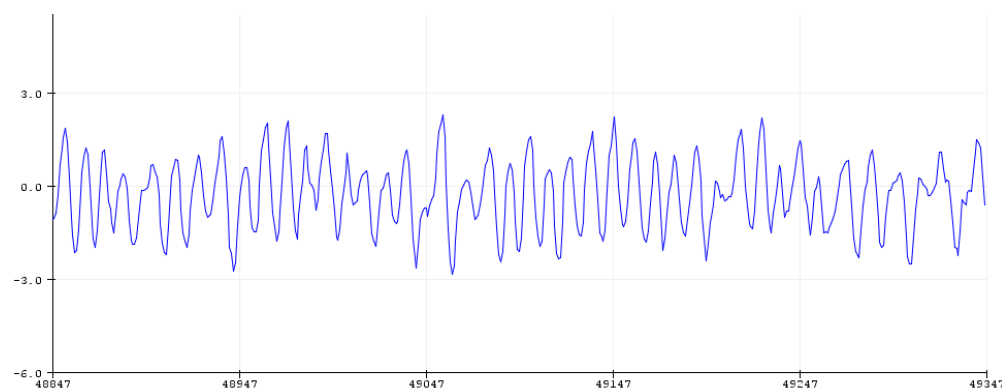
Diagram Sistem robot balancing

Gambar 3. merupakan diagram system robot balancing dengan penjelasan sebagai berikut : Start: Alat mulai dijalankan ; Inisialisasi: Menentukan set point dari sensor MPU 6050 ; Baca sudut kemiringan dengan sensor: Sensor MPU 6050 membaca sudut kemiringan robot balancing ; Hitung nilai sudut sekarang dan sudut sebelumnya : Nilai pembacaan sensor MPU 6050 dicomparasikan ; Sudut = 0° : Hasil komparasi nilai sudut kemiringan apakah bernilai sama dengan nol

derajat. (Ya) = Baca sudut kemiringan dengan sensor kembali. (Tidak) = Lanjut proses selanjutnya ; Fuzzifikasi: Memetakan input crisp (sudut) menjadi fungsi keanggotaan ( $\mu$ ) ; Inferensi: Menentukan kecocokan antara fungsi keanggotaan input dengan basis aturan atau rules yang sudah dibuat ; Defuzzifikasi: mengubah kembali nilai dari pengolahan inferensi menjadi output yang bernilai crisp (PWM) ; Ouput nilai PWM : merupakan nilai keluaran dari proses fuzzy logic ; Respon motor DC : menggerakkan roda robot untuk menyeimbangkan posisinya kembali.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

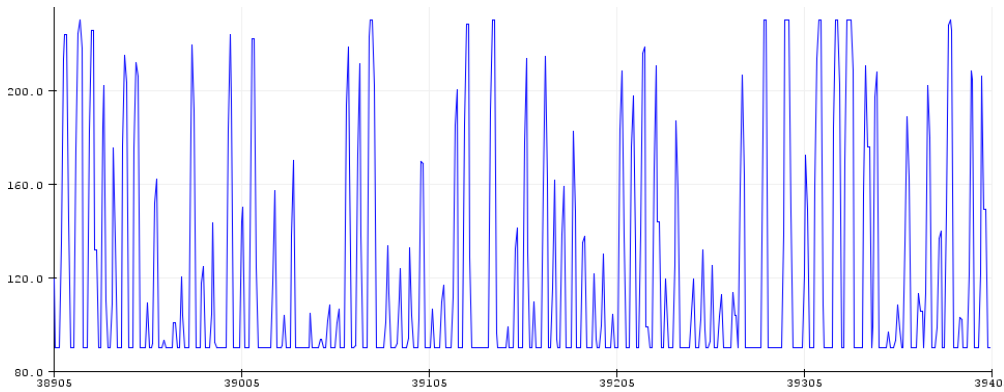
Hasil Percobaan menggunakan aplikasi Arduino IDE



Grafik pengujian nilai sudut kemiringan sensor gyroscope

Gambar 4. Menunjukkan grafik hasil pengujian robot balancing menggunakan data nilai sudut sesuai input variabel yang sudah disebutkan sebelumnya terlihat grafik robot tidak bisa stabil dalam menyeimbangkan posisinya. Terlihat noise yang konstan pada grafik sehingga gerakan robot tidak bisa smooth dalam proses menyeimbangkan posisinya pada bidang datar.

## ROBOT BALANCING METODE FUZZY LOGIC



Grafik pengujian nilai output pwm

Gambar 5. menunjukkan hasil pengujian robot balancing dengan data nilai pwm yang sudah ditentukan. Terlihat respon robot tidak bisa smooth dalam proses menstabilkan posisinya. Terlihat noise yang fluktuatif sangat konstan sehingga gerakan motor dc tidak bisa smooth dalam proses menyeimbangkan posisi robot.

Tabel 1. Hasil pengukuran lama waktu keseimbangan robot

Tegangan Baterai (V)	Lama Waktu (S)
12	5
11.9	4.8
11.8	4.5
11.7	4.4
11.6	4
11	2

Dari tabel terlihat semakin kecil nilai tegangan baterai maka berpengaruh terhadap durasi atau lama waktu robot mampu bertahan berdiri untuk menyeimbangkan posisinya.

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka didapatkan hasil yang dapat disimpulkan oleh peneliti sebagai berikut: Robot Balancing berhasil dibuat dengan beberapa hasil dalam penelitian ini; Robot tidak bisa menyeimbangkan posisinya lebih dari lima detik setelah dihidupkan meskipun dengan tegangan baterai penuh atau dua belas volt; Dalam proses menyeimbangkan posisinya, robot tidak bisa bergerak smooth dan cenderung bergerak tidak stabil gerakan maju mundurnya; Robot juga terkadang bergerak condong ke arah salah satu sisi baik maju atau mundur dan tidak ada daya balik dari roda untuk menyeimbangkan kemiringannya dan akhirnya terjatuh.



**PUSTAKA**

- Pitowarno, E. 2006. Robotika Disain, Kontrol, dan Kecerdasan Buatan. Yogyakarta: Andi.
- Laksana, A. 2011. Balancing Robot Roda Dua Menggunakan Metode Kendali Proporsional Integral. Seminar Makalah Tugas Akhir Universitas Diponegoro. Semarang.
- Kusumadewi, S., dan Purnomo, H. 2004. Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Pendukung Keputusan. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Sutikno. Perbandingan Metode Defuzzifikasi Aturan Mamdani Pada Sistem Kendali Logika Fuzzy (Studi Kasus Pada Pengaturan Kecepatan Motor DC). Makalah Seminar Tugas Akhir Universitas Diponegoro. Semarang.
- Wardana, M. 2011. Prinsip Kerja Arus Motor Searah (DC). Dari: <http://meriwardana.blogspot.com/2011/11/prinsip-kerja-motor-arus-searah-dc.html>. [Diakses terakhir: 12 Oktober 2012].
- Ya-Fu Peng, Chih-Hui Chiu, Wen-Ru Tsai, and Ming-Hung Chou, (2009), "Design of an Omnidirectional Spherical Robot: Using Fuzzy Control", Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2009 Vol I IMECS 2009, March 18 - 20, 2009, Hong Kong.
- Kusumadewi. S dan H. Purnomo. (2004). Aplikasi Logika Fuzzy Untuk Keputusan. Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Raranda and P. W. Rusimamto, "Implementasi Kontroler Pid Pada Two Wheels Self Balancing Robot Berbasis Arduino Uno," J. Tek. Elektro, vol. 6, no. 2, pp. 89–96, 2017.
- A. Pratama, A., & Hernawan, "Implementasi PID Controller pada Self Balancing Robot," Universitas Teknologi Yogyakarta, 2019.
- M. S. Rachmawati, I. D., Rusimamto, P. W., & Zuhrie, "Perancangan dan Implementasi Fuzzy Logic Control untuk Pengaturan Kestabilan Gerak pada Two Wheels Self Balancing Robot Berbasis Arduino Uno," J. Tek. Elektro, Unesa, vol. Vol 9, No, pp. 717–723, 2020.