

# Perancangan Sistem Kontrol Penerbangan Fuzzy untuk Stabilitas Drone Menggunakan Matlab/Simulink

Muhammad Arif Rahman, I Wayan Widhiada dan Anak Agung Adhi Suryawan  
Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana, Kampus Bukit Jimbaran Bali

## Abstrak

Seiring dengan berjalannya waktu, dunia teknologi sudah menunjukkan perkembangan yang begitu pesat. Ditemukannya drone atau unmanned aerial vehicle (UAV) adalah salah satu bukti berkembangnya teknologi yang telah membantu manusia melaksanakan banyak tugas. Penelitian ini akan membahas kontrol fuzzy untuk menstabilkan error dan sikap quadcopter saat mendapat beban dan gangguan sehingga drone tidak akan jatuh atau tetap melayang dengan stabil. Penelitian ini dilakukan membuat model quadcopter dan memberi pengontrol fuzzy yang kemudian disimulasikan dan diterapkan pada quadcopter yang ada. Menurut hasil data dari percobaan tanpa dan dengan menggunakan kontrol fuzzy dapat disimpulkan bahwa fuzzy kontrol yang telah diaplikasikan pada drone dapat memperbaiki kondisi drone yang mengalami error. Hal ini diakibatkan oleh sinyal error yang telah didapat dari sensor drone telah difuzifikasi oleh fuzzy logic control. Dari hasil grafik penerbangan menggunakan kontrol fuzzy, hasilnya tentu lebih baik dari percobaan penerbangan tanpa menggunakan kontrol fuzzy drone yang tidak mencapai tujuan posisi dan gagal memperbaiki error yang mengakibatkan drone jatuh dalam hanya 3s waktu terbang.

Kata kunci : drone, fuzzy logic, kontrol, error

## Abstract

As time goes by, the technology development has shown a very rapid growth. The discovery of drones or unmanned aerial vehicles (UAV) is one of the developed examples of technology that has helped humans finishes many task. This study will discuss fuzzy control to stabilize the error and attitude of the quadcopter when it gets a load and disturbance so that the drone will not fall or remain stable. This research was conducted to create a quadcopter model and provide a fuzzy controller which then simulated and applied to the existing quadcopter. According to the data from experiments without and using fuzzy control, it can be concluded that fuzzy control that has been applied to drones can improve the condition of drones that experience errors. This is caused by the error signal that has been obtained from the drone sensor has been fuzzified by fuzzy logic control. The flight graphs show that using fuzzy controls resulting a better flight outcome than the experiments without using fuzzy. Without control, drone do not reach the destination position and fail to correct errors that cause the drone to fall in only 3s of flight time.

Keywords : drone, fuzzy logic, control, error

## 1. Pendahuluan

Seiring dengan berjalannya waktu, dunia teknologi sudah menunjukkan perkembangan yang begitu pesat. Ditemukannya drone atau unmanned aerial vehicle (UAV) adalah salah satu bukti berkembangnya teknologi yang telah membantu manusia melaksanakan banyak tugas. Drone merupakan robot yang beroperasi di udara yang dikendalikan melalui remote control atau terbang secara otomatis menggunakan software. Drone termasuk dalam rotorcraft atau rotary-wing aircraft yang berarti drone terbang dengan menggunakan gaya angkat yang diciptakan oleh putaran propeller.

Penelitian ini akan membahas kontrol fuzzy untuk menstabilkan error dan sikap quadcopter saat mendapat beban dan gangguan sehingga drone tidak akan jatuh atau tetap melayang dengan stabil. Penelitian ini dilakukan membuat model quadcopter dan memberi pengontrol fuzzy yang kemudian disimulasikan dan diterapkan pada quadcopter yang ada.

## 2. Metode

### 2.1. Deskripsi Penelitian

Korespondensi: Tel./Fax.: .....  
E-mail : .....

Penelitian ini bertujuan untuk mendapat sistem kontrol fuzzy agar drone tetap stabil bahkan saat mendapat beban. Sistem kendali MATLAB/SIMULINK berbasis fuzzy akan dirancang dan diimplementasikan untuk mencapai drone yang stabil. Penelitian dilakukan dengan membuat simulasi pada model-based design yang dibuat pada aplikasi MATLAB/SIMULINK. Simulasi dilakukan untuk melihat perilaku drone setelah diberikan command yang telah diberi pengontrol fuzzy pada aplikasi MATLAB/SIMULINK. Setelah simulasi, model tersebut diterapkan pada drone untuk melihat apakah drone sudah bertindak sesuai dengan apa yang diharapkan. Berikut adalah komponen yang ada pada quadcopter sesuai dengan gambar dibawah:



Parrot  
AR.Drone 2.0 >

Gambar 1. Komponen Quadcopter

### 2.2.1. Propeller

*Propeller* atau Baling-baling dari *quadcopter* merupakan komponen yang berperan besar untuk dinamika *quadcopter* dan plant model. Saat berputar, baling-baling akan menghasilkan gaya dorong untuk mengatasi gaya yang *drone* alami karena gravitasi dan membuat *quadcopter* terbang. *quadcopter* dapat menggunakan berbagai jenis baling-baling.

### 2.2.2. Motor

Motor adalah bagian penting dari plant *quadcopter* karena motor adalah komponen yang memutar baling-baling untuk menghasilkan gaya dorong.

### 2.2.3. Baterai

Baterai merupakan bagian yang sangat penting pada *quadcopter* yang berfungsi untuk memberi daya pada pengontrol penerbangan, *receiver*, dan motor.

### 2.2.4. Flight Controller

Pengontrol penerbangan pada dasarnya adalah otak dari *quadcopter*. Pengontrol dapat dikonfigurasi dan diprogram untuk memungkinkan penyesuaian berdasarkan berbagai konfigurasi *quadcopter*. Perangkat keras kontrol penerbangan terdiri dari papan sirkuit kompleks dan sensor bawaan, seperti akselerometer dan giroskop, yang dapat mendeteksi percepatan dan perubahan arah. Dengan menggunakan sensor ini, pengontrol penerbangan dapat menstabilkan *quadcopter* dengan mengontrol RPM motor.

### 2.2.5. Sensor Giroskop

Giroskop merupakan sensor yang digunakan untuk mendeteksi rotasi atau perputaran *drone* berdasarkan gerakan. Giroskop juga bisa disebut perangkat yang digunakan untuk mempertahankan orientasi sebuah sudut agar tetap stabil [1].

### 2.2.6. Sensor Akselerometer

Akselerometer merupakan sensor yang digunakan untuk mengukur kecepatan suatu benda atau objek. Percepatan dinamis (pengukuran percepatan pada objek yang bergerak) dan statis (pengukuran terhadap gravitasi bumi) dapat diukur oleh akselerometer [2].

### 2.2.7. Transmitter/receiver

*Transmitter* dan *receiver* adalah apa yang memungkinkan pengguna untuk berkomunikasi dengan *quadcopter*. *Transmitter* adalah perangkat yang memungkinkan pengguna untuk mengontrol *quadcopter* secara nirkabel.

### 2.2.8. Frame

*Frame* dari *quadcopter* umumnya memiliki bentuk "x" atau "+". Satu lengan untuk setiap motor dan area pusat untuk pengontrol penerbangan, *receiver*, dan pemasangan baterai.

Perangkat laptop yang digunakan untuk penelitian mempunyai spesifikasi processor Intel Core i5 10<sup>th</sup> Gen, RAM 8 Gigabyte dan sistem operasi Windows 10, 64-bit yang telah ter-install aplikasi MATLAB R2020a.

## 2.2. Mekanisme Quadcopter saat Melayang

*Quadcopter* terbang melayang atau tetap dengan cara menyamakan kecepatan pada dua bagian motor yang bergerak searah jarum jam dan yang berlawanan arah jarum jam. Torsi yang dihasilkan oleh *quadcopter* dan berat yang dialami sama dengan nol, yang mengakibatkan *quadcopter* melayang [3], [4].

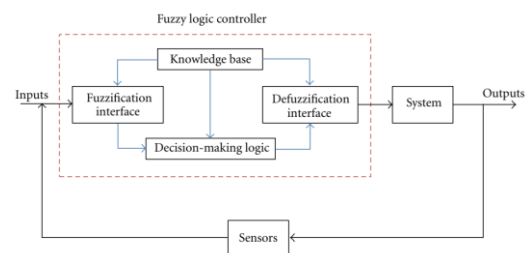
*Quadcopter* adalah sebuah robot dengan empat baling-baling yang berputar searah dengan jarum jam dan berlawanan arah jarum jam untuk memudahkan pergerakan. Baling-baling terdapat pada *frame* berbentuk *cross* (X) yang memudahkan pilot untuk mengontrol *quadcopter* [4].

## 2.3. Parrot AR.Drone Support-Package

*Support-package* untuk Parrot *AR.Drone* adalah salah satu add-on yang terdapat pada aplikasi MATLAB. *Add-on* ini memungkinkan pengguna untuk merancang dan membangun algoritma kontrol penerbangan dari Parrot *AR.Drone*. Aplikasi ini dapat menerapkan algoritma secara nirkabel menggunakan wi-fi. Algoritma tersebut dapat mengakses sensor yang ada pada *drone* (seperti ultrasound, akselerometer, giroskop, dan sensor tekanan barometrik) serta kamera [5].

## 2.4. Fuzzy Logic Control

Logika fuzzy digunakan karena keunggulannya dalam mengubah hasil yang buruk/tidak pasti yang disebabkan oleh kondisi yang mempengaruhi desain gerakan. Logika fuzzy menggunakan pengetahuan heuristik untuk mengubah *input* dan mengubahnya menjadi *output* dalam tiga tahap: *fuzzifikasi*, pengambilan keputusan, dan *defuzzifikasi*. Kontroler fuzzy ditunjukkan pada Gambar 2. *Fuzzifikasi* mengambil *input* analog dan mengubahnya menjadi nilai kontinu antara 0 dan 1 berdasarkan keanggotaannya dalam fungsi. Logika dasar kemudian digunakan untuk membentuk aturan yang menghubungkan *input* dan *output* dalam bentuk pernyataan *if-then*. *Output* akhirnya dikonversi kembali ke angka menggunakan metode *defuzzifikasi* [6].



Gambar 2. Skema Fuzzy Logic Control

## 2.5. Variabel Penelitian

Menurut hubungan antara satu variabel dengan variabel yang lain, variabel-variabel desain dibagi atas :

1. Variabel Bebas

Variabel bebas yang ada pada penelitian ini adalah: *error* yang berupa posisi yang diberikan ke sistem oleh *drone*.

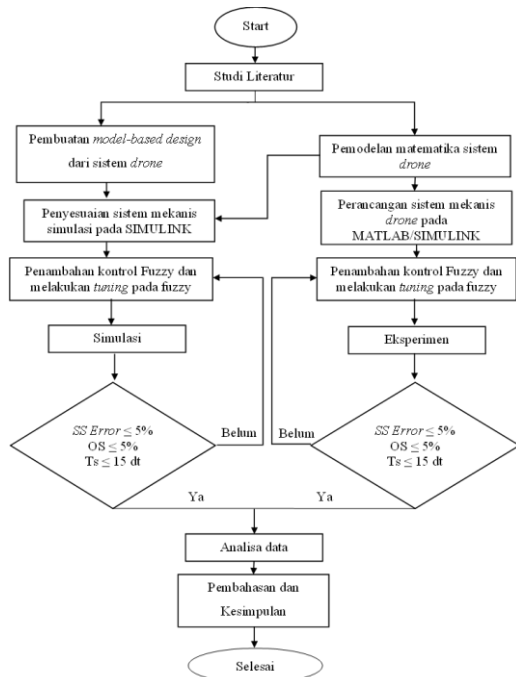
2. Variabel Terikat

Variabel terikat yang ada pada penelitian ini adalah: posisi sebenarnya dari *drone* setelah diperbaiki *error*nya atau output yang akan dianalisa. Dalam penelitian ini, *output*nya adalah posisi real *drone* (*roll*, *pitch*, dan *yaw*). Nilai tolok ukur dari *output* sistem ini akan diukur dalam *steady state error signal*, *percentage overshoot*, dan *settle time*.

3. Variabel Kontrol

Variabel terkontrol yang ada pada penelitian ini adalah: posisi (x, y, z) yang diinginkan, yaitu pada koordinat (0, 0, 0).

2.6. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram alir penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

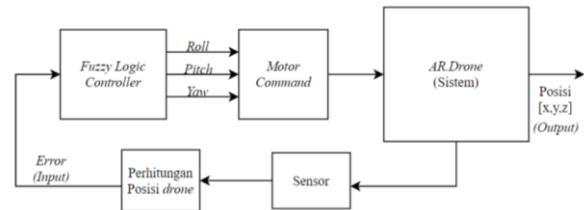
3.1. Fuzzy Logic

Flight controller harus melakukan dua tugas terpisah secara bersamaan: Mengontrol posisi Quadrotor dan menjaga posisi drone stabil. Model matematis menjelaskan fakta bahwa gerakan X dan Y masing-masing digabungkan dengan gerakan pitch dan roll. Sehingga di ketiga posisi sudut yaw ( $\psi$ ), sudut roll ( $\phi$ ) dan sudut pitch ( $\theta$ ) harus dikontrol secara bersamaan. Setiap fuzzy logic controller memiliki dua input yaitu error dan error rate dan satu output yang merupakan nilai kecepatan motor. Fuzzy Logic Toolbox pada program MATLAB digunakan untuk membuat fuzzy yang menggunakan metode

tipe Mamdani dan metode centroid untuk defuzzifikasi.

3.2. Perancangan Sistem

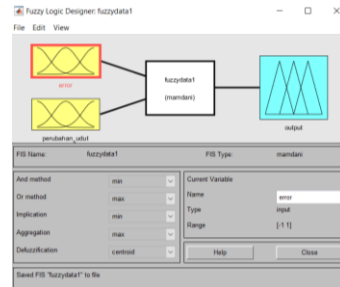
Tahap selanjutnya adalah merancang skema kontrol yang akan diterapkan pada *AR.Drone*. Diagram blok sistem kendali yang akan digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4. Pada dasarnya terdapat tiga subsistem penting sebagai berikut: subsistem *AR.Drone*, subsistem *fuzzy control logic*, serta subsistem pembaca sensor untuk menghitung posisi. Subsistem *AR.Drone* adalah sistem di dalam *AR.Drone*, yang dikendalikan melalui Wi-Fi yang mencakup gambaran dari fisik *drone* dan fitur yang ada pada *drone* seperti motor, kamera, baterai, dan *user command*. Subsistem sensor menyiapkan nilai jarak dan sudut yang merupakan *input* dari kontroler *fuzzy logic*. Rancangan menggunakan *error* yang terdapat dalam posisi yang terbaca pada sensor *drone* sebagai *input*. Kemudian hasil difuzzifikasi hingga mendapatkan *output* posisi *drone*.



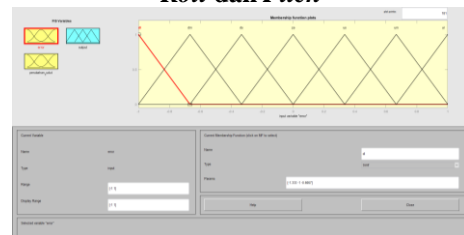
Gambar 4. Rancangan Sistem Drone menggunakan Fuzzy Logic Controller

2.7. Fuzzy pada Sudut Roll dan Pitch

*Fuzzy control* yang akan digunakan pada penelitian adalah Fuzzy mamdani. *Fuzzy control* menggunakan *input error* dan perubahan sudut yang kemudian menghasilkan *output* yang telah difuzzifikasi. Setiap sudut euler akan dikontrol menggunakan fuzzy. *Roll* dan *Pitch* akan menggunakan sistem fuzzy yang terdapat pada gambar 5.



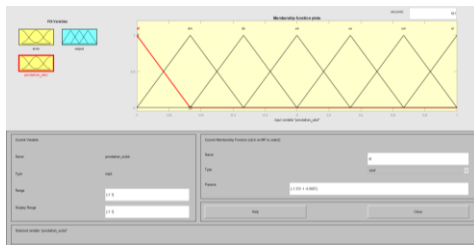
Gambar 5. Tampilan Fuzzy Logic Designer untuk Roll dan Pitch



Gambar 6. Input Error

Input error dapat dilihat pada gambar 6 yang terdiri atas 7 membership function berbentuk trimf (segitiga) dengan susunan sebagai berikut:

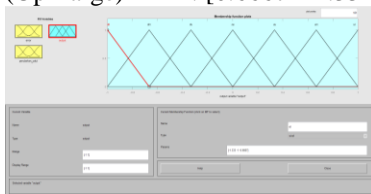
- DL (Down Large) : [-1.333 -1 -0.6667]
- DM (Down Medium): [-1 -0.6667 -0.3334]
- DS (Down Small) : [-0.6667 -0.3334 0]
- ZE (Zero) : [-0.3334 0 0.3334]
- US (Up Small) : [0 0.3334 0.6667]
- UM (Up Medium) : [0.3334 0.6667 1]
- UL (Up Large) : [0.6667 1 1.334]



Gambar 7. Input Perubahan Sudut

Input perubahan sudut dapat dilihat pada gambar 7 yang terdiri atas 7 membership function berbentuk trimf (segitiga) dengan susunan sebagai berikut:

- DM (Down Medium): [-1 -0.6667 -0.3334]
- DS (Down Small) : [-0.6667 -0.3334 0]
- ZE (Zero) : [-0.3334 0 0.3334]
- US (Up Small) : [0 0.3334 0.6667]
- UM (Up Medium) : [0.3334 0.6667 1]
- UL (Up Large) : [0.6667 1 1.334]



Gambar 8. Output Fuzzy

Output yang telah difuzzifikasi dapat dilihat pada gambar 8 yang terdiri atas 7 membership function berbentuk trimf (segitiga) dengan susunan sebagai berikut:

- DM (Down Medium): [-1 -0.6667 -0.3334]
- DS (Down Small) : [-0.6667 -0.3334 0]
- ZE (Zero) : [-0.3334 0 0.3334]
- US (Up Small) : [0 0.3334 0.6667]
- UM (Up Medium) : [0.3334 0.6667 1]
- UL (Up Large) : [0.6667 1 1.334]

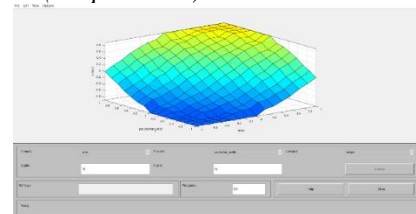
Perubahan Sudut \ Error	DL	DM	DS	ZE	US	UM	UL
DL	DL	DL	DL	DL	DM	DS	ZE
DM	DL	DL	DL	DM	DS	ZE	US
DS	DL	DL	DM	DS	ZE	US	UM
ZE	DL	DM	DS	ZE	US	UM	UL
US	DM	DS	ZE	US	UM	UL	UL
UM	DS	ZE	US	UM	UL	UL	UL
UL	ZE	US	UM	UL	UL	UL	UL

Tabel 1. Rule Fuzzy untuk Roll dan Pitch

Aturan juga bisa dijelaskan secara mendetail seperti berikut:

- If (Error is DL) and (Perubahan\_Sudut is ZE) then (Output is DL)

- If (Error is DL) and (Perubahan\_Sudut is US) then (Output is DM)
- If (Error is DL) and (Perubahan\_Sudut is UM) then (Output is DS)
- If (Error is DL) and (Perubahan\_Sudut is UL) then (Output is ZE)
- If (Error is DM) and (Perubahan\_Sudut is NM) then (Output is DL)
- If (Error is DM) and (Perubahan\_Sudut is NS) then (Output is DL)
- If (Error is DM) and (Perubahan\_Sudut is ZE) then (Output is DM)
- If (Error is DM) and (Perubahan\_Sudut is US) then (Output is DS)
- If (Error is DM) and (Perubahan\_Sudut is UM) then (Output is ZE)
- If (Error is DM) and (Perubahan\_Sudut is UL) then (Output is US)
- If (Error is DS) and (Perubahan\_Sudut is NS) then (Output is DM)
- If (Error is DS) and (Perubahan\_Sudut is ZE) then (Output is DS)
- If (Error is DS) and (Perubahan\_Sudut is US) then (Output is ZE)
- If (Error is DS) and (Perubahan\_Sudut is UM) then (Output is US)
- If (Error is DS) and (Perubahan\_Sudut is UL) then (Output is UM)
- If (Error is ZE) and (Perubahan\_Sudut is ZE) then (Output is ZE)
- If (Error is ZE) and (Perubahan\_Sudut is US) then (Output is US)
- If (Error is ZE) and (Perubahan\_Sudut is UM) then (Output is UM)
- If (Error is ZE) and (Perubahan\_Sudut is UL) then (Output is UL)
- If (Error is US) and (Perubahan\_Sudut is US) then (Output is UM)
- If (Error is US) and (Perubahan\_Sudut is UM) then (Output is UL)
- If (Error is US) and (Perubahan\_Sudut is UL) then (Output is UL)
- If (Error is UM) and (Perubahan\_Sudut is UM) then (Output is UL)
- If (Error is UM) and (Perubahan\_Sudut is UL) then (Output is UL)
- If (Error is UL) and (Perubahan\_Sudut is UL) then (Output is UL)



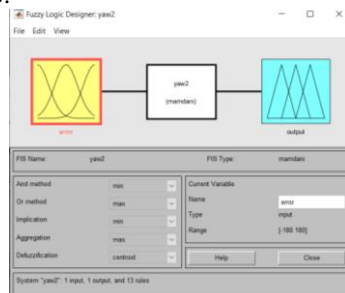
Gambar 9. Ilustrasi dari Aturan Kontrol Roll dan Pitch

Gambar 9 adalah surface viewer dari aturan fuzzy logic yang telah dibuat. Sumbu X merupakan

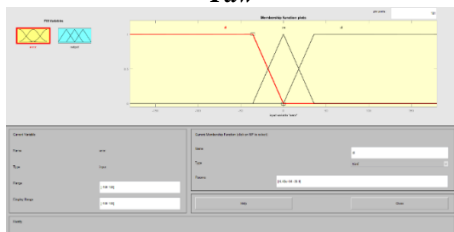
*Input Error*, sumbu Y merupakan *Input* perubahan sudut, dan sumbu Z yang merupakan *Output* sudut.

### 3.3. Fuzzy pada Sudut Yaw

Sudut yaw akan menggunakan sistem fuzzy yang menggunakan *input error* dan difuzzifikasi menjadi *output*. Sistem fuzzy logic dapat dilihat pada gambar 10.

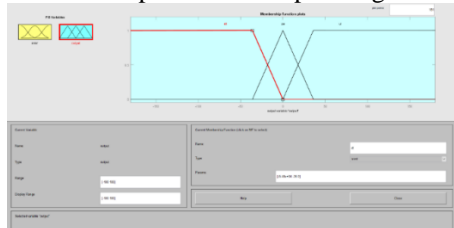


**Gambar 10. Tampilan Fuzzy Logic Designer untuk Yaw**



**Gambar 11. Input Error**

*Input error* dapat dilihat pada gambar 11 yang terdiri atas 3 *membership function* yaitu {DL, ZE, UL} berbentuk trimf (segitiga) dengan range yang digunakan berada pada -180 sampai dengan 180.

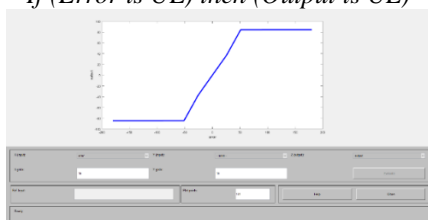


**Gambar 12. Output Fuzzy**

*Output* yang telah difuzzifikasi dapat dilihat pada gambar 12 yang terdiri atas 3 *membership function* yaitu {DL, ZE, UL} berbentuk trimf (segitiga) dengan range yang digunakan berada pada -180 sampai dengan 180.

Rule base menggunakan 3 aturan. Aturan tersebut dapat dilihat seperti berikut:

- *If (Error is DL) then (Output is DL)*
- *If (Error is ZE) then (Output is ZE)*
- *If (Error is UL) then (Output is UL)*



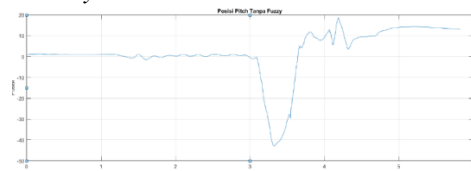
**Gambar 13. Ilustrasi dari Aturan Kontrol Yaw**

Gambar 13 adalah *surface viewer* dari aturan fuzzy logic yang telah dibuat. Sumbu X merupakan

*Input Error* dan sumbu Z yang merupakan *Output* sudut.

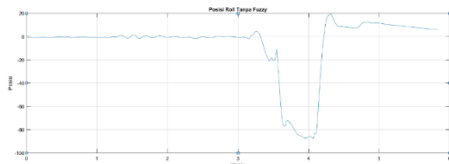
### 3.4. Hasil Tanpa Kontrol

Penelitian akan dimulai dengan memberi perintah yang terdapat pada *subsystem user command* MATLAB/SIMULINK untuk menerbangkan *drone* dalam ketinggian 1 meter. Langkah selanjutnya adalah mengambil hasil data penerbangan dan melakukan analisa. Dapat disimak pada gambar 14 sampai 16 merupakan hasil terbang *drone* tanpa menggunakan fuzzy logic control pada tiap sudut euler. Dengan melihat grafik dapat disimpulkan bahwa *drone* mengalami *error* yang sangat besar terhadap posisi yang diinginkan. Hal lain yang dapat disimpulkan adalah posisi *drone* tidak mencapai posisi *steady state* karena tidak diberi kontrol.



**Gambar 14. Posisi Pitch Tanpa Fuzzy**

Menurut gambar 14 posisi *pitch* tanpa menggunakan fuzzy tidak mencapai *steady state*. *Drone* kemudian mengalami *error* yang dialami sebesar 40% setelah terbang selama 3 detik dan terjatuh karena tidak ada kontrol untuk *error* yang ada.



**Gambar 15. Posisi Roll Tanpa Fuzzy**

Menurut gambar 15 posisi *roll* tanpa menggunakan fuzzy tidak mencapai *steady state*. *Drone* kemudian mengalami *error* yang dialami sebesar 80% setelah terbang selama 3 detik dan terjatuh karena tidak ada kontrol untuk *error* yang ada.



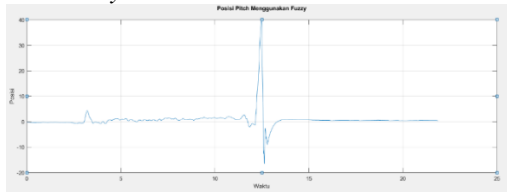
**Gambar 16. Posisi Yaw Tanpa Fuzzy**

Menurut gambar 16 posisi *yaw* tanpa menggunakan fuzzy tidak mencapai *steady state*. *Drone* kemudian mengalami *error* yang dialami sebesar 35% setelah terbang selama 3 detik dan terjatuh karena tidak ada kontrol untuk *error* yang ada.

### 3.5. Hasil Menggunakan Kontrol

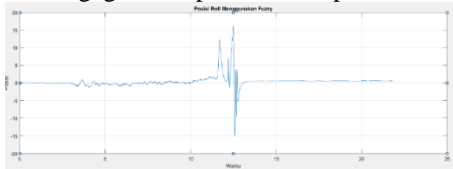
Pada eksperimen ini akan dilihat hasil terbang *drone* yang akan dikontrol oleh fuzzy hingga mencapai ketinggian 1 meter. Tiap sudut euler (*roll*,

*pitch*, dan *yaw*) akan dilampirkan pada gambar 17 sampai dengan gambar 19. Dengan melihat grafik dapat disimpulkan bahwa *drone* mencapai posisi yang diinginkan dan mempertahankan posisi dalam kondisi *steady*.



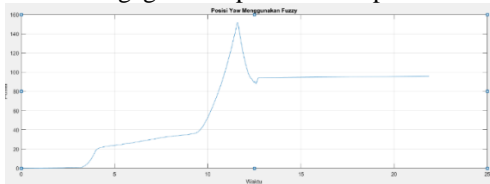
**Gambar 17. Posisi Pitch Menggunakan Fuzzy**

Menurut gambar 17 posisi *pitch* mengalami *steady* pada 4.5s. Posisi *drone* kemudian mengalami *overshoot* sebesar 5% dan *error* yang dialami sebesar 40% setelah gagal mempertahankan posisi *steady*.



**Gambar 18. Posisi Roll Menggunakan Fuzzy**

Menurut gambar 18 posisi *roll* mengalami *steady* pada 4.5s. posisi *drone* kemudian mengalami *overshoot* sebesar 2.5% dan mengalami *error* sebesar 12.5% setelah gagal mempertahankan posisi *steady*.



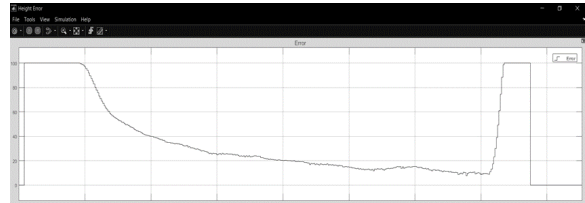
**Gambar 19. Posisi Yaw Menggunakan Fuzzy**

Menurut gambar 19 posisi *yaw* tidak mencapai posisi *steady*. *Drone* kemudian mengalami *overshoot* sebesar 20% dan mengalami *error* sebesar 140% setelah gagal mempertahankan posisi *steady*.



**Gambar 20. Hasil Error Ketinggian Terbang Drone Tanpa Fuzzy**

Gambar diatas merupakan hasil baca sensor *ultrasound*, dengan sumbu X yang merupakan ketinggian yang belum tercapai oleh *drone* (*error*) dan sumbu Y merupakan waktu pengujiannya. Hasil memberikan data *error* ketinggian dari *drone* yang diterbangkan tanpa menggunakan kontroler fuzzy. Dapat disimpulkan bahwa *drone* tidak berhasil mencapai ketinggian yang diperintahkan (1 meter) atau menghilangkan *error* yang dialami.



**Gambar 21. Hasil Error Ketinggian Terbang Drone Menggunakan Fuzzy**

Kemudian dapat dibandingkan hasil terbang dengan menggunakan kontroler fuzzy pada gambar 21. Dapat dilihat bahwa *drone* berhasil untuk meminimalisir *error* yang terjadi untuk mencapai ketinggian yang diperintahkan yaitu 1 meter. Tetapi, hasil kurang baik ini juga tidak luput dengan hubungan dari pengontrol sudut lain. Dari eksperimen dapat dilihat bahwa *drone* terbang dengan sudut *yaw* yang tidak sesuai sehingga mengakibatkan *drone* terbang berputar putar.

### 3.6. Analisa Data Hasil

Menurut hasil data dari percobaan tanpa dan dengan menggunakan kontrol fuzzy dapat disimpulkan bahwa fuzzy kontrol yang telah diaplikasikan pada *drone* dapat memperbaiki kondisi *drone* yang mengalami *error*. Hal ini diakibatkan oleh sinyal *error* yang telah didapat dari sensor *drone* telah difuzifikasi oleh *fuzzy logic control*. Dari hasil grafik penerbangan menggunakan kontrol fuzzy, hasilnya tentu lebih baik dari percobaan penerbangan tanpa menggunakan kontrol fuzzy yang dapat dilihat bahwa *drone* tidak mencapai posisi *steady* dan gagal memperbaiki *error* yang mengakibatkan *drone* jatuh dalam hanya 3s waktu terbang.

Program kontrol fuzzy yang telah dibuat masih memiliki kekurangan karena hasil data terbang kurang baik yang bisa terjadi karena kesalahan kalkulasi kecepatan motor pada *subsystem drone* atau karena pembacaan sensor yang dilakukan oleh *drone* sehingga *drone* tidak mencapai waktu *steady* yang lebih baik. Kemudian penambahan sistem fuzzy juga masih menghasilkan perbaikan *error* yang kurang responsif terhadap perubahan yang terjadi.

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pada percobaan hasil terbang kontrol fuzzy pada *drone* menggunakan program matlab/simulink, kesimpulan yang dapat diambil antara lain:

- Sistem *drone* dengan kontrol fuzzy membantu *drone* dapat take-off menuju posisi x, y, z yang diinginkan (0, 0, 0) dibandingkan sistem tanpa kontrol yang tidak mampu mencapai posisi take-off. Hasil dengan kontrol juga membantu mengurangi OS% rata-rata menjadi 9%.
- Sistem menggunakan fuzzy logic control menunjukkan bahwa fuzzy merupakan sistem kontrol yang dapat mengurangi dan memperbaiki *error* yang terjadi di sudut roll, pitch dan yaw namun tidak berhasil mempertahankannya oleh

karena itu diperlukan sistem yang lebih responsif dan efektif terhadap perubahan yang terjadi.

#### Daftar Pustaka

- [1] Anonim-a, **BAKTI - Informasi Tentang Teknologi Gyroscope, Fungsi dan Cara Kerjanya yang Wajib Dibaca**, [https://www.baktikominfo.id/id/informasi/pengertian/informasi\\_tentang\\_teknologi\\_gyroscope\\_fungsi\\_dan\\_cara\\_kerjanya\\_yang\\_wajib\\_dibaca-780](https://www.baktikominfo.id/id/informasi/pengertian/informasi_tentang_teknologi_gyroscope_fungsi_dan_cara_kerjanya_yang_wajib_dibaca-780) (accessed Oct. 28, 2022).
- [2] Anonim-b, **BAKTI - Pengertian, Fungsi dan Kelebihan Accelerometer yang Tak Banyak Orang Ketahui**, [https://www.baktikominfo.id/id/informasi/pengertian/pengertian\\_fungsi\\_dan\\_kelebihan\\_accelerometer\\_yang\\_tak\\_banyak\\_orang\\_ketahui-785](https://www.baktikominfo.id/id/informasi/pengertian/pengertian_fungsi_dan_kelebihan_accelerometer_yang_tak_banyak_orang_ketahui-785) (accessed Oct. 28, 2022).
- [3] A. Yulistiyanto, **Pembuatan Quadcopter Sebagai Pemantau Area Yang Dikendalikan Jarak Jauh Dan Diakses Melalui WEB**, 2013.
- [4] Nurhayati, **Implementasi Pid Kontrol Untuk Mengontrol Kestabilan Posisi Quadcopter Guna Mengidentifikasi Objek Dari Ketinggian Maksimal 6 Meter**, 2014.
- [5] F. Asadi, R. E. Bolanos, and J. Rodríguez, **Feedback Control Systems: The MATLAB/SIMULINK Approach**, Synthesis Lectures on Control and Mechatronics, vol. 4, no. 1, pp. 1–226, Apr. 2019, doi: 10.2200/S00909ED1V01Y201903CRM005.
- [6] M. R. Kaplan, A. Eraslan, A. Beke, and T. Kumbasar, **Altitude and Position Control of Parrot Mambo Minidrone with PID and Fuzzy PID Controllers**, ELECO 2019 - 11th International Conference on Electrical and Electronics Engineering, no. February 2020, pp. 785–789, 2019, doi: 10.23919/ELECO47770.2019.8990445.

	<p>Muhammad Arif Rahman menyelesaikan studi program sarjana di Program Studi Teknik Mesin Universitas Udayana dari tahun 2017 hingga sampai 2022. Menyelesaikan studi program sarjana dengan topik penelitian “Perancangan Sistem Kontrol Penerbangan Fuzzy untuk Stabilitas Drone Menggunakan Matlab/Simulink”.</p>
---	--