

Rancang Bangun Stabilizer Drone S2GA Dengan Metode Fuzzy Logic berbasis Arduino (Design and Build S2GA Drone Stabilizer With Arduino based Fuzzy Logic Method)

Wahyu Pambudi^{1*}, Eko Kuncoro², Priska Choirina³

Jurusan Teknik Telekomunikasi Poltekad Kodiklatad

Jalan Ksatrian Pusdik Arhanud, Pendem, Batu 65324

komd4214@gmail.com^{1*}, yudhipk8@gmail.com², Priskachoirina17@gmail.com³

Abstrak – UAV merupakan wahana teknologi canggih yang sering digunakan di bidang militer untuk misi pengintaian. UAV terdiri dari beragam jenis, salah satunya yaitu quadcopter. Quadcopter yang digunakan dalam misi militer rata-rata mempunyai masalah ketidakstabilan ketika quadcopter tersebut terbang membawa senjata. Karena alasan tersebut, maka diperlukan system untuk mengatur kestabilan dari percepatan motor quadcopter. Berdasarkan permasalahan tersebut dilakukan penelitian tentang rancang bangun stabilizer drone dengan metode logika fuzzy berdasarkan 3 derajat kebebasan untuk memperbaiki kestabilan yang memiliki 2 input yaitu percepatan dan perubahan percepatan. Sedangkan output yang dihasilkan berupa kecepatan motor. Untuk mengetahui error dilakukan pengujian ketepatan posisi 5 kali pada ketinggian 1-3 meter. Sedangkan untuk menghitung waktu quadcopter untuk kembali ke posisi semula dapat menggunakan stopwatch. Penelitian ini bertujuan untuk mengkonfigurasi kontrol kestabilan quadcopter yang optimal setelah diterapkan metode fuzzy logic inferensi Mamdani. Hasil penelitian dengan logika fuzzy untuk kestabilan menunjukkan nilai rise time sebesar 0,7 detik, settling time 2,55 detik, overshoot sebesar 15 % ketika menerima gangguan sebesar 45cm, dan nilai steady-state 69,55 cm dengan simpangan baku sebesar $\pm 1,775$ cm. Hasil tersebut memberikan akurasi kestabilan yang lebih baik pada quadcopter ketika menggunakan fuzzy.

Kata kunci : UAV, Quadcopter, kestabilan, Fuzzy Logic, Mamdani

Abstract – The Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is an advanced technology used in the military for reconnaissance missions. The UAV consists of various types, one of them is a quadcopter. The quadcopter used in military missions average has instability problems when the quadcopter is flying with a weapon. For this reason, a system is needed to regulate the stability of the acceleration of a quadcopter motor. Based on this problem, research about the design of drone stabilizer with the fuzzy logic method based on 3 degrees of freedom to improve stability that has 2 inputs namely acceleration and acceleration switch. While the output produced is motor speed. To find out the error then testing the accuracy of the position has been done 5 times at an altitude of 1-3 meters. Meanwhile, to calculate the time of the quadcopter to return to its initial position, a stopwatch is used. This research aims to configure the optimal quadcopter stability control after the Mamdani inference fuzzy logic method is applied. The results of the research with fuzzy logic for stability are a rise time value of 0.7 seconds, settling time of 2.55 seconds, overshoot of 15% when receiving interference of 45cm, and a steady-state value of 69.55 cm with a standard deviation of ± 1.775 cm. These results provide better stability accuracy on the quadcopter when using the fuzzy.

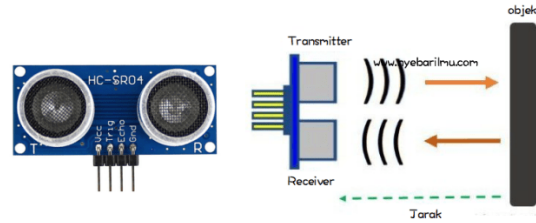
Keywords: UAV, Quadcopter, stabilize, Fuzzy Logic, Mamdani

1. Pendahuluan

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau pesawat tanpa awak saat ini

mengalami perkembangan yang pesat untuk keperluan umum atau keperluan militer. UAV mempunyai beragam jenis

diantaranya adalah *quadcopter*. *Quadcopter* memiliki kemampuan untuk melakukan pendaratan dan lepas landas secara vertikal atau bisa disebut dengan *Vertical Take-Off and Landing (VTOL)*. Dalam proses membuat *quadcopter* ditemukan beberapa permasalahan antara lain seperti keempat baling-balingnya yang tidak mempunyai daya angkat, karena 2 motor masih dirancang berputar secara *counterclockwise (CCW)* dan 2 motor dirancang berputar *Counter Wise (CW)*, khususnya ketika terbang stabil membawa beban. Pengendalian kestabilan ketinggian pada penerbangan *quadrotor* dengan metode *PID Fuzzy* pernah dilakukan oleh P.A Kusuma tahun 2017[1]. Penelitian P.A Kusuma menunjukan metode kendali *PID fuzzy* menghasilkan tanggap waktu yang lebih baik dibandingkan dengan metode *PID*. Penelitian serupa tentang pengendalian kestabilan terbang robot penjelajah udara dengan metode *hybrid PID fuzzy* juga pernah dilakukan oleh Nur yanti tahun 2018[2]. Penelitian Nur yanti menunjukan bahwa penggunaan *hibrid PID-fuzzy* mampu mengatasi berbagai masalah kendali saat terbang dengan mengubah nilai *gain Kp, Ki, dan Kd*, sehingga dihasilkan kestabilan terbang robot yang baik sesuai dengan ketinggian. Kemudian Ardy Seto Priambodo melakukan penelitian tentang perancangan sistem kendali PD untuk kestabilan terbang melayang UAV Quadcopter[3]. Penelitian yang dilakukan oleh ardy seto priambodo membahas tentang model sebuah quadcopter dan sistem kendali linier yang bekerja pada quadcopter terbang melayang sehingga quadcopter tersebut mampu terbang dengan stabil. Pada penelitian tersebut sistem kendali linier yang digunakan adalah Sistem kendali PD. Sistem ini disimulasikan dengan menggunakan software matlab sehingga diperoleh hasil nilai parameter *Kp* dan *Kd* yang didapatkan dari penelitian tersebut adalah *Kp* = 25 dan *Kd* = 35 sedangkan settling time adalah 4,66 detik tanpa overshoot,



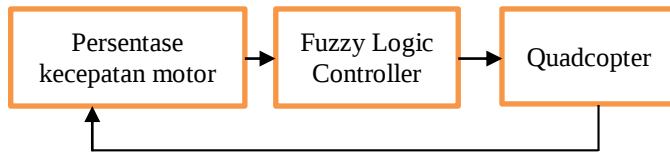
sehingga hasil respon dinyatakan baik. Dari [1] dan [2], dapat dianalisis dengan menggunakan nilai algoritma non-linier seperti logika *fuzzy* untuk diimplementasikan pada *quadcopter* dibanding dengan nilai algoritma yang linear seperti arduino. Hal ini disebabkan karena *quadcopter* mempunyai dinamika non-linier sehingga nilai algoritma yang bersifat non-linier lebih tepat diimplementasikan. Kemudian untuk nilai algoritma arduino membutuhkan waktu adalah yaitu 1 detik. Perbedaan yang akan diteliti, variabel yang dikaitkan yaitu bukan tentang ketinggian dan perubahan ketinggian tetapi membahas tentang percepatan dan perubahan percepatan motor karena penelitian ini untuk mengatur kecepatan putaran motor agar menjaga kestabilan dan keseimbangan pada waktu *take-off* serta dapat menjaga kestabilan terbang *quadcopter* tersebut pada ketinggian tertentu dan mengatasi penyebab dari tidak stabilnya *drone quadcopter*. sehingga adanya perubahan kecepatan motor mampu membuat *drone* ini stabil terbang membawa beban dengan ketinggian tertentu.

2. Metodologi Penelitian

2.1. Analisis Sistem

Metode penelitian pada Analisis sistem yang akan dibuat adalah untuk mengatur kecepatan putaran motor pada *quadcopter* agar dapat menjaga kestabilan pada waktu membawa beban dengan menggunakan algoritma *fuzzy Mamdani*[4] Sebelumnya seperti yang diketahui algoritma *fuzzy* ada 3 yaitu algoritma *Tsukamoto, mamdani dan sugeno*. Tetapi pada penelitian ini menggunakan metode *Mamdani*.

Dalam penelitian ini menggunakan blok sistem sebagai berikut



Gambar 1. Diagram Blok Sistem *Quadcopter* yang digunakan juga menggunakan logika *fuzzy* untuk memaksimalkan nilai konstanta *arduino*. Logika *fuzzy* akan bertugas sebagai penalar otomatis konstanta *arduino* yang digunakan untuk mengontrol kestabilan pada *Quadcopter* digunakan sistem berdasarkan umpan balik berupa nilai error dan delta error. Untuk sistem ini mempunyai nilai konfigurasi (+) yang mengarahkan gerak roll dan pitch-nya dengan dipengaruhi oleh 2 motor yang dirangkai secara seimbang dan simetris. *Drone* yang akan dibuat mempunyai 4 motor dengan memanfaatkan nilai konfigurasi (+) secara seimbang dan simetris. Kemudian untuk mengetahui nilai ketinggian jarak dapat dengan menggunakan sensor ketinggian yang terpasang pada drone maka dapat dipasang sensor ultrasonik yang terletak tegak lurus dengan sumbu horizontal drone ini. Sensor ultrasonik yang digunakan yaitu sensor ultrasonik tipe HC-SRF04[5].

Gambar 2. Sensor Ultrasonik HC-SRF04

Sensor ultrasonik ini memiliki tingkat akurasi sensor yang paling optimal dengan nilai rentang 17 hingga 200 cm. Metode kendali percepatan motor dengan menggunakan *arduino*. Penalaran yang akan dilakukan untuk mendapatkan nilai konstanta *arduino* yang akan mempengaruhi karakteristik sistem seperti *rise time*, *settling time*, *overshoot*, dan *steady state error*. Untuk memperoleh nilai konstanta *arduino* dapat dilaksanakan dengan penggunaan metode teori *Ziegler-Nichols*[6]. Teori *Ziegler-Nichols* bisa diimplementasikan pada sistem seperti

pada *drone quadcopter* tanpa memerlukan model matematikanya. Nilai yang dihasilkan pada gain dapat menghasilkan nilai tanggapan yang kurang baik sehingga membutuhkan fine tuning untuk mendapatkan nilai tanggapan sistem yang sesuai dengan apa yang diharapkan. Kekurangan pada metode ini adalah karena *arduino* bekerja optimal pada sistem yang berpatokan pada persamaan nilai matematis, sedangkan *quadcopter* adalah sistem non linier. Ketidaklinieran sistem *quadcopter* dapat disebabkan hal-hal seperti karakter motor yang kita pakai, baterai yang digunakan, dan lain sebagainya. Untuk mengatasi permasalahan tersebut maka pada penelitian ini, dengan mengimplementasikan sistem *fuzzy logic* dengan kendali *arduino* dapat membantu, meminimalkan dan mengatasi nilai ketidaklinieran sistem dengan memanfaatkan logika *fuzzy*. Logika *fuzzy* adalah metode komputasi dengan variabel kata-kata yang dikemukakan oleh Dr. Lotfi A. Zadeh pada tahun 1965. Logika ini memanfaatkan menggunakan pendekatan alamiah seperti penalaran manusia dalam menentukan suatu keputusan. Logika *fuzzy* dapat digunakan untuk memaksimalkan nilai respon dari sistem kendali pada *arduino*[7]. Aturan *fuzzy* untuk memaksimalkan kerja sistem dengan nilai dasar sebagai berikut :

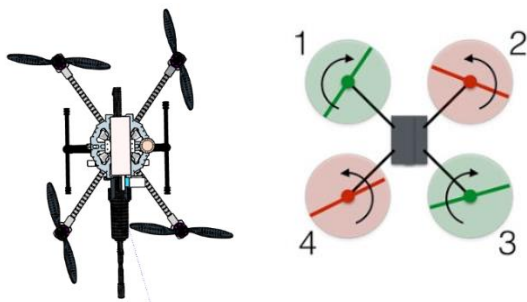
1. Apabila *steady-state* memiliki nilai besar maka naikan konstanta proporsional.
2. Apabila respon berosilasi maka naikan konstanta *derivative*.
3. Apabila respon lambat maka naikan konstanta proporsional.
4. Apabila *steady-state error* terlalu besar maka sesuaikan konstanta integral.
5. Apabila *overshoot* menghasilkan nilai yang terlalu besar maka turunkan nilai konstanta proporsional Aturan *fuzzy* yang dibuat dan diproses dengan memanfaatkan sudut dan nilai ketinggian *quadcopter*. Berdasarkan

nilai hasil setpoint yang dihasilkan oleh sudut dan ketinggian yang telah ditetapkan maka akan didapat hasil nilai *error* dan *delta error* yang merupakan indikator keadaan *quadcopter*. Berdasarkan uraian di atas maka dapat dirumuskan pokok-pokok sistem yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Sistem kestabilan yang di terapkan untuk membantu *quadcopter* untuk mempertahankan kestabilan dan ketinggiannya dengan baik berdasarkan jarak dengan permukaan tanah dengan nilai *steady-state error* maksimum sebesar 5 cm. Kendali tersebut juga harus mempertahankan *steady state error* sudut *roll* dan *pitch* sebesar 5% agar pembacaan sensor ultrasonik masih dapat bekerja dengan baik.
2. *Risetime* yang diperoleh akan di gunakan pada sudut *pitch* dan *roll* lebih cepat atau sama dengan 0,5 detik dan pada sudut *yaw* menghasilkan ketinggian lebih cepat dari 3 detik.
3. *Settling time* yang diperoleh menghasilkan sudut *pitch* dan *roll* sebesar 3 detik, dan nilai sudut *yaw* serta *altitude* sebesar 6 detik.
4. Maximum pada nilai *overshoot pitch* dan *roll* adalah 10%, dan nilai *yaw* serta *altitude* memiliki 20%.
5. Metode kendali yang digunakan dioptimalkan dengan logika *fuzzy* yang dapat menalar secara mandiri nilai kontstanta *Kp*, *Ki*, dan *Kd* pada arduino sehingga respon sistem lebih baik.

2.2. Rancangan Arsitektur System

Dalam penelitian ini *pixhawk* bertugas sebagai pemroses masukan dan keluaran sistem.



Gambar 3. Rancangan Arsitektur Sistem *Quadcopter*

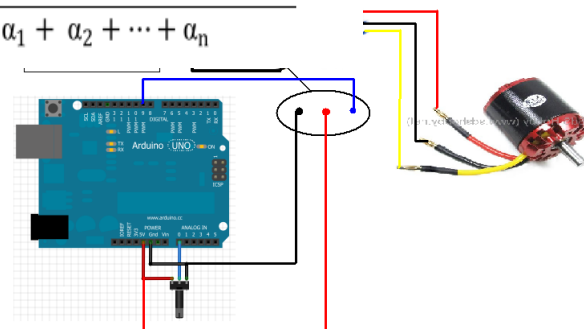
Pixhawk digunakan karena memiliki bit penyimpanan yang cukup besar serta mampu bekerja dengan clock yang tinggi agar metode *fuzzy* yang digunakan dapat berjalan dengan baik. Pada *pixhawk* Mempunyai 3 buah sensor yaitu IMU 6 *DOF*[8] yang terdiri dari *Accelerometer* dan *Gyroscope* yang memiliki fungsi untuk memberikan masukan pada kondisi ketika drone bergerak secara *pitch* dan *roll*, kemudian ada *magnetometer* atau kompas yang di gunakan sebagai penunjuk arah atau heading, serta memiliki sensor ultrasonik yang di gunakan untuk menunjukan nilai besaran ketinggian *quadcopter* terhadap permukaan tanah. Kemudian untuk sistem kendali dan pemantuan data dapat menggunakan *Remote Control (RC)* dan *GCS* yang berupa sebuah komputer yang terhubung dengan drone *quadcopter* memanfaatkan modul telemetri. Daya yang diperoleh sistem ini adalah baterai *LiPo*[9].

2.3. Rancangan Fungsi keanggotaan Fuzzy

Fungsi keanggotaan *fuzzy* adalah suatu kurva yang menunjukan pemetaan titik input ke dalam derajat keanggotaan yang nilainya 0 hingga 1. Salah satu cara yang dapat di gunakan dengan melakukan pendekatan fungsi keanggotaan fuzzy. Pada penelitian ini menggunakan *fuzzy logic mamdani* maka persamaan yang di dihasilkan yaitu Dimana :

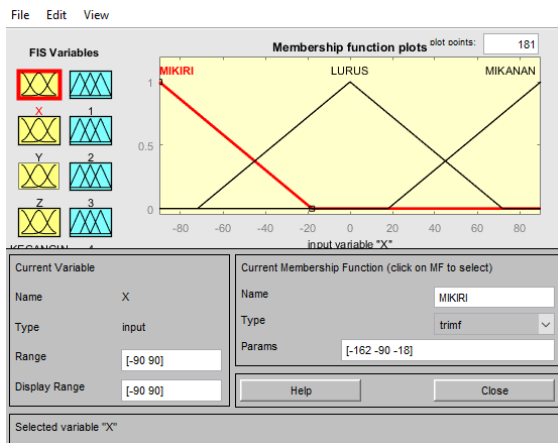
$$Z = \frac{\alpha_1 * z_1 + \alpha_2 * z_2 + \dots + \alpha_n * z_n}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_n}$$

an
=
de
raj
at
ke
an



g gotaan dari aturan ke- n
 z_n = nilai dari aturan ke- n
 Z = Nilai rata rata

Kemudian hasilnya akan kita simulasikan dengan perhitungan matlab yang menghasilkan kurva seperti gambar di bawah ini



Gambar 4. Kurva Fungsi Keanggotaan Fuzzy

2.4. Rancangan Sistem Kendali Kestabilan

Pada penelitian ini dapat di masukkan tambahan untuk sistem quadcopter yang berupa sensor ketinggian. Dengan sensor ini, kendali untuk ketinggian yang stabil dapat dihitung dengan cara menghitung selisih nilai ketinggian dengan nilai setpoint ketinggian yang diinginkan. Kendali seperti ini untuk mendapatkan kestabilan yang optimal sehingga pilot atau operator tidak perlu mengatur throttle. Logika fuzzy pada rancangan sistem kendali kestabilan ini akan menghitung nilai konstanta proporsional (K_p), integral (K_i), dan derivatif (K_d) terbaik yang bisa di masukkan nilainya untuk memperbaiki nilai sistem. logika

fuzzy ini di gunakan untuk mengatur besaran nilai persentase kecepatan motor. Kemudian kontrol motor dengan menggunakan arduino bisa dilihat pada diagram berikut :

Gambar 5. Diagram kerja sistem kontrol motor menggunakan arduino.

Gambar 6. Sketch arduino untuk mengatur kecepatan

Dari bahasa pemrograman *arduino* yang di terapkan maka akan mendapatkan variabel variabel linguistik yang digunakan pada *pitch* dan *roll* yaitu NB (Negatif Besar), N (Negatif), O (Nol), P (Positif) dan PB (Positif Besar) untuk memasukkan nilai error yang disebut dengan himpunan fuzzy error. Kemudian untuk memasukkan delta error menggunakan DNB (Delta Negatif Besar), DN (Delta Negatif), DO (Delta Nol), DP (Delta Positif) dan DPB (Delta Positif Besar) yang disebut dengan himpunan *fuzzy delta error*. Pada setiap variabel diatas akan mempunyai nilai rentan masing masing yang berdasar pada nilai yang didapatkan dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh program. Kemudian nilai input ini dianalisa oleh *Fuzzy Inference system* dengan menggunakan aturan fuzzy (rule-base) yang telah disusun. Aturan aturan fuzzy (rule base) memiliki bentuk dasar "if" $X = A$, "Then" $Y = B$, sehingga aturan fuzzy sering disebut aturan "If-Then". Aturan yang kita buat dengan "if-then" bisa di lihat pada gambar berikut

Gambar 7. Rules pada himpunan fuzzy untuk menstabilkan drone quadcopter

Kemudian pada sistem quadcopter ini aturan fuzzy yang di gunakan berdasarkan rancangan himpunan fuzzy untuk nilai *error*, *delta error*, K_p , K_i dan K_d . Dengan begitu terdapat 25 aturan fuzzy yang akan digunakan. Aturan dibuat berdasar pada pengaruh perubahan nilai konstanta

```

KONTROL_KECEPATAN | Arduino 1.8.10
File Edit Sketch Tools Help

KONTROL_KECEPATAN

1 // Koneksi basis transistor
2 const int transistorPin = 9;
3
4 void setup() {
5   // set sebagai output:
6   pinMode(transistorPin, OUTPUT);
7 }
8
9 void loop() {
10  // baca potensiometer:
11  int sensorValue = analogRead(A0);
12  // map nilai sensor menjadi 0 - 255:
13  int outputValue = map(sensorValue, 0, 1023, 0, 255);
14  // gunakan nilai tersebut utk mengontrol putaran:
15  analogWrite(transistorPin, outputValue);
16 }
  
```

kecepatan motor yang dikontrol menggunakan arduino uno dan derivatif terhadap nilai error dan deltaerror. Kemudian tabel gubungan nilai Kp, Ki, dan Kd. Sedangkan aturan untuk Kp dan Ki dibuat sama karena memang dampak kedua kendali terhadap nilai yang di hasilkan sama.

Tabel 1 Menunjukkan nilai error

Keterangan:

NB : Negatif Besar
T : Sangat Kecil
N : Negatif
S : Kecil
O : Tengah
M : Sedang
P : Positif
B : Besar
PB : Positif Besar
H : Sangat Besar

Nilai negatif dan positif pada *error* dan *deltaerror* akan menghasilkan nilai Kp dan Ki yang sama, kemudian akan di gunakan karena hal tersebut akan tergantung pada orientasi *quadcopter*. Jika nilai error besar (NB dan PB) maka nilai Kp dan Ki yang digunakan yang paling besar (H). nilai deltaerror yang terbaca akan menunjukan kecepatan respon sistem.

dengan jarum jam dan 2 pasang lagi berlawanan dengan arah jarum jam. Kemudian dengan mengubah besaran kecepatan putar dari masing masing motor tersebut, kita akan mendapatkan daya angkat yang berbeda beda yang mempengaruhi elevasi, arah terbang dan manuver dari *Quadcopter*[3].

(a)keatas

	Error					
		NS	N	O	P	SP
Data eror	DNS	T	M	S	S	S
	DN	M	S	B	B	T
	DO	S	B	H	M	M
	DP	T	S	B	M	S
	DPS	S	M	M	S	T

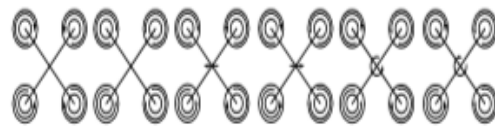
(b)kebawah

(c)kekiri

(d)kekanan

(e)berputarkekiri

(f)berputar kekanan.



Gambar 8. Bentuk dan arah pergerakan perputaran motor

3. Hasil dan Pembahasan

Pada Penelitian sistem kendali kestabilan ini di lakukan seperti pada sudut *pitch* dan *roll* dimana dengan memberikan gangguan sebesar kurang lebih 45 cm dari setpoint ketinggian sebesar 200 cm. kemudian *Risetime* atau waktu yang dibutuhkan untuk kembali ke posisi semula yaitu sebesar 0,7 detik, *settling time* sebesar 2,55 detik dan dengan *overshoot* sebesar 6,5 cm atau sebesar 15% dari total gangguan. Sementara pengujian tanpa gangguan didapatkan nilai pembacaan rata-rata nilai steady state sebesar 69,55 cm dengan simpangan baku sebesar $\pm 1,775$ cm. Nilai rentan yang dihasilkan dari logika fuzzy logic kestabilan yang digunakan pada pengujian ini dapat di lihat pada tabel rentan nilai konstanta ketinggian. Berikut adalah tabel nilai konstanta :

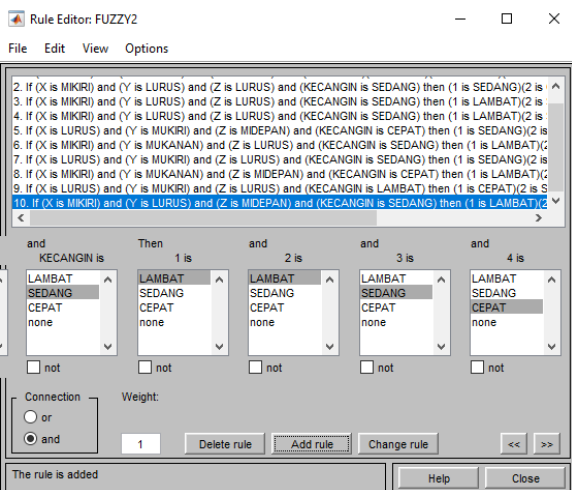
2.5.

Rancangan

Pergerakan UAV Drone

s2ga ini merupakan n drone yang di gerakkan dengan menggunakan 4

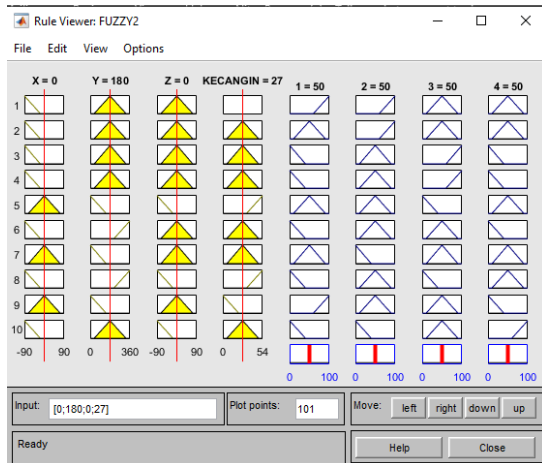
buah motor[10]. Empat motor tersebut di tempatkan pada ke empat sisinya dan saling berhadapan antar motornya. Kemudian tiap motor berputar dengan arah masing masing yang berbeda. Sepasang motor berputar searah



Konstanta	Nilai Min	Nilai tengah	Nilai Max
Kp	0,110	0,113	0,113
Ki	0,019	0,023	0,024
Kd	0,029	0,032	0,035

Tabel 2 Nilai konstanta

Hasil dari nilai konstanta *arduino* yang di hasilkan oleh logika *fuzzy* akan terlihat pada perubahan nilai konstanta yang awal gangguan hingga tidak terjadi gangguan. Kemudian hasil dari himpunan *fuzzy* yang di hitung dengan menggunakan matlab menghasilkan grafik sebagai berikut :



Gambar 9. Hasil rules fuzzy untuk himpunan untuk kestabilan

Referensi

- [1] P. A. Kusuma and A. Dharmawan, "Pengendalian Kestabilan Ketinggian pada Penerbangan Quadrotor dengan Metode PID Fuzzy," *IJEIS (Indonesian J. Electron. Instrum. Syst.*, vol. 7, no. 1, p. 61, 2017, doi: 10.22146/ijeis.15456.
- [2] N. Yanti and F. Z. Rachman, "Pengendalian Kestabilan Terbang Robot Penjelajah Udara Dengan Metode Hybrid Pid-Fuzzy Stability Control Flying the Air Conditioning Robot With Hybrid Pid-Fuzzy Method," vol. 5, no. 6, pp. 705–710, 2018, doi: 10.25126/jtiik51134.
- [3] A. S. Priambodo, A. I. Cahyadi, and S. Herdjunanto, "Perancangan Sistem Kendali PD untuk Kestabilan Terbang Melayang UAV Quadcopter," no. July 2017, pp. 117–121, 2019.
- [4] D. Pemilihan, P. Mahasiswa, and U. Tugas, "Penggunaan Metode Fuzzy Inference System (Fis) Mamdani Dalam Pemilihan Peminatan Mahasiswa Untuk Tugas Akhir," vol. 15, no. 1, pp. 10–23, 2015, doi: 10.30873/ji.v15i1.533.
- [5] Y. M. Arif *et al.*, "Implementation Of Ultrasonic Sensor And Fuzzy Logic On Safety And Control Drone System (QUADCOPTER)," vol. 8, no. 1, pp. 454–460, 2018.

4. Kesimpulan

Dari hasil metode penelitian dapat diperoleh kesimpulan untuk menstabilkan *drone quadcopter* ini adalah mengatur kecepatan motor penggerak yang di hasilkan. Dengan menggunakan *fuzzy logic mamdani* yang memiliki tingkat akurasi untuk menentukan kestabilan *drone quadcopter* dengan mengontrol kecepatan keempat motor penggerak. Nilai yang dihasilkan oleh logika *fuzzy mamdani* tersebut lebih mendekati hasil yang lebih baik dalam mengontrol kestabilan quadcopter. Kestabilan ini cenderung untuk mempertahankan posisi tertentu ketika drone ini mengalami gangguan, sehingga drone ini akan menstabilkan dengan menggunakan logika *fuzzy* tersebut.

Ucapan Terima Kasih

Saya mengucapkan terimakasih kepada poltekad yang telah menyelenggarakan publish jurnal ini dan kemudian saya mengucapkan terimakasih kepada jurusan telekomunikasi militer poltekad yang mendukung penelitian ini sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik dan berhasil.

- [6] Z. Jamal, "Implementasi Kendali Pid Penalaan Ziegler-Nichols Menggunakan Mikrokontroler," *J. Inform.*, vol. 15, no. 1, pp. 81–88, 2015, doi: 10.30873/ji.v15i1.410.
- [7] R. Maulana, F. M. Ula, and G. E. Setyawan, "Sistem Kendali Take-Off Quadcopter Ar.Drone Menggunakan Logika Fuzzy," *J. Pengemb. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput. Univ. Brawijaya*, vol. 2, no. 9, pp. 3060–3066, 2018.
- [8] S. Lins, M. Garratt, A. Lambert, and P. Li, "6DoF Motion estimation for UAV landing on a moving shipdeck using real-Time on-board vision," *Australas. Conf. Robot. Autom. ACRA*, 2015.
- [9] M. Thowil Afif and I. Ayu Putri Pratiwi, "Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik - Review," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 6, no. 2, pp. 95–99, 2015, doi: 10.21776/ub.jrm.2015.006.02.1.
- [10] A. Hendriawan, G. P. Utomo, and H. Oktavianto, "Sistem Kontrol Altitude Pada UAV Model Quadcopter Dengan Metode PID," *14th Ind. Electron. Semin. 2102 (IES 2012)*, vol. 2012, no. 1es, pp. 12–16, 2012.