

Kontrol Jelajah UAV Otomatis pada Sikap *Take Off* dan *Landing*

Dzaky Mohammad
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
dzakyy@student.telkom
university.ac.id

Erwin Susanto
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
erwinelektro@telkomuniversity.ac.id

Willy Anugrah Cahyadi
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Telkom
Bandung, Indonesia
wacze@telkomuniversity.ac.id

Abstrak—Perkembangan teknologi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) memberikan banyak manfaat dalam penggunaannya. Salah satu kegunaan UAV adalah untuk memantau area yang luas. Fungsi UAV sebagai alat pemantauan bisa digunakan pada bidang pertanian. Suatu pertanian yang memiliki lahan yang luas akan sangat sulit untuk memantau setiap lahannya secara keseluruhan. Dengan memanfaatkan UAV yang memiliki kemampuan untuk terbang dengan stabil dan dapat mengikuti lintasan yang telah ditentukan, maka tugas ini bisa dilakukan dengan lebih mudah. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini dirancang dan direalisasikan UAV dengan jenis *quadcopter* yang dapat terbang secara otomatis sesuai dengan tujuan yang telah diatur pada aplikasi *Mission Planner*. Selain itu, *quadcopter* dirancang agar mampu melakukan *take off* dan *landing* secara otomatis, sehingga akan lebih membantu dalam melakukan pekerjaan memantau lahan.

Kata kunci—UAV, *Quadcopter*, *Mission Planner*, *Take off*, *Landing*

I. PENDAHULUAN

Salah satu bidang yang membutuhkan peran teknologi adalah pertanian. Berkembangnya teknologi pada bidang ini akan membantu petani dalam melakukan pekerjaan mereka. Salah satu hal yang menjadi permasalahan pada bidang ini adalah pemantauan. Jika suatu lahan yang sangat luas hanya diawasi oleh beberapa pekerja, akan sangat sulit bagi para pekerja untuk melakukan pemantauan terhadap lahan tersebut. Oleh karena itu dibutuhkan suatu teknologi yang mampu melakukan pemantauan sesuai dengan daerah yang ingin dipantau. Salah satu teknologi yang mampu menjawab kebutuhan ini adalah UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*).

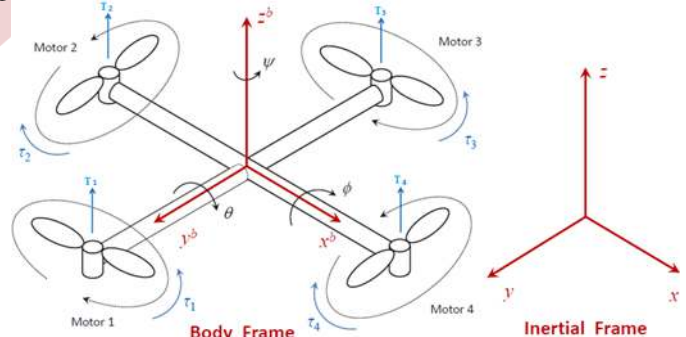
Perkembangan teknologi yang cepat menjadikan UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*) menjadi salah satu teknologi yang populer pada saat ini. Kemampuan akselerasi yang tinggi menjadikan UAV menjadi salah satu teknologi yang bisa menjadi solusi bagi banyak permasalahan. Salah satu jenis UAV yang populer adalah *quadcopter*. *Quadcopter* menggunakan empat rotor yang diarahkan ke atas dan ditempatkan dalam formasi bujur sangkar dengan jarak yang sama dari pusat massa *quadcopter* [1].

Salah satu perangkat lunak yang biasa digunakan untuk mengendalikan *quadcopter* adalah *mission planner*. Penggunaan *mission planner* dapat memungkinkan *quadcopter* bergerak secara otomatis. Salah satu yang bisa kita lakukan menggunakan *mission planner* adalah mengugaskan *quadcopter* yang kita gunakan untuk *take off* dan *landing* secara otomatis. Sehingga tugas untuk mengamati lahan bisa dilakukan secara efisien.

II. DASAR TEORI

A. *Quadcopter*

Quadcopter dapat disebut sebagai suatu jenis UAV yang memakai empat motor sebagai pendorong, yang dipasang bersilangan. Setiap motor memiliki spesifikasi baling-baling yang sama untuk membuat aliran udara menghasilkan tekanan ke bawah sehingga tercipta gaya angkat pada badan *quadcopter*. Dalam sistem *quadcopter*, hanya kecepatan motor yang dikendalikan. Sehingga lintasan yang dihasilkan sistem berdasarkan kecepatan baling-baling motor. Berdasarkan gambar 1, masing-masing motor menghasilkan gaya (F) dan torsi (τ). Setiap kecepatan motor bervariasi untuk menentukan gerakan *quadcopter* roll (ϕ), pitch (θ), atau yaw (ψ) [2].



GAMBAR 1:
Sistem *quadcopter*

B. Sensor Lidar Tf luna

Sensor lidar beroperasi dalam dua bagian, yaitu satu bagian memancarkan sinar ke permukaan dan bagian lainnya membaca pantulan dari sinar tersebut untuk mengukur waktu yang

dibutuhkan, sehingga didapatkan jarak antara permukaan dengan sensor [3]. Sensor ini menggunakan prinsip TOF (*Time of Flight*) yang pada dasarnya menggunakan waktu yang dibutuhkan sinyal cahaya untuk menempuh perjalanan untuk menentukan jarak ke suatu objek [4]. Akurasi sensor adalah 6cm saat mengukur kurang dari 3 meter dan 2 persen saat mengukur antara 3-8 meter. Artinya bila berukuran 8 meter, keakuratannya adalah 16 cm (6,3 inci). Pada sensor Lidar ini juga terdapat perbedaan waktu pada saat cahaya laser akan memancar dan saat itu juga cahaya laser pada sensor diterima oleh *Receiver 5* pada optik dan dapat dihitung oleh perangkat lunak, khususnya untuk memproses dan mengubah hasil data menjadi jarak yang telah diukur. Untuk menghitung jarak pada sensor Lidar ini menggunakan rumus sebagai berikut :

$$d = \frac{c \cdot t}{2} \tag{1}$$

Keterangan :

- d = jarak sensor dan objek yang di ukur (m)
- c = kecepatan cahaya 3×10^8 (m/s)
- t = waktu tempuh sinyal (s)



GAMBAR 2:
TF-Luna (ToF) Micro Single-point Ranging LiDAR

C. Infrared Sensor Sharp GP2Y0A02YK0F

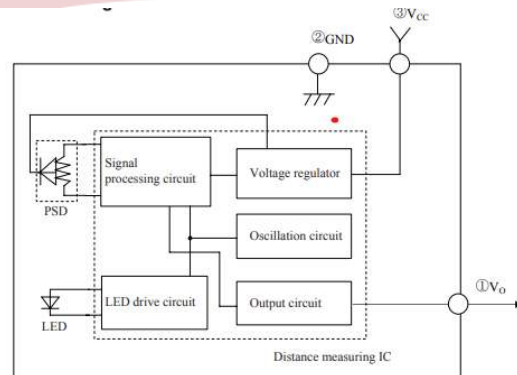
Pada umumnya sensor infrared digunakan untuk mendeteksi jarak. Sensor ini memiliki cara kerja yang sama dengan sensor lidar. Namun yang membedakan antara sensor infrared dengan sensor lidar adalah sensor infrared dipengaruhi oleh cahaya matahari, sedangkan lidar tidak dipengaruhi oleh cahaya matahari. Sensor ini biasanya digunakan untuk pekerjaan yang memerlukan pengukuran jarak yang akurat. Salah satu kelebihan dari sensor infrared dibandingkan dengan sensor lidar adalah harganya yang terjangkau, serta sensor infrared tipe *sharp* ini memiliki performa yang lebih bagus dibandingkan, alternatif sensor yang lain salah satunya sensor ultrasonic. Jarak yang dapat diukur menggunakan sensor ini tergolong dekat, yaitu 20cm sampai dengan 150cm.

Sensor Sharp IR memiliki beberapa keunggulan, yaitu mampu mengukur jarak benda yang memiliki permukaan kompleks. Sensor infra merah tidak menghitung waktu pancaran gelombang, melainkan menghitung di mana sinar infra merah yang dikembalikan diterima oleh rangkaian *photo transistor*. Semakin jauh jaraknya, semakin ke kanan sinar infra merah

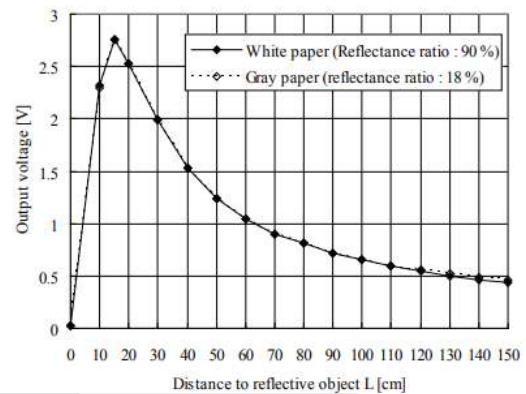


GAMBAR 3:
Sharp IR GP2Y0A02YK0F

diterima di rangkaian photo transistor dan semakin kecil tegangan keluarannya. Hasil dari ini Output akan diterima oleh ADC terlebih dahulu sebelum diambil oleh ADC mikrokontroler. Jika benda bergerak menjauh, cahaya akan diterima lebih jauh ke kanan dan tegangan output akan menurun [5].



GAMBAR 4:
Blok Diagram Sensor Sharp IR



GAMBAR 5:

Grafik perbandingan antara jarak dengan tegangan pada Sensor Sharp IR

D. Arduino Uno

Arduino uno merupakan salah satu mikrokontroler yang banyak digunakan untuk membangun sebuah sistem. Menggunakan ATmega328, arduino uno memiliki 14 ma-

sukan/keluaran digital. Enam di antaranya dapat digunakan sebagai keluaran PWM, 6 analog masukan, 16MHz osilator kristal, koneksi USB, header ICSP, dan tombol reset. Perangkat lunak yang digunakan juga memiliki akses yang terbuka dan luas sehingga memudahkan kita apabila baru pertama kali menggunakan mikrokontroler ini [6].



GAMBAR 6:
Arduino Uno

E. Bluetooth Module HC-05

Modul Bluetooth adalah perangkat yang digunakan untuk komunikasi nirkabel jarak pendek dengan setiap perangkat yang terhubung. Modul ini menggunakan protokol port serial untuk komunikasi nirkabel dan hadir dalam dua konfigurasi, *master* dan *slave*. Dalam mode *master*, modul dapat mencari perangkat lain untuk disambungkan ke perangkat lain. Namun, dalam mode *slave*, modul itu sendiri tidak dapat terhubung ke perangkat. Dengan kata lain, *master* atas perangkat mengontrol perangkat lain dan dalam mode budak dikendalikan oleh perangkat lain. Modul ini dapat menghubungkan perangkat dalam jarak 10 meter melalui Bluetooth. Dapat beroperasi pada pita frekuensi 2.4GHz. Modul Bluetooth beroperasi pada tegangan mulai dari 3,3 volt hingga 5 volt dan memiliki total 6 pin.

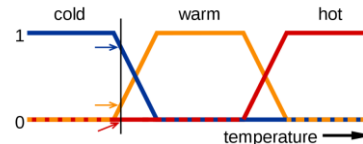


GAMBAR 7:
Bluetooth Module HC-05

F. Fuzzy Logic

Fuzzy Logic adalah suatu metode yang digunakan untuk mengatasi hal yang tidak pasti dalam suatu masalah yang memiliki banyak jawaban. Pada dasarnya *fuzzy logic* memiliki nilai yang banyak, yang mampu mendefinisikan nilai di antara keadaan yang konvensional seperti benar atau salah, ya atau tidak, dan hitam atau putih. Jika kita menggunakan *fuzzy logic* dalam menyelesaikan suatu masalah maka kita dapat mengetahui kesimpulan dari suatu informasi yang samar-samar [7]. Proses dari *fuzzy logic* dilakukan dalam tiga tahapan, yaitu fuzzifikasi, aturan dasar, dan defuzzifikasi.

Pada penelitian ini menggunakan metode *fuzzy mamdani*. Metode Fuzzy Mamdani merupakan salah satu bagian dari Fuzzy Inference System yang berguna untuk penarikan kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti. Kelebihan pada Metode Fuzzy Mamdani adalah lebih spesifik, artinya dalam prosesnya Metode Fuzzy Mamdani lebih memperhatikan kondisi yang akan terjadi untuk setiap daerah fuzzynya, sehingga menghasilkan hasil keputusan yang lebih akurat. Metode Fuzzy Mamdani dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu pembentukan himpunan fuzzy, aplikasi fungsi implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi [8].

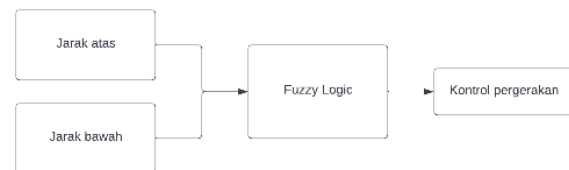


GAMBAR 8:
Contoh fuzzy logic

III. PERANCANGAN SISTEM

A. Desain Sistem

Pada penelitian ini dirancang sebuah *quadcopter* yang memiliki sistem *take off* dan *landing* secara otomatis, serta sistem *obstacle avoidance*. Pada sistem *take off* dan *landing* digunakan sensor lidar untuk mendeteksi jarak *quadcopter* dari permukaan tanah, pada sistem *obstacle avoidance* digunakan sensor sharp IR untuk mendeteksi jarak *quadcopter* dengan halangan yang ada di atas *quadcopter*.



GAMBAR 9:
Diagram blok

Proses yang terjadi pada diagram blok di atas adalah:

- a) Masukan jarak terbagi menjadi dua yaitu jarak atas dan jarak bawah.
- b) Jarak bawah didapatkan melalui sensor lidar, sedangkan untuk jarak atas menggunakan sensor sharp IR.
- c) Setelah didapatkan hasil pengukuran jarak bawah menggunakan sensor lidar, dan jarak atas menggunakan sensor sharp IR, data tersebut dikirim ke arduino yang akan diproses dengan metode *fuzzy logic*.
- d) Ada batas yang diberikan untuk mengaktifkan *fuzzy logic* agar memproses data dan mengirimkannya ke *flight controller*.

- e) *Flight controller* bisa mengontrol pergerakan sesuai dengan hasil dari *fuzzy logic*.
- f) Keluaran dari sistem ini adalah kontrol pergerakan.

B. Fungsi dan Fitur

Fungsi dan fitur pada tugas akhir ini adalah:

a) Sensor Lidar

Sensor ini digunakan untuk mengetahui jarak atau ketinggian yang nantinya akan menjadi masukan *fuzzy logic*.

b) Sensor Sharp IR

Sensor ini digunakan untuk mengetahui jarak antara halangan dan quadcopter.

c) Arduino uno

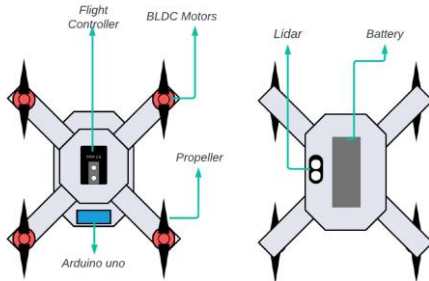
Mikrokontroler ini digunakan untuk mengambil data dari sensor dan memproses *fuzzy logic*.

d) *Flight Controller*

Flight controller digunakan sebagai otak dari *quadcopter* agar bisa dikontrol menggunakan remot.

C. Desain Perangkat Keras

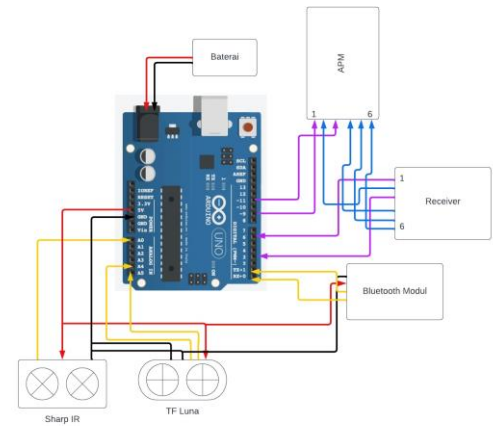
Pada desain perangkat keras *quadcopter* ini akan menghubungkan seluruh sistem yang telah disebutkan di atas. Berikut skema desain perangkat keras pada perancangan *Quadcopter*.



GAMBAR 10: Skema Desain Perangkat Keras *Quadcopter*

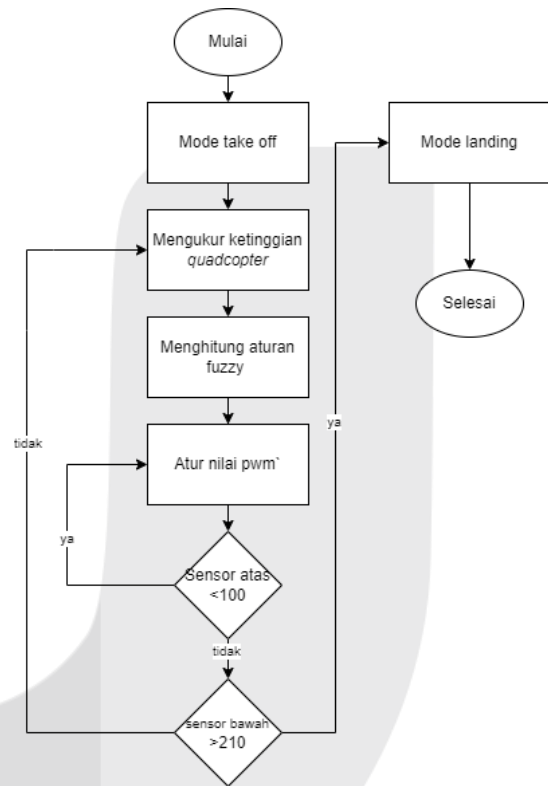
Gambar 10 merupakan desain dari *quadcopter* yang dapat melakukan *take off* dan *landing* secara otomatis menggunakan sensor lidar. Serta bisa melakukan *obstacle avoiding* dengan bantuan dari sensor sharp IR, yang keduanya disambungkan ke mikrokontroler.

Pada Gambar 11 *channel 1 (roll)* dan *channel 3 (throttle)* yang ada pada *receiver* disambungkan ke mikrokontroler untuk mengirimkan sinyal. Jika ketinggian *take off* yang diinginkan belum tercapai maka mikrokontroler akan mengirimkan sinyal ke *channel 3 APM 2.8* untuk menambah kecepatan motor. Sedangkan jika sensor sharp IR mendeteksi ada halangan maka mikrokontroler mengirimkan sinyal ke *channel 1 APM 2.8* untuk mengubah posisi *quadcopter*.



GAMBAR 11: Rangkaian antara mikrokontroler, sensor, receiver, dan flight controller

D. Desain Perangkat Lunak



GAMBAR 12: Diagram alir sistem

Pada diagram alir yang ditunjukkan oleh Gambar 12, algoritma dari sistem akan mempunyai proses seperti:

- a) *Quadcopter* akan langsung menjalankan mode *take off*.
- b) Sensor akan mengukur ketinggian dari *quadcopter*.
- c) Hasil pengukuran akan diproses menggunakan metode fuzzy.
- d) Nilai PWM akan berubah sesuai hasil dari fuzzifikasi dan mengirimkan nilai pwm baru ke *flight controller*.

- e) Jika sensor atas mendeteksi adanya halangan di atas *quadcopter* maka akan diatur nilai pwm sesuai dengan yang telah ditentukan.
- f) Jika sensor bawah mendeteksi ketinggian sudah lebih dari 210cm, maka *quadcopter* akan masuk ke mode *landing*.

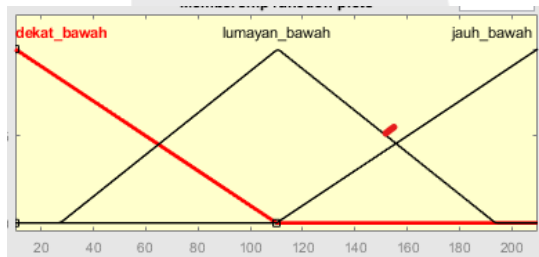
E. Fungsi Keanggotaan

Dalam sistem *take off* dan *landing quadcopter* yang menggunakan kontrol logika fuzzy, fungsi keanggotaan dibuat menggunakan 2 sensor dengan fungsi yang berbeda. Karena banyaknya variabel yang digunakan, maka dibutuhkan penamaan untuk memperjelas sistem kontrol yang dirancang, berikut penamaan yang diberikan pada penelitian ini.

Tabel I:
Penamaan Masukan

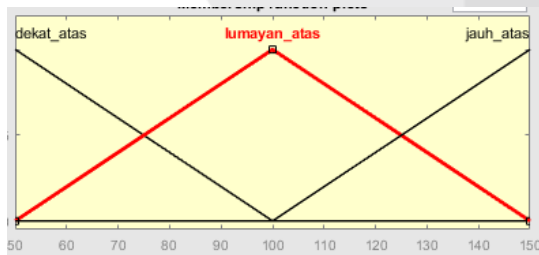
Sensor	Jarak (cm)	Penamaan		
		dekat bawah	lumayan bawah	jauh bawah
Lidar	[10 110 210]	dekat bawah	lumayan bawah	jauh bawah
Sharp IR	[50 100 150]	dekat atas	lumayan atas	jauh atas

1) *Fungsi Keanggotaan Sensor Bawah:* Pada fungsi keanggotaan sensor bawah ditetapkan jarak dari 10 cm sampai dengan 210 cm. fungsi keanggotaan ini diberi nama dekat bawah, lumayan bawah, jauh bawah. Parameter untuk dekat bawah bernilai [10 10 110]. Parameter untuk lumayan bawah bernilai [10 110 210]. Parameter untuk jauh bawah bernilai [110 210 210].



GAMBAR 13:
Fungsi keanggotaan sensor bawah

2) *Fungsi Keanggotaan Sensor Atas:* Pada fungsi keanggotaan sensor atas ditetapkan jarak dari 50 cm sampai dengan 150 cm. fungsi keanggotaan ini diberi nama dekat atas, lumayan atas, jauh atas. Parameter untuk dekat atas bernilai [50 50 100]. Parameter untuk lumayan atas bernilai [50 100 150]. Parameter untuk jauh atas bernilai [100 150 150].



GAMBAR 14:
Fungsi keanggotaan sensor atas

F. Hasil Fungsi Keanggotaan

Pada sistem kontrol fuzzy logic pada penelitian ini, mempunyai nilai PWM masing masing dari saluran 1 dan saluran

3. Untuk saluran 1 digunakan nilai PWM dari 1500 sampai dengan 1000. Sedangkan untuk saluran 3 digunakan nilai PWM dari 1000 sampai dengan 2000, tetapi dibagi menjadi dua bagian, yaitu turun dan naik. masing masing memiliki rentang mulai dari 1600 sampai 2000, dan 1000 sampai dengan 1500.

TABEL II:
Keluaran PWM

nilai PWM	Naik
[1800 1600 1600]	Lambat Naik
[2000 1800 1600]	Sedang Naik
[2000 2000 1800]	Cepat Naik

nilai PWM	Turun
[1250 1000 1000]	Lambat Turun
[1500 1250 1000]	Sedang Turun
[1500 1500 1250]	Cepat Turun

nilai PWM	Geser
[1250 1000 1000]	Lambat Geser
[1500 1250 1000]	Sedang Geser
[1500 1500 1250]	Cepat Geser

G. Dasar Aturan Fuzzy

Setelah mengatur fungsi keanggotaan dari kedua sensor, dan 3 arah sebagai keluaran, aturan fuzzy akan ditentukan sebagai kemungkinan yang mungkin akan terjadi pada sensor dan motor, yang nantinya akan menjadi penentu hasil keluaran.

TABEL III:
Tabel hasil keluaran *take off*

aturan	input sensor		output sensor	
	atas	bawah	atas	bawah
1	dekat	-	cepat	-
2	lumayan	-	sedang	-
3	jauh	-	lambat	-
4	-	dekat	-	cepat
5	-	lumayan	-	sedang
6	-	jauh	-	lambat
7	dekat	dekat	cepat	cepat
8	dekat	lumayan	cepat	sedang
9	dekat	jauh	cepat	lambat
10	lumayan	dekat	sedang	cepat
11	lumayan	lumayan	sedang	sedang
12	lumayan	jauh	sedang	lambat
13	jauh	dekat	lambat	cepat
14	jauh	lumayan	lambat	sedang
15	jauh	jauh	lambat	lambat

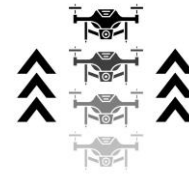
IV. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pada penelitian ini dilakukan pengujian dua sensor yaitu sensor lidar dan sensor sharp IR. Kedua sensor ini dilakukan pembacaan jarak jauh dan pengujian seluruh sistem. Percobaan pertama dilakukan untuk menentukan jarak baca efektif dari kedua sensor yang digunakan. Percobaan kedua dilakukan pengujian secara keseluruhan apakah *quadcopter* yang dirancang mampu melakukan umpan balik. masing masing jarak yang diuji pada sensor dibedakan berdasarkan kebutuhan, untuk lidar sensor akan diuji mulai dari 10 cm sampai dengan 220cm.

TABEL IV:
Tabel hasil keluaran landing

aturan	input sensor		output sensor	
	atas	bawah	atas	bawah
1	dekat	-	cepat	-
2	lumayan	-	sedang	-
3	jauh	-	lambat	-
4	-	dekat	-	lambat
5	-	lumayan	-	sedang
6	-	jauh	-	cepat
7	dekat	dekat	cepat	lambat
8	dekat	lumayan	cepat	sedang
9	dekat	jauh	cepat	cepat
10	lumayan	dekat	sedang	lambat
11	lumayan	lumayan	sedang	sedang
12	lumayan	jauh	sedang	cepat
13	jauh	dekat	lambat	lambat
14	jauh	lumayan	lambat	sedang
15	jauh	jauh	lambat	cepat

sistem fuzzy yang telah dibuat pada arduino. Pergerakan yang akan dilakukan oleh *quadcopter* yaitu naik, turun, dan bergeser. Agar ketiga pergerakan itu bisa dilakukan harus digunakan nilai PWM yang benar agar *quadcopter* dapat bergerak sesuai yang diinginkan.



GAMBAR 15:
Pergerakan drone ketika mode take off

Sedangkan untuk sensor sharp IR akan dilakukan mulai dari 30cm sampai dengan 150 cm.

A. Pengujian Jarak Sensor Lidar

Pada hasil percobaan Tabel V setelah seluruh data didapatkan dan dijumlahkan, maka didapatkan nilai akurasi sensor lidar sebesar 98.04%.

Pada Gambar 15 adalah contoh pergerakan apabila *throttle channel* memiliki jangkauan nilai PWM mulai dari 1600 - 2000.

Tabel V: Tabel Percobaan Sensor Lidar

Jarak sensor ke halangan (cm)			
pengukur jarak	Lidar	perbedaan jarak	akurasi
10	10	0	100%
30	30	0	100%
50	48	2	96%
70	71	1	98.5%
90	93	3	96%
110	105	5	95%
130	130	0	100%
150	151	1	99.3%
170	167	3	98.2%
190	183	7	96.3%
210	213	3	98.5%
230	233	3	98.7%



GAMBAR 16:
Pergerakan drone ketika mode landing

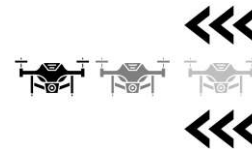
Pada Gambar 16 adalah contoh pergerakan apabila *throttle channel* memiliki jangkauan nilai PWM mulai dari 1500 - 1000.

B. Percobaan Jarak Sensor Sharp IR

Pada hasil percobaan tabel VI setelah seluruh data didapatkan dan dijumlahkan, maka didapatkan nilai akurasi sensor sharp IR sebesar 94.78%.

TABEL VI:
Tabel Percobaan Sensor Sharp IR

Jarak sensor ke halangan (cm)			
pengukur jarak	Sharp IR	perbedaan jarak	akurasi
30	30	0	100%
60	55	5	91.6
90	83	7	92.2
120	113	7	94.1
150	144	6	0.96



GAMBAR 17:
Pergerakan drone ketika melakukan roll

Pada Gambar 17 adalah contoh pergerakan menghindar ke kiri apabila *roll channel* memiliki jangkauan nilai PWM mulai dari 1500 - 1000.

C. Percobaan Sistem Fuzzy Logic

Pada percobaan kedua akan dilakukan percobaan sistem dari *fuzzy logic*. percobaan akan dilakukan dengan cara melakukan mode take off dan landing pada *quadcopter* berdasarkan

D. Percobaan Fuzzy Logic sensor lidar pada mode take off

Pada percobaan pertama *quadcopter* akan menjalankan mode take off. Ketika *quadcopter* sedang melakukan mode take off.



GAMBAR 18:

Posisi *quadcopter* (a) sebelum *take off*, (b) naik untuk mencapai ketinggian yang diinginkan, dan (c) mencapaiketinggian yang diinginkan

E. Percobaan Fuzzy Logic sensor lidar pada mode landing

Setelah *quadcopter* menjalankan mode *take off* dan mencapai ketinggian yang diinginkan, maka secara otomatis *quadcopter* akan menjalankan mode *landing*. Ketika *quadcopter* melakukan mode *take off* dan *landing* maka diambil salah satu nilai dari sistem fuzzy yang telah dijalankan pada mikrokontroler berdasarkan jarak yang didapat oleh sensor lidar.



GAMBAR 19:

Posisi *quadcopter* (a) mulai turun ketika melakukan mode *landing* dan (b) ketika sudah selesai melakukan mode *landing*

Ketika *quadcopter* melakukan mode *take off* dan *landing* maka diambil salah satu nilai dari sistem fuzzy yang telah dijalankan pada mikrokontroler berdasarkan jarak yang didapat oleh sensor lidar.

```
pwm naik: 1801.81      97.00
jarak bawah: 97.00    jarak atas: dekat atas: 0.13    lumayan atas: 0.87    jauh atas: 0.00
Lambat naik: 0.00     Sedang naik: 0.99     Cepat naik: 0.01
```

GAMBAR 20:

hasil perhitungan fuzzy sistem ketika *quadcopter* sedang *take off*

TABEL VII:

Hasil fuzzy ketika *take off*

Jarak (cm)	Keterangan Jarak	Nilai PWM	Keterangan nilai PWM
97	lumayan	1801.81	Sedang

```
pwm turun: 1218.9766.00
-----Landing-----jarak bawah: 66.00    dekat bawah: 0.44    lumayan bawah: 0.56    jauh bawah: 1.00
Lambat turun: 0.00    Sedang turun: 0.88    Cepat turun: 0.12
```

GAMBAR 21:

Hasil perhitungan fuzzy sistem ketika *quadcopter* akan melakukan *landing*

TABEL VIII:

Hasil fuzzy ketika *landing*

Jarak (cm)	Keterangan Jarak	Nilai PWM	Keterangan nilai PWM
66	Dekat	1218.97	Sedang

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Sebuah *quadcopter* yang dapat melakukan *take off* dan *landing* secara otomatis berhasil direalisasikan menggunakan metode *fuzzy logic* dan ditambah sensor sharp IR untuk menghindari halangan yang ada di atas *quadcopter*. Berdasarkan hasil yang didapatkan kedua sensor yang digunakan memiliki akurasi yang cukup tinggi pada pemakaiannya 94.78 untuk sensor sharp IR dan 98.04 persen untuk sensor lidar. Berdasarkan pengujian yang dilakukan *quadcopter* bergeser sesuai dengan mode yang diinginkan dan bergeser sesuai dengan arah yang diinginkan berdasarkan metode fuzzy yang digunakan.

B. Saran

Saran yang bisa diberikan agar penelitian ini dapat dikembangkan adalah sebagai berikut: Jika ingin *quadcopter* bergeser berdasarkan metode fuzzy yang diinginkan, butuh sensor tambahan agar metode fuzzy yang digunakan bekerja secara maksimal. Tambahkan satu sistem kontrol agar *quadcopter* dapat terbang lebih stabil.

REFERENSI

- [1] T. Luukkonen, "Modelling and control of quadcopter," *Independent research project in applied mathematics, Espoo*, vol. 22, p. 22, 2011.
- [2] M. Z. Mustapa, "Altitude controller design for quadcopter uav," *Jurnal Teknologi*, vol. 74, no. 1, 2015.
- [3] J. N. Yasin, S. A. Mohamed, M.-H. Haghbayan, J. Heikkonen, H. Tenhunen, and J. Plosila, "Unmanned aerial vehicles (uavs): Collision avoidance systems and approaches," *IEEE access*, vol. 8, pp. 105 139–105 155, 2020.
- [4] M. Rausch and G. Feher, "Stationary lidar sensors for indoor quadcopter localization," in *2020 IEEE SENSORS*. IEEE, 2020, pp. 1–4.
- [5] M. Y. F. HANTORO, "Aplikasi sensor jarak pada robot tiang infus pengikut pasien," Ph.D. dissertation, POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA, 2017.
- [6] D. Bawa and C. Patil, "Fuzzy control based solar tracker using arduino uno," *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, vol. 2, no. 12, pp. 179–187, 2013.
- [7] M. Talha, F. Asghar, A. Rohan, M. Rabah, and S. H. Kim, "Fuzzy logic-based robust and autonomous safe landing for uav quadcopter," *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 44, no. 3, pp. 2627–2639, 2019.
- [8] S. Bova, P. Codara, D. Maccari, and V. Marra, "A logical analysis of mamdani-type fuzzy inference. i theoretical bases," in *International Conference on Fuzzy Systems*. IEEE, 2010, pp. 1–8.