

**IMPLEMENTASI METODE *FUZZY MAMDANI* DALAM MENENTUKAN  
GERAK *QUADCOPTER* UNTUK MENGHINDARI *OBSTACLE***

**SKRIPSI**

Oleh :  
**FAJRUL IQBAL MUBAROK**  
**NIM. 14650065**



**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2018**

**IMPLEMENTASI METODE *FUZZY MAMDANI* DALAM MENENTUKAN  
GERAK *QUADCOPTER* UNTUK MENGHINDARI *OBSTACLE***

**SKRIPSI**

**Diajukan kepada:  
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang  
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam  
Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)**

**Oleh :  
FAJRUL IQBAL MUBAROK  
NIM. 14650065**

**JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM  
MALANG  
2018**

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**IMPLEMENTASI METODE *FUZZY MAMDANI* DALAM MENENTUKAN GERAK *QUADCOPTER* UNTUK MENGHINDARI *OBSTACLE***

**SKRIPSI**

Oleh :

**FAJRUL IQBAL MUBAROK  
NIM. 14650065**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji

Tanggal : 16 Mei 2018

Pembimbing I

Pembimbing II

Yunifa Miftachul Arif, M.T  
NIP. 19830616 2001101 1 004

Khadijah F.H. Holle, M.Kom  
NIDT. 19900626 20160801 2 077

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



Dr. Cahyo Crysdian

NIP. 19740424 200901 1 008

HALAMAN PENGESAHAN

**IMPLEMENTASI METODE *FUZZY MAMDANI* DALAM MENENTUKAN GERAK *QUADCOPTER* UNTUK MENGHINDARI *OBSTACLE***

SKRIPSI

Oleh :

**FAJRUL IQBAL MUBAROK**  
NIM. 14650065

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer (S.Kom)  
Tanggal : 31 Mei 2018

Susunan Dewan Penguji

Tanda Tangan

Penguji Utama	:	<u>Dr. M. Faisal, M.T</u> NIP. 1974501 200501 1 007
Ketua Penguji	:	<u>Hani Nurhavati, M.T</u> NIP. 19780625 200801 2 006
Sekretaris Penguji	:	<u>Yunifa Miftachul Arif, M.T</u> NIP. 19830616 2001101 1 004
Anggota Penguji	:	<u>Khadijah F.H. Holle, M.Kom</u> NIDT. 19900626 20160801 2 007

()  
()  
()  
()

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Informatika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang



  
Cahyo Crysdian  
NIP. 19740424 200901 1 008

**HALAMAN MOTTO**

الْوَقْتُ أَثْمَنُ مِنَ الذَّهَبِ

*Al-Waktu Atsmanu Minadz Dzahabi*

“Time is more expensive than gold”

“Waktu itu lebih mahal dari Emas”



## HALAMAN PERSEMBAHAN

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

**Puji syukur kehadiran Allah, shalawat dan salam bagi Rasul-Nya**

**Saya persembahkan sebuah karya ini kepada:**

Kedua orang tua yang amat sangat saya cintai, Bapak Drs. Moh. Badrudin, M.Pd.I dan Ibu Parmi, M.Pd.I

Dosen pembimbing saya Bapak Yunifa Miftachul Arif, M.T dan Ibu Khadijah F.H. Holle, M.Kom, seluruh dosen Teknik Informatika UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, serta seluruh guru-guruku yang telah membimbing dan memberikan ilmu kepada saya.

Saya ucapkan terimakasih yang luar biasa. Semoga ukhwah kita tetap terjaga dan selalu diridhoi Allah SWT. Allahumma Aamiin.

## PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Fajrul Iqbal Mubarak

Nim : 14650065

Fakultas / Jurusan : Sains dan Teknologi / Teknik Informatika

Judul Skripsi : **IMPLEMENTASI METODE *FUZZY MAMDANI*  
DALAM MENENTUKAN GERAK *QUADCOPTER*  
UNTUK MENGHINDARI *OBSTACLE***

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Skripsi yang saya tulis ini benar – benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan Skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 16 Mei 2018

Yang membuat pernyataan



Fajrul Iqbal Mubarak  
NIM. 14650065

## KATA PENGANTAR

*Assalamualaikum Wr. Wb.*

*Alhamdulillahirobbilalamin*, segala puji bagi Allah SWT tuhan semesta alam. Segala kebaikan rahmat dan hidayat-Nya semoga tetap mengalir deras kepada kita semua. Shalawat serta salam atas junjungan nabi akhir zaman kita, nabi Muhammad SAW yang telah memberikan jalan terang bagi kita dari zaman yang biadab menuju zaman yang beradab.

Banyak pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam pengerjaan skripsi, baik itu bantuan dukungan moril maupun bantuan asupan materil. Atas segala bantuan-bantuan yang telah diberikan, penulis mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada:

1. Ayah dan ibuku tercinta, yang selalu memberikan dukungan yang tak terhingga, dan doa yang selalu senantiasa menyertai setiap langkah penulis.
2. Bapak Yunifa Miftachul Arif, M.T selaku dosen pembimbing utama saya yang telah sudi membimbing saya, mendidik saya, dan memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat bagi saya selama mengerjakan skripsi ini.
3. Ibu Khadijah F. Holle, M. Kom selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun demi terselesaikannya penelitian skripsi ini yang lebih baik.
4. Ketua jurusan, bapak Dr. Cahyo Crysdiyan dan seluruh jajaran dosen/pengajar jurusan Teknik Informatika UIN MALIKI Malang yang telah memberikan ilmu-ilmu baik itu seputar bidang keilmuan komputer, maupun bidang keilmuan lain yang bermanfaat.

5. Teman-teman Teknik informatika saya banggakan.

Seperti halnya manusia biasa, penulis pun tak akan luput dari segala kesalahan baik itu disengaja maupun tidak, baik itu kesalahan kecil maupun besar dalam penulisan skripsi ini. Maka dari itu, secara terbuka penulis sangat menerima kritik dan saran yang membangun dari pembaca sekalian. Semoga kekurangan yang saya miliki dapat disempurnakan oleh peneliti-peneliti selanjutnya serta semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua, *Amiin*.

*Wassalamualaikum Wr. Wb.*

Malang, 16 Mei 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGAJUAN.....	i
LEMBAR PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO .....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN .....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
ABSTRAK .....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
ملخص البحث.....	xv
BAB I.....	1
PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Batasan Masalah.....	4
1.5. Manfaat Penelitian.....	5
1.6. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1. Penelitian Terkait .....	7
2.2. Landasan Teori .....	13
2.2.1. Quadcopter .....	13
2.2.2. Arduino .....	17
2.2.3. Sensor Ultrasonik .....	19
2.2.4. Logika <i>Fuzzy</i> .....	21
BAB III .....	31
METODOLOGI PENELITIAN.....	31
3.1. Prosedur Penelitian.....	31
3.2. Analisis dan Perancangan Sistem.....	32

3.2.1.	Perangkat Lunak.....	32
3.2.2.	Komponen Elektronik .....	33
3.2.3.	Komponen Mekanik.....	33
3.3.	Desain Sistem .....	34
3.3.1.	Diagram Blok .....	34
3.3.2.	Alur Sistem Otomasi dan Proses <i>Fuzzy</i> .....	35
3.3.3.	Proses Pengolahan <i>Fuzzy</i> Mamdani .....	36
3.4.	Implementasi Metode <i>Fuzzy</i> Mamdani .....	38
3.4.1.	Pembentukan Himpunan <i>Fuzzy</i> .....	38
3.4.2.	Aplikasi Fungsi Implikasi .....	43
3.4.3.	Komposisi Aturan .....	49
3.4.4.	Defuzzifikasi .....	50
3.4.5.	Penentuan Arah Gerak .....	50
3.5.	Pengujian Sistem Aplikasi.....	51
BAB IV .....		51
HASIL DAN PEMBAHASAN.....		51
4.1.	Implementasi Hardware .....	51
4.2.	<i>Setting</i> .....	52
4.3.	Pengujian <i>Hardware</i> .....	53
4.4.	Pengujian Sensor .....	56
4.5.	Pengujian <i>System</i> .....	62
4.5.1.	Pengujian Sebelum Terbang .....	62
4.5.2.	Pengujian Terbang .....	68
4.6.	Integrasi Islam .....	71
BAB V.....		74
PENUTUP.....		74
5.1.	Kesimpulan.....	74
5.2.	Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA .....		75

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Tarot ZXY -M.....	14
<b>Gambar 2.2</b> Brushless Motor.....	15
<b>Gambar 2.3</b> Electric Speed Control (ESC).....	16
<b>Gambar 2.4</b> Remote Radiolink AT9.....	16
<b>Gambar 2.5</b> Baterai Li-Po.....	17
<b>Gambar 2.6</b> Arduino Uno .....	19
<b>Gambar 2.7</b> Sensor Ultrasonik SRF04 .....	21
<b>Gambar 2.8</b> Representasi Linier Naik .....	22
<b>Gambar 2.9</b> Representasi Linier Naik .....	23
<b>Gambar 2.10</b> Kurva Segitiga .....	24
<b>Gambar 2.11</b> Kurva Trapesium .....	24
<b>Gambar 2.12</b> Karakteristik fungsi kurva-S.....	25
<b>Gambar 2.13</b> Karakteristik fungsional kurva PI.....	26
<b>Gambar 2.14</b> Karakteristik fungsional kurva beta.....	27
<b>Gambar 2.15</b> Karakteristik fungsional kurva Gauss.....	28
<b>Gambar 3.1</b> Alur Penelitian .....	32
<b>Gambar 3.2</b> Diagram Blok.....	34
<b>Gambar 3.3</b> Diagram Alur Sistem Otomasi.....	35
<b>Gambar 3.4</b> Proses Fuzzy .....	37
<b>Gambar 3.5</b> Derajat keanggotaan sensor kanan.....	38
<b>Gambar 3.6</b> Derajat keanggotaan sensor tengah .....	40
<b>Gambar 3.7</b> Derajat keanggotaan sensor kiri.....	41
<b>Gambar 4.1</b> Implementasi Komponen Sistem Otomasi .....	51
<b>Gambar 4.2</b> Hasil Kalibrasi Remote dengan Quadcopter.....	52
<b>Gambar 4.3</b> Pengaturan Channel Kontrol.....	53
<b>Gambar 4.4</b> Blok Desain Rangkaian .....	54
<b>Gambar 4.5</b> Hasil Perakitan Komponen .....	54
<b>Gambar 4.6</b> Pengujian Terbang .....	55
<b>Gambar 4.7</b> Quadcopter Dengan Sensor Ultrasonik .....	56
<b>Gambar 4.8</b> Contoh Pengukuran Sensor Manual .....	57
<b>Gambar 4.9</b> Hasil uji sensor sebelum dipasang 50 cm.....	59
<b>Gambar 4.10</b> Gambar Hasil Uji Sensor Kanan Tengah Kiri .....	61
<b>Gambar 4.11</b> Cara Membandingkan Jarak Sensor dengan Jarak Manual .....	62
<b>Gambar 4.12</b> Monitor Arah Gerak Quadcopter.....	64
<b>Gambar 4.13</b> Monitor Serial Nilai Sensor dan Output dari Fuzzy Mamdani.....	65
<b>Gambar 4.14</b> Monitor dan sensor mendeteksi hasil Maju Pelan .....	66
<b>Gambar 4.15</b> Pengujian Sebelum Terbang .....	68
<b>Gambar 4.16</b> Pengujian Pada Saat Terbang .....	69

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 3.1</b> Derajat keanggotaan sensor kanan .....	39
<b>Tabel 3.2</b> Derajat keanggotaan sensor tengah .....	40
<b>Tabel 3.3</b> Derajat keanggotaan sensor kiri .....	41
<b>Tabel 3.4</b> Penentuan Arah .....	42
<b>Tabel 4.1</b> Perbandingan pengukuran sensor dengan manual sebelum dipasang..	58
<b>Tabel 4.2</b> Perbandingan pengukuran sensor dengan manual sesudah dipasang...	60
<b>Tabel 4.3</b> Hasil Pengujian Sebelum Terbang .....	67
<b>Tabel 4.4</b> Hasil Pengujian Terbang .....	69



## ABSTRAK

Mubarok, Fajrul Iqbal. 2018. **Implementasi Metode *Fuzzy Mamdani* dalam Menentukan Gerak *Quadcopter* untuk Menghindari *Obstacle***. Skripsi. Jurusan Teknik Informatika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Pembimbing: (I) Yunifa Miftachul Arif, M.T. (II) Khadijah F. Holle, M. Kom.

---

**Kata Kunci :** Quadcopter, Fuzzy Mamdani, Sensor Ultrasonik, Arduino

*Quadcopter* merupakan salah satu jenis pesawat tanpa awak UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) yang memiliki empat rotor yang berfungsi sebagai pengangkat serta penggerak. *Quadcopter* pada umumnya belum memiliki sistem keamanan yang secara otomatis bisa menghindar dari sebuah halangan yang berada di depannya. Maka dari itu *quadcopter* membutuhkan suatu sistem penerbangan yang stabil dan aman.

*Quadcopter* menerima masukan dari remote control untuk dikendalikan, setelah *quadcopter* bisa dikendalikan dengan baik, ditambahkan sensor Ultrasonik yang berfungsi sebagai pendeteksi sebuah halangan yang didepannya. Sensor ultrasonik digunakan sebagai masukan dari sebuah algoritma *fuzzy mamdani* yang diproses pada Arduino untuk menentukan arah gerak dari *quadcopter*.

Dari hasil percobaan bahwa *Quadcopter* dapat memenuhi tujuan untuk menghindar sebuah halangan. Dari hasil uji coba akurasi sensor *ultrasonik* jarak yang bisa di deteksi sensor rentang mulai dari 0 hingga 294 cm. Sedangkan dari total 25 kali percobaan terbang, 21 kali berhasil dan 4 kali gagal sehingga mendapatkan nilai akurasi sebesar 84 %.

## ABSTRACT

Mubarok, Fajrul Iqbal. 2018. **Implementation of Fuzzy Mamdani Method in Determining Quadcopter Movement to Avoid Obstacles**. Minithesis. Department of Informatics Engineering, Faculty of Science and Technology, Maulana Malik Ibrahim State Islamic University of Malang.  
Counselor: (I) Yunifa Miftachul Arif, M.T. (II) Khadija F. Holle, M. Kom.

---

**Keyword :** Quadcopter, Mamdani Fuzzy, Ultrasonic Sensor, Arduino

Quadcopter is one kind of aerial vehicle that fly without crew or UAV (Unmanned Aerial Vehicle), that has four rotors that function as lifter and propulsion. Quadcopter in general do not have a security system that can automatically avoid an obstacle front of it. Therefore the quadcopter requires a stable and secure flight system.

Quadcopter receives an input from the remote control to be controlled, after the quadcopter is able to be controlled properly, with the Ultrasonic sensor in the quadcopter that function as a detector of an obstacle in front of it. The ultrasonic sensors are used as the inputs of a fuzzy mamdani algorithm that processed on the Arduino to decide the movement direction of the quadcopter.

The results of our experiment is the Quadcopter can meet the demand to avoid an obstacles. From the results of ultrasonic sensor accuracy test, the distance that can be detected with the censors is in range from 0 to 294 cm. Whereas othe total of 25 times flight experiments, 21 times successfully and 4 times fails. With that result, the value accuracy is 84%.

## ملخص البحث

مبارك، فجر الإقبال. 2018. استخدام منهج "Fuzzy Mamdani" في إثبات حركات "Quadcopter" لاجتتاب "Obstacle". البحث الجامعي. قسم تقنية المعلومات، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية بمالانج.

المشرفة: (I) يوانيتا مفتاح العارف الماجستير. (II) خديجة ف. هولي الماجستير.

الكلمة المفتاحية: "Quadcopter"، "Fuzzy Mamdani"، رقيب أولتراسونيك، "Arduino"

"Quadcopter" هو أحد أنواع الطائرة دون طقم "UAV" (Unmanned Aerial Vehicle) الذي له أربع ريشات المروحة لرفع الأشياء ولتحريكها. "Quadcopter" بشكل العام ليس له جهاز الأمن الأوتوماتيكي الذي يستطيع أن يجتنبه من الأشياء التي يوجهها. لذلك "Quadcopter" يحتاج إلى جهاز الطير المستقر والتأمين.

"Quadcopter" يستقبل الإدخال من ريموت كونترول للظبط، بعد ترتيب "Quadcopter" الظبط الجيد، زيادة رقيب أولتراسونيك لطلب الأشياء التي يوجهها وليهيمنها. رقيب أولتراسونيك مستخدم كإدخال أليجوريتما "Fuzzy Mamdani" التي تتقدمها في "Arduino" لثبات جهة الحركة من "Quadcopter".

من حصاله التجربة الميدانية أن "Quadcopter" يستطيع أن يملأ الهدف لاجتتاب الأشياء حولها. من حصاله التجربة صدق رقيب أولتراسونيك المسافة التي تراقبها من فترة بين صفر حتى 294 cm. وأما من المطالبات التجريبية 25 مرات، 21 مرات يحصل بالصدق و4 مرات لا يحصل بالصدق، حتى يحصل الصدق على درجة 84 في المائة.

# BAB I

## PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini akan dijelaskan tentang latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

### 1.1. Latar Belakang

Pesawat tanpa awak atau biasa disebut dengan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) adalah sebuah mesin terbang yang berfungsi sebagai kendali jarak jauh oleh pilot *autopilot*. UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) memiliki banyak macam, yang salah satunya adalah *Quadcopter*. *Quadcopter* adalah helikopter multirotor yang diangkat dan digerakkan oleh empat rotor (Domingos, Camargo, and Gomide 2016). Pengendalian sistem tersebut dicapai dengan memvariasikan kecepatan masing – masing pada rotor untuk membentuk gerakan dari *quadcopter* tersebut.

Banyak penelitian dan perbaikan terus dilakukan pada sistem *quadcopter*, misalnya *quadcopter* yang digunakan untuk mendeteksi kebakaran lahan gambut, ataupun *quadcopter* yang digunakan untuk *auto landing* dan *auto take off*. UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) banyak digunakan untuk berbagai macam kebutuhan, mulai dari militer, ekspedisi barang, *videography*, ataupun hanya sekedar hobi.

Di era yang modern ini, selain maraknya teknologi yang semakin canggih, juga tidak lepas dengan adanya bangunan – bangunan pencakar langit. Hal ini membuat pengguna *quadcopter* semakin berhati – hati karena

bangunan – bangunan tersebut akan menjadi penghalang bagi *quadcopter*. Ketika terdapat banyak penghalang, *quadcopter* memiliki masalah yang sangat rawan sekali, yaitu tidak dapat menghindari *obstacle* (penghalang) secara otomatis karena *quadcopter* pada umumnya masih menggunakan sistem kontrol manual. Untuk itu perlu adanya solusi dari permasalahan tersebut.

Dari keterangan diatas, diketahui bahwasannya UAV banyak memiliki manfaat bagi pengguna. Dalam Al-Qur'an, surah Yunus ayat 101 telah diterangkan bahwasannya

قُلْ انظُرُوا مَاذَا فِي السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ ۚ وَمَا تُغْنِي الْآيَاتُ وَالنُّذُرُ عَنْ قَوْمٍ لَا يُؤْمِنُونَ

Artinya: “Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi. Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan rasul – rasul yang memberi peringatan bagi orang – orang yang tidak beriman”.

Berdasarkan pada ayat tersebut, dijelaskan bahwa Islam adalah agama ilmu pengetahuan. Islam bukanlah hanya menghargai ilmu pengetahuan, tapi secara aktif menyeluruh, memerintahkan pemeluknya untuk memperhatikan alam sekitar dan mempelajari dengan memepergunakan akal yang dikaruniakan Allah Swt. Dari dalil tersebut bahwa manusia diperintahkan untuk memperhatikan disekitarnya apa yang ada dilangit maupun di bumi ini. Dari ayat tersebut, peneliti mencoba mengembangkan sebuah robot yang salah satu fungsinya untuk *videography* atau pemotretan sebuah object dari atas. Robot tersebut dikembangkan dengan ditambah sebuah alat yang memiliki indra di depan yang berfungsi untuk menghindar

dari sebuah *obstacle* yang berada di depannya layaknya manusia dengan mata yang bisa menentukan jalannya.

Mekanisme menghindari *obstacle* dibuat dengan menambahkan 3 sensor ultrasonik. Sensor ultrasonik adalah gelombang besar yang memiliki frekuensi diatas frekuensi gelombang suara. Sensor ultrasonik bekerja pada frekuensi 40 Khz dan memiliki jarak baca minimal 2 cm dan maksimal 4 meter (Datasheet 2013).

Untuk mengefektifkan sensor tersebut, selain dari perangkat kendalinya, juga tak lepas dengan metode yang tepat untuk digunakan. Kali ini penulis menggunakan algoritma *fuzzy* untuk membantu mengambil keputusan pada kerja sensor.

Logika *fuzzy* merupakan salah satu komponen *soft computing* (Abdurrahman 2011). Logika *fuzzy* memiliki banyak macam, seperti *fuzzy Tsukamoto*, *fuzzy Mamdani*, *Takagi-Sugeno*. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan yaitu *fuzzy Mamdani*. *Fuzzy Mamdani* memiliki aturan yang berbentuk implikasi (“sebab-akibat”) anteseden yang berbentuk konjungsi (AND) mempunyai nilai keanggotaan berbentuk minimum (MIN), sedangkan konsekuen gabungannya berbentuk maksimum (MAX), karena himpunan aturan – aturannya bersifat independen (tidak saling bergantung) (Abdurrahman 2011).

Dari penjelasan latar belakang tersebut, penulis mencoba untuk menambahkan 3 buah sensor ultrasonik yang dipasang di depan *quadcopter* guna untuk mendeteksi halangan yang ada di depan *quadcopter* tersebut.

Serta menggunakan metode *fuzzy* Mamdani untuk mengelola data yang di dapat dari 3 buah sensor ultrasonik tersebut. Peneliti menggunakan metode *fuzzy* mamdani karena metode tersebut sangat sederhana dan tidak memerlukan waktu lama untuk sebuah mikrokontroler mengolah komputasi tersebut. Oleh karena itu peneliti mengusung judul “IMPLEMENTASI METODE *FUZZY* MAMDANI DALAM MENENTUKAN GERAK *QUADCOPTER* DALAM MENGHINDARI *OBSTACLE*”.

### 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut :

1. Seberapa akurat *fuzzy mamdani* pada sistem *quadcopter* untuk menentukan gerak *quadcopter* dalam menghindari *obstacle*?

### 1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui tingkat akurasi *fuzzy mamdani* pada sistem *quadcopter* untuk menentukan gerak *quadcopter* dalam menghindari *obstacle*.

### 1.4. Batasan Masalah

Berikut beberapa batasan yang diberikan agar menjaga fokus pada penelitian ini adalah :

1. Jarak maksimum yang dibaca oleh sensor ultrasonik 3 meter.
2. *Quadcopter* yang digunakan yaitu *quadcopter* dengan *chip* Tarot ZYX-M.

3. Tipe sensor yang digunakan sensor ultrasonik SRF04.
4. Dalam sebuah *quadcopter* hanya terdapat 3 buah sensor yang berada di sudut kanan depan, kiri depan dan tengah depan.
5. Pengujian keseluruhan dilakukan diluar ruangan.

### 1.5. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharap memberi dampak manfaat yang baik sebagai berikut :

- a. Memperkecil kecelakaan yang terjadi pada *quadcopter*.
- b. Mempermudah pilot untuk mengendalikan *quadcopter*.
- c. Mempermudah penggunaan *quadcopter* khususnya untuk pemula.
- d. Untuk menambah wawasan tentang penggunaan algoritma *fuzzy mamdani*.

### 1.6. Sistematika Penulisan

Penelitian ini tersusun dalam laporan dengan terdiri dari beberapa bab pembahasan sebagai berikut :

**Bab I Pendahuluan** : Pada bab pertama ini berisi tentang latar belakang penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian.

**Bab II Tinjauan Pustaka** : bab ini berisi tentang pembahasan tentang penelitian terkait, landasan teori, *quadcopter*, arduino, sensor ultrasonik dan metode *fuzzy mamdani* .

**Bab III Analisis dan Perancangan** : bab ini berisi tentang prosedur penelitian, analisis dan perancangan, desain sistem serta implementasi metode *fuzzy mamdani*.

**Bab IV Hasil dan Pembahasan** : bab ini berisi meliputi implementasi *hardware*, *setting*, pengujian *hardware*, pengujian sensor, dan pengujian sistem serta integrasi Islam.

**Bab V Penutup** : bab ini berisi kesimpulan dari penelitian ini serta saran yang diharapkan dapat bermanfaat untuk pengembangan penelitian di masa depan.

**Daftar Pustaka** : berisi daftar referensi yang tercantum dalam penelitian ini.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab dua ini, akan dijelaskan tentang penelitian terkait dengan penelitian yang dikerjakan. Selain itu juga dijelaskan tentang landasan teori yang terkait dengan penelitian ini.

#### 2.1. Penelitian Terkait

Dalam penelitian Guerrero yang berjudul “*Instrumentation of an Array of Ultrasonic Sensors and Data Processing for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Teaching the Application of the Kalman Filter*” mereka menerangkan tentang aplikasi praktis dari kalman filter dengan menerapkan berbagai sensor untuk mendeteksi objek dalam peringkat yang ditentukan untuk mengurangi kebisingan. Bacaan informasi di jurnal tersebut menggunakan sensor ultrasonik HC-SR04 yang terhubung ke data akuisi papan arduino Yun lalu dikirim ke raspberry (Guerrero et al. 2015).

Dalam karyanya Budi dengan judul “Sistem kendali penghindar rintangan pada *quadrotor* menggunakan konsep *linier quadratic*” membahas tentang *quadcopter* atau yang disebut pada karyanya dengan sebutan *quadrotor* yang bisa menghindari sebuah rintangan. Budi dkk menggunakan dua tipe mikrokontroler yaitu *master* dan *salve*. Tipe mikrokontroler *master* yang digunakan yaitu Arduino Due yang berfungsi untuk memproses semua data yang masuk termasuk pemrosesan sebuah metode yang digunakan. Budi dkk pada jurnalnya menggunakan algoritma LQR (*Linier Quadratic Regulator*) yang merupakan pengembangan dari sebuah metode HJB (*Hamilton Jacobi Bellman*). Fungsi metode sendiri

dalam tulisannya digunakan untuk kendali pada gerak sudut *roll*, *pitch*, dan *yaw* mampu mempertahankan kestabilan perangkat dengan nilai *rise time*, *settling time*, *steady state error*, *overshoot* maupun *undershoot* sesuai dengan spesifikasi sistem. Sedangkan mikrokontroler *salve* yang digunakan yaitu tipe Arduino nano yang berfungsi untuk mendeteksi rintangan yang berada di hadapan maupun disamping. Selain memiliki ukuran yang lebih kecil, mikrokontroler *salve* digunakan karena pada *library* sensor jarak tidak dapat dioperasikan menggunakan mikrokontroler *master*. Sedangkan komunikasi yang digunakan antar kedua mikrokontroler menggunakan komunikasi serial (Budi, AriesaZakaria 2017).

Dalam tugas akhirnya Sugih dan Huda menjelaskan tentang *quadcopter* yang menggunakan sensor *Accelerometer* untuk menjadikan sebuah sensor kemiringan di dalam *quadcopternya* dan menggunakan sensor ultrasonik untuk mendeteksi ketinggian *quadcopter* tersebut. Dalam tulisannya, sensor – sensor tersebut digunakan sebagai inputan algoritma *proportional integral drivative* (PID). Kekurangan yang didapat dari penelitian tersebut adalah ketidak-adanya fungsi di dalam sensor ultrasonik ketika jarak *quadcopter* yang terbang lebih dari 4 meter. Sensor ultrasonik memiliki jarak jangkauan maksimal 4 meter. Jadi jika sensor ini digunakan untuk menghitung jarak tinggi *quadcopter* tersebut, maka hal tersebut kurang efisien (Sugih and Huda 2017).

Prima dalam jurnalnya yang berjudul “*Automatic wather tank filling system controlled using arduino based sensor for home aplication*” ini menjelaskan tentang pemanfaatan sensor ultrasonik yang digunakan untuk

mengontrol air yang berada di tangki air dan digunakan otomatis untuk pengisian air ketika dalam tangki air kosong dan mematikan pompa airnya ketika dalam tangki air tersebut kosong. Selain itu, alat yang mereka buat juga terdapat papan lcd16x2 yang digunakan untuk memonitoring sebuah tangki air tersebut. Mikrokontroler yang digunakan adalah arduino uno dengan *chip ic* atmega328. Untuk pengontrol pompa airnya, prima dkk menggunakan *relay* atau *switch* elektromagnetik yang bisa dikendalikan dari tegangan dan arus kecil (Prima et al. 2017).

Saiful Arifin dkk dalam jurnalnya yang berjudul “ implementasi logika *fuzzy mamdani* untuk mendeteksi kerentanan daerah banjir di semarang utara” ini menjelaskan tentang penggunaan *fuzzy mamdani* untuk memutuskan sebuah kondisi atau keadaan air dalam suatu wilayah. Dalam jurnal ini, Saiful dkk menggunakan 5 buah variabel fungsi keanggotaan *fuzzy* yang digunakan sebagai input. Untuk proses *defuzzifikasi*, Saiful dkk membandingkan antara metode *Centroid*, LOM (*Large of Maximum*), SOM (*Smaller of Maximum*), MOM (*Mean of Maximum*) dan *Bisector*. Dari semua metode *defuzzifikasi* yang digunakan, hasil yang didapat semuanya adalah banjir. Jadi dalam jurnal ini menjelaskan bahwa nilai akhir *defuzzifikasi* yang didapat dari semua penggunaan metode pada dasarnya memiliki perbedaan. Akan tetapi, keputusan yang didapat dari hasil pengujian adalah sama. Dengan demikian, jika fungsi yang digunakan hanya untuk menentukan keputusan yang diakhir, maka penggunaan metode LOM pada tahap *defuzzifikasi* akan lebih dari cukup. Dimana metode LOM hanya

mengambil nilai  $z$  terbesar dari nilai derajat keanggotaan ( $\mu(z)$ ) yang maksimal (Arifin and Muslim 2015).

Nithya dalam jurnalnya menjelaskan tentang menghindari halangan pada UAV yang berjenis *quadcopter* yang untuk memonitoring kecelakaan dijalan. Dalam karyanya, penulis menggunakan kamera yang digunakan untuk mengambil data untuk mengetahui adanya halangan di bagian depan, kanan dan kiri. Algoritma untuk pengolahan citra penulis menggunakan sobel operator. Data tersebut di olah kedalam *labview* dan dikirim ke mikrokontroler *AR drone*. Selain menggunakan kamera, sensor ultrasonik juga difungsikan sebagai pendeteksi jarak dari sebuah halangan tersebut. Sensor ultrasonik dipasang pada tiga titik yang ditempatkan pada depan, depan sebelah kiri dan depan sebelah kanan. Beda halnya dengan kamera, sensor terlebih dahulu dikirim kedalam arduino untuk untuk mendeteksi jarak dari tiga buah sensor yang selanjutnya dikirim ke *labview*. Dari *labview* perintah yang dikeluarkan langsung dieksekusi oleh *AR Drone* yang berfungsi sebagai kendali utama dari *quadcopter*. *AR Drone* selain mengirim perintah ke semua rotor. Juga mengirim data ke sebuah server yang digunakan untuk memonitoring secara *realtime* (Nithya Sree B 2017).

Jurnal yang dipaparkan oleh Imansyah dengan judul “perancangan pengaturan pengering tangan dengan metode *fuzzy logic* menggunakan *raspberry-pi*” memanfaatkan cara kerja dari sensor ultrasonik untuk mendeteksi pergerakan tangan yang digunakan untuk mengatur kecepatan kipas pada pengering tangan otomatis (*Hand Dryer*). Dalam jurnal ini,

tujuan dari pengatur kecepatan adalah meningkatkan efisiensi serta penghematan energi listrik. Sensor ultrasonik digunakan untuk mendeteksi jarak pergerakan tangan. Kemudian data hasil deteksinya dikirim ke dalam *raspberry-pi*, di dalam *raspberry-pi* data akan diproses mulai menjadikan himpunan *fuzzy* sampai proses *defuzzyfication* dan menghasilkan PWM. Setelah diproses, data akan dikirim ke arduino menggunakan komunikasi serial serta arduino memberikan perintah kepada kipas untuk berputar dengan putaran yang sesuai nilai keluaran *fuzzy*. Kesimpulan yang dapat diambil dari jurnal ini bahwa metode *fuzzy* dapat digunakan menjadi sistem kontrol yang baik dalam mengatur sebuah kecepatan. Dalam jurnal ini, metode yang digunakan hampir sama dengan metode yang digunakan peneliti. Sedangkan *input* yang digunakan dalam jurnal ini sama – sama menggunakan sensor ultrasonik. (Imansyah, T, and T 2016).

Angalaeswari dalam jurnalnya menjelaskan tentang penggunaan *fuzzy logic controller* untuk mengefisiensikan pengelolaan beban *digrid* yang dioperasikan *microgrid*. Pada hal ini *fuzzy logic controller* dimasukkan kedalam *maximum power point tracking* (MPPT). Disini MPPT berperan penting terhadap *microgrid* yang sumber dayanya dari solar sell (Angalaeswari et al. 2017).

Dalam jurnalnya Susanto membuat sistem yang dapat mempermudah pengemudi memarkirkan mobil. Dalam sistem ini, penulis menggunakan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi halangan yang berada pada belakang mobil ketika hendak parkir. Hal itu dilakukan dengan menambahkan *buzzer* dan lcd 16x2 sebagai indikator dan informasi ketika di belakang mobil

tersebut ada sebuah halangan. Sensor ini diolah dengan mikrokontroler buatan atmel dengan tipe AT89S52 yang dirangkai sehingga menjadi minimum sistem. Dalam jurnalnya hasil uji sensor tersebut memiliki nilai efektif dengan jarak sepanjang 2 cm – 3 meter (Susanto et al. 2007).

Jurnal yang dipaparkan oleh Hamdani dkk yang berjudul “perancangan *autonomous landing* pada *quadcopter* menggunakan *behavior-based intelligent fuzzy control*”. Dalam jurnal ini *quadcopter* menggunakan sensor sonar untuk menentukan jarak antara *quadcopter* dengan permukaan, dan menggunakan *accelerometer* yang berfungsi untuk mengukur percepatan akibat gravitasi bumi serta *gyroscope* yang berfungsi untuk mengukur kemiringan *quadcopter* tersebut. Dengan menggunakan 3 buah metode yang memiliki tugas berbeda – beda, *quadcopter* ini bisa mendarat serta melakukan *roll*(gerakan *quadcopter* untuk kekanan atau kekiri), *pich*(gerakan *quadcopter* maju dan mundur) dan *yaw*(gerakan *quadcopter* untuk berputar dari kiri kekanan atau sebaliknya). Kesimpulan dari jurnal ini, metode *intelligent fuzzy controller* yang digunakan untuk mengendalikan translasi dari sumbu z dengan mengikuti sinyal eksponensial terbaik dan mencapai titik nol dalam waktu 15 detik, metode *behavior-based control* yang dapat bekerja mengendalikan translasi di sumbu z hanya dilakukan ketika *quadcopter* dalam keadaan seimbang serta kontroler PID yang dapat mengendalikan *roll, pich* dan *yaw* sehingga kembali ke nilai 0 radian dalam waktu 7,97 detik untuk *roll* dan *pitch* serta 1,25 detik untuk *yaw* (Hamdani, Effendie A.K., and Iskandar 2013).

## 2.2. Landasan Teori

### 2.2.1. Quadcopter

Pada jurnal yang di tulis oleh Zhu dan Yang, disebutkan bahwa pesawat tanpa awak atau *unmanned aerial vehicle*(UAV) adalah pesawat terbang yang tidak menggunakan pilot. Kontrol UAV biasanya dilakukan secara otonom oleh komputer *on-board*, atau secara manual oleh operator jarak jauh di stasiun darat, atau bahkan semi-otonom campuran (Zhu, Liu, and Yang 2015).

Banyak jenis UAV telah dikembangkan sejak tahun 1900, dan studi mereka berlanjut selama perang dunia pertama. Salah satu jenis UAV yang sekarang masih dikembangkan adalah jenis *quadcopter*, dalam jurnalnya Domingos dijelaskan bahwa *quadcopter* adalah helikopter multirotor yang diangkat dan digerakkan oleh empat rotor (Domingos et al. 2016).

*Quadcopter* memiliki berbagai macam komponen yang saling berkaitan sehingga menjadikannya *quadcopter* tersebut bisa terbang. Dalam penelitian ini, macam – macam komponen utama yang digunakan untuk membuat sebuah *quadcopter* hingga bisa terbang seperti dibawah ini :

#### A. Tarot ZYX – M

Tarot ZYX-M adalah salah satu jenis sistem kontrol penerbangan yang dirancang khusus untuk pengembangan multi rotor. Tarot ZYX-M dilengkapi dengan stabilisasi, penguncian posisi,

*autopilot*, dan pendeteksi ketinggian (Controller 2015). Modul tarot ZYX-M ini memiliki beberapa komponen dengan bentuk komponen – komponen seperti pada **Gambar 2.1**. Dalam penelitian ini, modul Tarot ZYX -M digunakan untuk mikrokontroler utama daripada *quadcopter* tersebut.



**Gambar 2.1** Tarot ZXY -M

## B. Brushless Motor

*Brushless motor* seperti pada **Gambar 2.2** adalah salah satu jenis motor yang memiliki permanen magnet pada bagian rotor, sedangkan elektro magnetnya terletak pada bagian stator (Shanthamma and Nalini 2012). Dibanding dengan tipe motor yang lain, *brushless motor* sampai sekarang masih menjadi paling unggul untuk digunakan sebagai *quadcopter*. *Brushless motor* memiliki 14 katub susun magnet yang berbentuk persegi panjang dan memiliki 12 model gigi stator. *Brushless motor* memiliki banyak keunggulan seperti rentang kecepatan yang lebih tinggi dan lebih efisien. Pada penelitian ini, *brushless motor* adalah hal yang penting, dimana fungsi

dari pada komponen ini adalah untuk membawa *quadcopter* terbang. Tentunya *motor* ini juga harus dilengkapi baling – baling atau biasa disebut dengan *propeller*.



**Gambar 2.2** Brushless Motor

### C. Electric Speed Control (ESC)

Bagian terpenting lainnya yaitu *Electric Speed Control* (ESC). *Electric Speed Control* (ESC) seperti **Gambar 2.3** pada dasarnya merupakan perangkat yang mengendalikan motor. Tujuan dari *Electronic Speed Control* (ESC) adalah untuk mengambil sinyal yang mewakili kecepatan yang diminta (Shanthamma and Nalini 2012). Serta perangkat ini dapat menerima antarmuka bus komunikasi UART, CAN, I2C.



**Gambar 2.3** Electric Speed Control (ESC)

#### D. Radiolink AT9

*Radiolink AT9* seperti **Gambar 2.4** adalah sebuah remot atau kendali universal yang berjalan pada frekuensi 2.4 GHz, *remote* ini memiliki 9 *channel* yang semua *channel* bisa diprogram sesuai keinginan pengguna. *Radiolink AT9* sistem komunikasi yang mengadopsi teknik modulasi yang digunakan untuk mengurangi gangguan sinyal secara keseluruhan menggunakan *direct sequence spread spectrum* (DSSS). *Remote* ini memiliki *input* voltase maksimal 10 volt (Manual n.d.).



**Gambar 2.4** Remote Radiolink AT9

## E. Baterai *Li-Po*

Dalam jurnal yang ditulis oleh Afif dkk, Baterai *Li-Po* (*Lithium Polymer*) adalah salah satu jenis baterai yang menggunakan elektrolit polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastik film yang tipis. Lapisan film yang disusun berlapis diantara anoda dan katoda yang mengakibatkan adanya pertukaran ion (Afif, Ayu, and Pratiwi 2015). Dalam hal ini, penulis menggunakan baterai *Li-Po* yang memiliki 3 buah *cell* dengan penyusunan seri untuk mendapatkan tegangan yang cukup yaitu 11,1 *Volt DC* dan minimal arus dengan kapasitas 1000 mAh. Untuk detail dari baterainya seperti pada **Gambar 2.5**.



**Gambar 2.5** Baterai *Li-Po*

### 2.2.2. Arduino

Komputer yang berukuran mikro dalam suatu chip IC (*integrated circuit*) yang terdiri dari *processor*, *memory*, dan antarmuka yang bisa diprogram. Arduino adalah sebuah perangkat

keras dan perangkat lunak yang bersifat *open source*. Arduino sampai saat ini menggunakan chip yang berprosesor dari Atmel. Arduino pada dirancang agar siapapun bisa menggunakan dengan mudah. Biaya yang dibutuhkan pun cukup terjangkau bagi semua kalangan (Apsari 2016).

Arduino menggunakan perangkat keras yang dikenal sebagai *Arduino development board* dan *software* untuk mengembangkan kode yang dikenal sebagai Arduino IDE (*integrated development environment*). Digabung dengan mikrokontroler Atmel 8 bit diproduksi oleh atmel atau ARM atmel 32 bit. Mikrokontroler ini dapat diprogram dengan mudah menggunakan bahasa C atau C++ di arduino IDE (Arduino 2014).

Arduino memiliki banyak, tipe dimana masing – masing tipe memiliki perbedaan, mulai dari bentuk, ukuran atau dimensi dan yang paling utama pada bagian *chip*. Papan arduino tanpa regulator secara umum berjalan di tegangan 5v dc.

#### A. **Arduino Uno**

Arduino Uno adalah papan mikrokontroler yang dibekali *chip* Atmega 328P. Papan arduino ini memiliki 14 pin *input / output* dimana pada pin – pin tersebut terdapat 6 pin yang digunakan sebagai *output PWM (pulse width modulation)*. Selain *input output* digital, papan arduino juga memiliki 6 pin *input* analog. Papan arduino uno memiliki memori flash sebesar 32 *kilobyte* dimana 0,5 *kilobyte*

digunakan oleh *bootloader*, 2 kilobyte digunakan untuk SRAM dan 1 kilobyte digunakan oleh EEPROM. Papan arduino bekerja pada frekuensi 16 MHz serta bekerja pada tegangan mulai 5 volt sampai tegangan maksimal 20 volt (Uno 2012). Dengan spesifikasi tersebut, tipe arduino uno ini sudah cukup digunakan untuk menjadi pemroses pertama yang dikirim oleh *remote control* serta menganalisis masukan dari sensor ultrasonik. Bentuk arduino uno seperti pada **Gambar 2.6**.



**Gambar 2.6** Arduino Uno

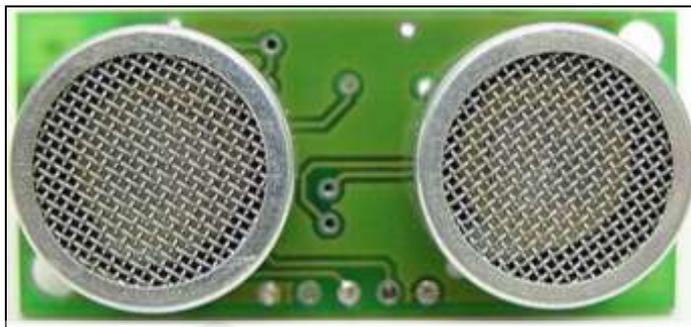
### 2.2.3. Sensor Ultrasonik

Menurut Hani, sensor ultrasonik adalah sensor yang bekerja berdasarkan prinsip pantulan gelombang suara, dimana sensor menghasilkan gelombang suara yang kemudian menangkapnya kembali dengan perbedaan waktu sebagai dasar pengindraannya (Hani 2010). Prinsip kerja sebuah sensor ultrasonik yaitu dengan mendeteksi objek dengan cara mengirimkan gelombang ultrasonik dan kemudian menerima pantulan gelombang tersebut (Pratama, Haritman, and Gunawan 2012).

### A. Sensor Ultrasonik SRF04

Sensor ultrasonik adalah perangkat elektronik yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik yang dibentuk menjadi gelombang suara ultrasonik. Sensor ultrasonik merupakan sebuah sensor yang mentransmisikan gelombang suara dan menerima suara yang dipantulkan dari sebuah objek (Vidhya, Silva, and Costa 2016). Keakuratan jarak yang diukur tergantung pada pemisahan antara pemancar dan penerima ultrasonik.

Pada penelitian ini sensor ultrasonik yang digunakan bertipe SRF04. Tipe sensor ini memiliki jangkauan baca mulai 3 cm sampai 300 cm dengan akurasi 0,3 cm. HC-SR04 bekerja di tegangan 5 volt DC dengan arus 30 mA dengan maksimal 50 mA dan frekuensi 40 KHz dengan kecepatan input triger 10 us. Sensor ultrasonik ini memiliki 5 pin yang masing – masing memiliki fungsi sendiri – sendiri, pin pertama berfungsi sebagai tegangan referensi dari sensor tersebut, pin kedua berfungsi sebagai *echo* atau pengiriman sinyal kembali jika objek terdeteksi atau tidak, pin ke tiga berfungsi sebagai *trigger* atau memberikan pulsa yang memberikan perintah ke sensor untuk mendeteksi objek dan pin ke empat untuk dikosongkan serta pin terakhir berfungsi sebagai negatif atau *ground*. Bentuk sensor ultrasonik seperti **Gambar 2.7**.



**Gambar 2.7** Sensor Ultrasonik SRF04

#### 2.2.4. Logika Fuzzy

Pada tahun 1965, Zaedah memperkenalkan teori himpunan *fuzzy* untuk mengatasi ketidak-tepatan dan ketidak-pastian yang melekat pada penilaian manusia dalam proses pengambilan keputusan melalui penggunaan istilah linguistik dan tingkat keanggotaan (Simić et al. 2016). Logika *fuzzy* adalah peningkatan dari logika *boolean* yang mengenalkan konsep kebenaran sebagian. Logika *scrisp* (tegas) yang menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah *binary* (0 atau 1). Dari sini, *fuzzy* menggantikan kebenaran logika *boolean* dengan tingkat kebenaran. Dalam *fuzzy* dikenal derajat keanggotaan yang memiliki rentang nilai 0 (nol) hingga 1 (satu) (Simić et al. 2016). Di dalam aturan *fuzzy* memiliki banyak model yang bisa digunakan untuk proses *inference*, akan tetapi pada penelitian ini model *fuzzy inference system* yang digunakan adalah model Mamdani. Menurut Kurnia Metode *fuzzy mamdani* paling sering digunakan dalam aplikasi – aplikasi karena strukturnya yang sederhana, yaitu menggunakan operasi MIN-MAX atau MAX-PRODUK. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 (Kurnia and Di 2009).

Menurut Kusumadewi Didalam *fuzzy mamdani*, untuk mendapatkan *output* diperlukan 4 tahapan yaitu :

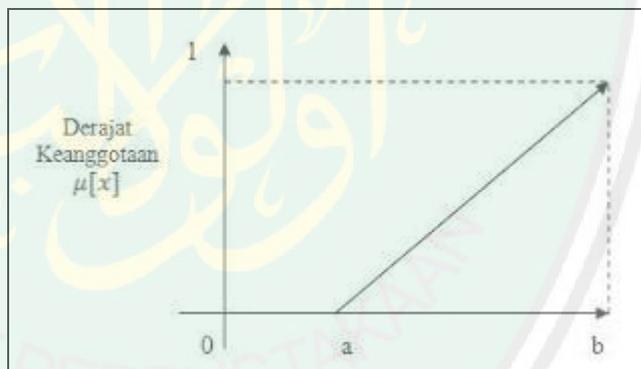
### 1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Pada metode mamdani, baik variabel *input* maupun variabel *output* dibagi menjadi satu atau lebih himpunan *fuzzy*.

Dalam himpunan *fuzzy* memiliki beberapa fungsi yang dapat digunakan untuk memperoleh nilai keanggotaan yaitu :

#### a. Representasi Linier

Pada representasi linier, pemetaan input ke derajat keanggotaanya digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas.



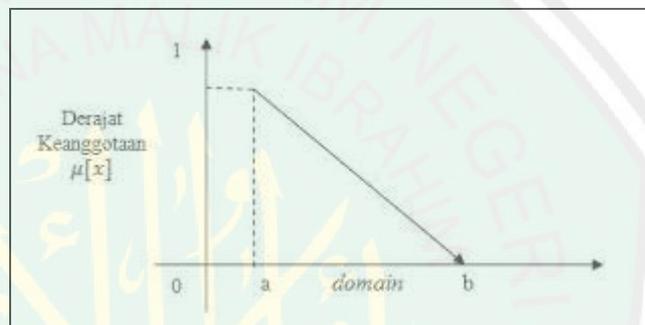
**Gambar 2.8** Representasi Linier Naik

Pada **Gambar 2.8**, ada dua keadaan himpunan *fuzzy* yang linier. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai dominan yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai dominan yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu_{[x]} \begin{cases} 0 & : x \leq 0 \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & : a \leq x \leq b \\ 1 & : x \geq b \end{cases} \quad (2.1)$$

Kedua, merupakan kebalikan yang pertama. Garis lurus dimulai dari nilai dominan dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Representasi linier naik seperti pada **Gambar 2.9**.



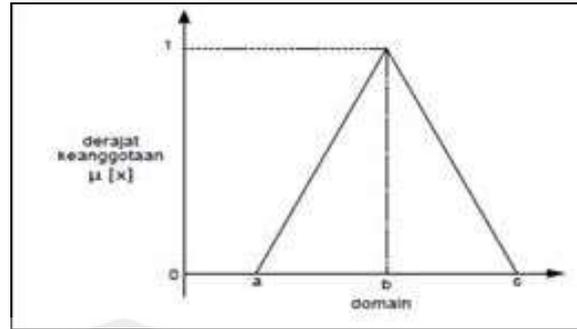
**Gambar 2.9** Representasi Linier Naik

Fungsi Keanggotaan :

$$\mu_{[x]} \begin{cases} \frac{(b-x)}{(b-a)} & : a \leq x \leq b \\ 0; & \end{cases} \quad (2.2)$$

b. Representasi Kurva Segitiga

Kurva Segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis (linier) seperti pada **Gambar 2.10**.



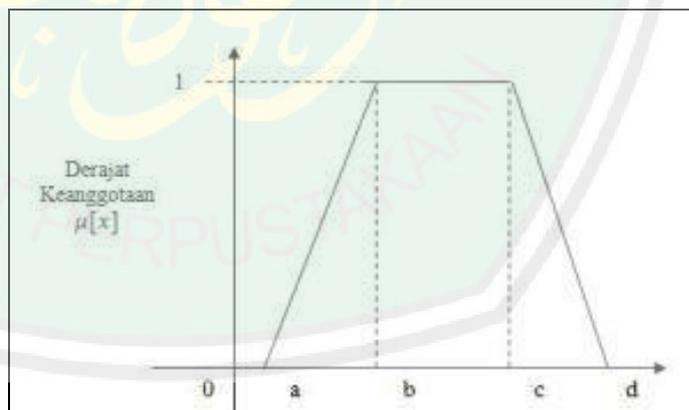
**Gambar 2.10** Kurva Segitiga

Fungsi Keanggotaannya :

$$\mu[x] \begin{cases} 0 & : x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & : a \leq x \leq b \\ \frac{(b-x)}{(c-b)} & : b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.3)$$

c. Representasi Kurva Trapesium

Kurva Trapesium pada dasarnya seperti bentuk segitiga, tetapi ada beberapa titik yang memiliki nilai keanggotaan 1. Bentuk dari Kurva Trapesium seperti pada **Gambar 2.11**.

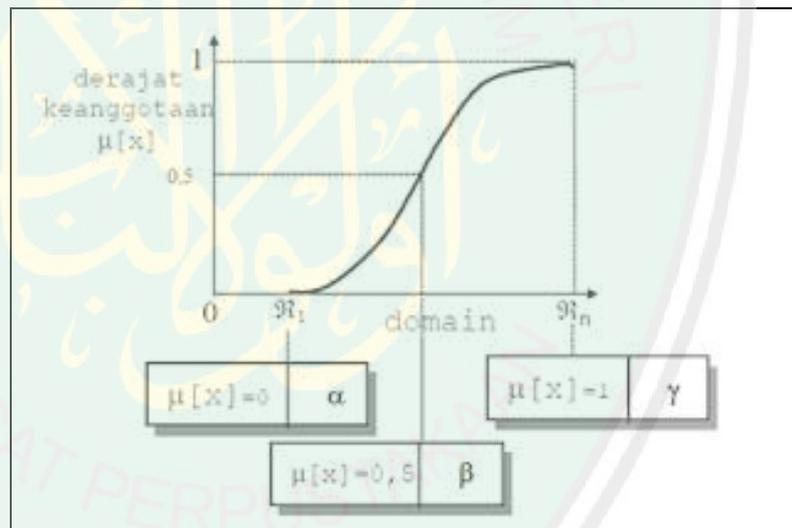


**Gambar 2.11** Kurva Trapesium

$$\mu_{[x]} \begin{cases} 0 & : x \leq a \text{ atau } x \geq d \\ \frac{(x-a)}{(b-a)} & : a \leq x \leq b \\ 1 & : b \leq x \leq c \\ \frac{(d-x)}{(d-c)} & : c \leq x \leq d \end{cases} \quad (2.4)$$

#### d. Representasi Kurva-S

Kurva PERTUMBUHAN dan PENYUSUTAN merupakan kurva-S atau *sigmoid* yang berhubungan dengan kenaikan dan penurunan permukaan secara tak linier. Kurva-S didefinisikan dengan menggunakan tiga parameter, yaitu : nilai keanggotaan nol ( $\alpha$ ), nilai keanggotaan lengkap ( $\gamma$ ), dan titik infleksi atau crossover ( $\beta$ ) yaitu titik yang memiliki dominan 50% benar.



Gambar 2.12 Karakteristik fungsi kurva-S

Fungsi keanggotaan pada kurva PETUMBUHAN adalah :

$$S(x; \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0 & \rightarrow x \leq \alpha \\ 2((x - \alpha)/(\gamma - \alpha))^2 & \rightarrow \alpha \leq x \leq \beta \\ 1 - 2((\gamma - x)/(\gamma - \alpha))^2 & \rightarrow \beta \leq x \leq \gamma \\ 1 & \rightarrow x \geq \gamma \end{cases} \quad (2.5)$$

Fungsi Keanggotaan pada kurva PENYUSUTAN adalah :

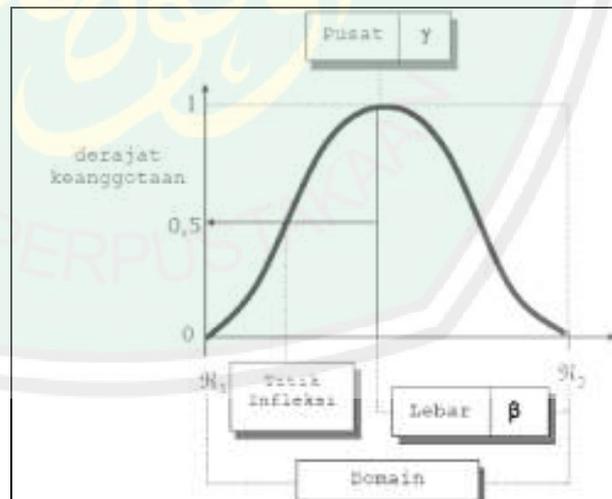
$$s(X; \beta, \gamma) = \begin{cases} 1 & \rightarrow x \leq a \\ 1 - 2((x - a)/(\gamma - a))^2 & \rightarrow a \leq x \leq \beta \\ 2((\gamma - x)/(\gamma - a))^2 & \rightarrow \beta \leq x \leq \gamma \\ 0 & \rightarrow x \geq \gamma \end{cases} \quad (2.6)$$

e. Representasi Kurva Bentuk Lonceng (*Bell Curve*)

Untuk mempresentasikan bilangan *fuzzy*, biasanya digunakan kurva berbentuk lonceng. Kurva berbentuk lonceng ini terbagi atas 3 kelas yaitu himpunan *fuzzy* PI, beta dan Gauss. Perbedaan kurva ini terletak pada gradiennya.

- Kurva PI

Kurva PI berbentuk lonceng dengan derajat keanggotaan 1 terletak pada pusat dengan domain ( $\gamma$ ), dan lebar kurva ( $\beta$ ) seperti terlihat pada **Gambar 2.13**.



**Gambar 2.13** Karakteristik fungsional kurva PI

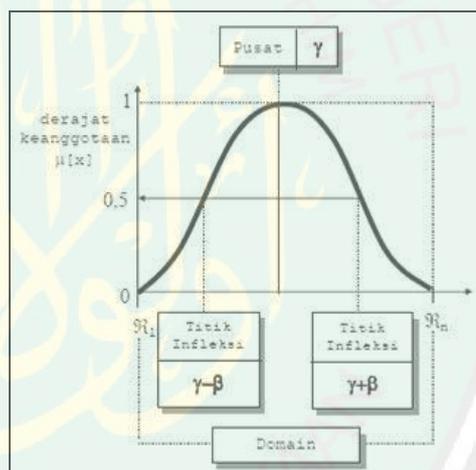
Fungsi Keanggotaan :

$$S(x; \beta, \gamma) = \begin{cases} S(x; \gamma - \beta, \gamma - \frac{\beta}{2}, \gamma) \rightarrow x \leq \gamma \\ 1 - S(x; \gamma, \gamma - \frac{\beta}{2}, \gamma + \beta) \rightarrow x > \gamma \end{cases} \quad (2.7)$$

- Kurva Beta

Seperti halnya kurva PI, kurva beta juga berbentuk lonceng namun lebih rapat. Kurva ini juga didefinisikan dengan 2 parameter, yaitu nilai pada domain yang menunjukkan pusat kurva ( $\gamma$ ), dan setengah lebar kurva ( $\beta$ ) seperti terlihat pada

**Gambar 2.14.**



**Gambar 2.14** Karakteristik fungsional kurva beta

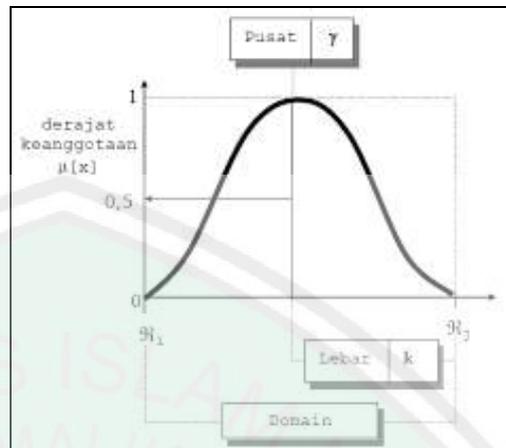
Fungsi Keanggotaan :

$$B(x; \gamma, \beta) = \frac{1}{1 + (\frac{x-\gamma}{\beta})^2} \quad (2.8)$$

- Kurva Gauss

Jika Kurva PI dan kurva Beta menggunakan 2 parameter yaitu ( $\gamma$ ) dan ( $k$ ), kurva Gauss juga menggunakan ( $\gamma$ ) untuk

menunjukkan nilai domain pada pusat kurva, dan (k) yang menunjukkan lebar kurva seperti pada **Gambar 2.15**.



**Gambar 2.15** Karakteristik fungsional kurva Gauss

Fungsi Keanggotaan :

$$G(x; k, \gamma) = e^{-k(\gamma-x)^2} \quad (2.8)$$

## 2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah Min.

## 3. Komposisi Aturan

Dalam langkah ini, ada 3 metode yang digunakan dalam melakukan inferensi sistem *fuzzy*, yaitu : *max*, *additive* dan probabilistik OR (probor).

### a. Metode Max (Maximum)

Pada metode mamdani, himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara mengambil nilai maksimal aturan, kemudian menggunakannya untuk memodifikasi daerah *fuzzy*, dan mengoptimalkannya ke output dengan menggunakan operator OR (union). Jika semua proposisi telah dievaluasi, maka *output* akan berisi suatu

himpunan *fuzzy* yang merefleksikan kontribusi dari tiap – tiap proposisi. Secara umum dapat dituliskan :

$$\mu_{sf}(X_i) = \max(\mu_{sf}(X_i), \mu_{kf}(X_i)) \quad (2.9)$$

dengan:

$\mu_{sf}(X_i)$  = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke – i;

$\mu_{kf}(X_i)$  = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke – i;

b. Metode Additive (Sum)

Pada metode ini, solusi himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *bounded-sum* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*.

Secara umum dituliskan:

$$\mu_{sf}(X_i) = \min(1, \mu_{sf}(X_i), \mu_{kf}(X_i)) \quad (2.10)$$

Dengan :

$\mu_{sf}(X_i)$  = nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke – i;

$\mu_{kf}(X_i)$  = nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke – i;

c. Metode Probabilistik OR (probor)

Pada metode ini, himpunan *fuzzy* diperoleh dengan cara melakukan *product* terhadap semua *output* daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan :

$$\mu_{sf}(X_i) = (\mu_{sf}(X_i) + \mu_{kf}(X_i)) - (\mu_{sf}(X_i) * \mu_{kf}(X_i)) \quad (2.11)$$

Dengan :

$\mu_{sf}(X_i) =$  nilai keanggotaan solusi *fuzzy* sampai aturan ke  $- i$ ;

$\mu_{kf}(X_i) =$  nilai keanggotaan konsekuen *fuzzy* aturan ke  $- i$ ;

#### 4. Defuzzifikasi

*Input* dari proses defuzzifikasi adalah suatu himpunan *fuzzy* diperoleh dari komposisi aturan – aturan *fuzzy*, sedangkan *output* yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Jika diberikan suatu himpunan *fuzzy* dalam *range* tertentu, maka harus dapat diambil suatu nilai *crisp* tertentu sebelum *output*.

Ada beberapa metode defuzzifikasi yang bisa digunakan untuk komposisi aturan Mamdani, antara lain :

##### a. Metode centroid (*Composite Moment*)

Pada metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil titik pusat ( $Z^*$ ) daerah *fuzzy*. Secara umum dirumuskan :

$$Z^* = \frac{\int_z z\mu(z)dz}{\int_z \mu(z)dz} \text{ untuk variabel kontinu} \quad (2.12)$$

$$Z^* = \frac{\sum_{j=1}^n z_j \mu(z_j)}{\sum_{j=1}^n \mu(z_j)} \text{ untuk variabel diskret} \quad (2.13)$$

##### b. Metode *bisektor*

Metode ini, solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai pada domain *fuzzy* yang memiliki nilai keanggotaan pada daerah *fuzzy*. Secara umum dituliskan :

$$Z_p \text{ sedemikian hingga } \int_{R^1}^p \mu(z) dz = \int_p^{R^n} \mu(z) dz \quad (2.12)$$

c. Metode *Mean of Maximum*

Pada metode ini solusi diperoleh dengan cara mengambil nilai rata – rata domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum.

d. Metode *Largest of Maximum*

Pada metode ini solusi diperoleh dari mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum

e. Metode *Smallest of Maximum*

Pada metode ini solusi diperoleh dengan cara mengambil nilai terkecil dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum (Kusumadewi, Sri. Purnomo 2013).

## BAB III

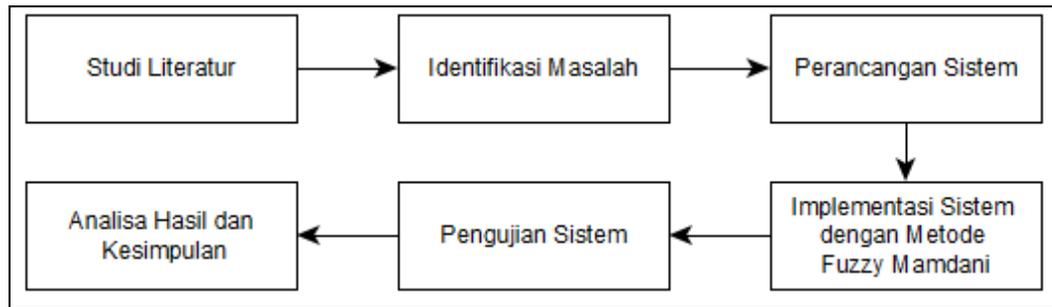
### METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab tiga ini, akan dijelaskan tentang prosedur penelitian, analisis dan perancangan sistem desain sistem serta implementasi metodenya sendiri.

#### 3.1. Prosedur Penelitian

Metodologi penelitian adalah cara yang digunakan untuk memperoleh berbagai data yang akan diproses menjadi sebuah informasi yang lebih akurat. Bab ini digunakan sebagai pedoman dalam pelaksanaan penelitian agar hasil yang dicapai tidak menyimpang dari tujuan yang dilakukan. Dalam penyusunan penelitian ini akan melalui beberapa tahapan yang membentuk alur yang sistematis.

Dalam penelitian ini, terdapat proses – proses yang harus dilakukan untuk menyelesaikan. Penelitian ini dimulai dengan studi literatur terkait dengan *quadcopter* sendiri juga sensor ultrasonik serta arduino. Selain itu diperlukannya studi literatur mengenai *fuzzy mamdani* sendiri sebagai metode yang digunakan untuk meneliti. Tahap selanjutnya mengidentifikasi masalah dengan menentukan beberapa pertanyaan penelitian dalam penelitian ini. Setelah melakukan beberapa pertanyaan terkait penelitian, selanjutnya dilakukan perancangan sistem untuk menentukan alur proses pada sistem yang diimplementasikan pada sistem. Tahap terakhir adalah melakukan pengujian sistem sehingga dapat dilakukan analisa dari hasil proses tersebut. Untuk skema alur penelitian bisa dilihat pada **Gambar 3. 1**.



Gambar 3.1 Alur Penelitian

### 3.2. Analisis dan Perancangan Sistem

Dalam penelitian ini kebutuhan sistem yang diperlukan dalam pengembangan keilmuan sebagai dasar analisis sistem yang dibangun, yaitu sumber data serta komponen – komponen *quadcopter*. Desain sistem disini menggambarkan keseluruhan yang dibangun pada *quadcopter* yang dimulai dari data yang dikirim dari *remote* atau alat pengendali *quadcopter*. Hasil dari masukan diterima oleh *receiver quadcopter* dan diolah terlebih dahulu oleh mikrokontroler pertama atau papan arduino. Fungsi arduino disini selain mengolah data yang diterima oleh *receiver quadcopter* yaitu mendeteksi adanya halangan didepannya. Hasil dari pengolahan pada mikrokontroler pertama dikirim ke mikrokontroler kedua atau bisa disebut mikrokontroler utama *quadcopter*, yang menghasilkan arah gerak *quadcopter*.

#### 3.2.1. Perangkat Lunak

Perangkat lunak merupakan kalimat yang sering digunakan untuk menyebutkan sebuah program aplikasi yang berjalan pada suatu perangkat keras. Dengan kata lain, perangkat lunak adalah bagian

sistem komputer yang tidak berwujud. Dalam hal ini, perangkat lunak yang digunakan antara lain :

- a. Sistem Operasi *Windows* 10 64-bit,
- b. *Arduino IDE* 1.8.3,
- c. *ZYX-M Assistant* 1.01.

### 3.2.2. Komponen Elektronik

Komponen elektronik disini merupakan sebuah perangkat keras yang dimana perangkat tersebut berfungsi menggunakan energi listrik pada *quadcopter*. Papan mikrokontroler serta komponen – komponen yang digunakan sebagai penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. *Arduino Uno*
- b. *Tarot ZYX -M*
- c. *Brushless Motor*
- d. *Electric Speed Control (ESC)*
- e. *Radiolink AT9*
- f. *Sensor Ultrasonik*

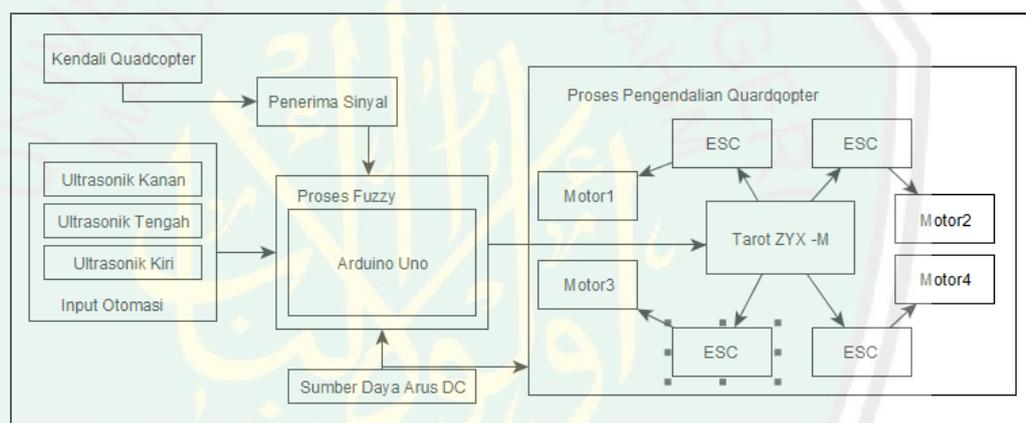
### 3.2.3. Komponen Mekanik

Komponen mekanik merupakan komponen fisik pada *quadcopter*. Sebuah pesawat tanpa awak yang memiliki 4 buah *propeller* atau baling – baling yang berukuran 7 inchi. Komponen penyusun *quadcopter* ini terdiri dari beberapa bagian yang memiliki dimensi ukuran yang tepat seperti *frame*, *body*. Komponen elektronik seperti mikrokontroler terletak di bagian dalam *body* serta bawah *body*.

### 3.3. Desain Sistem

Desain sistem merupakan perancangan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah dari satu kesatuan yang utuh dan berfungsi. Sistem yang dibangun dimulai dari *input* yang merupakan proses awal berjalannya sistem hingga *output* akhir yang akan didapat atau sistem yang dapat menghubungkan antara *remote* dengan mikrokontroler pertama yaitu arduino dan mikrokontroler pertama dengan mikrokontroler utama atau tarot.

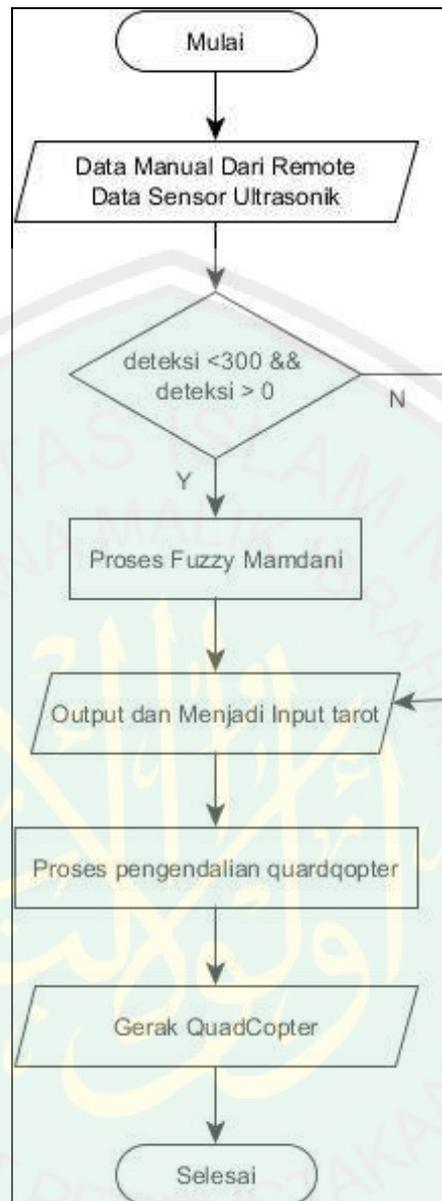
#### 3.3.1. Diagram Blok



Gambar 3.2 Diagram Blok

Pada **Gambar 3.2**, dapat dijelaskan bahwasannya pada sistem ini mulanya dikendalikan oleh kendali manual *quadcopter* yang diterima oleh penerima sinyal dan dibaca oleh arduino. Didalam arduino sendiri juga membaca masukan dari sensor – sensor ultrasonik yang diolah untuk *fuzzy input*. Hasil dari itu akan dikirim ke tarot ZYX-M yang merupakan modul mikrokontroller *quadcopter* untuk mempresentasikan hasil. Sedangkan arus DC yang bersumber dari baterai disini digunakan sebagai sumber daya seluruh perangkat elektronik.

### 3.3.2. Alur Sistem Otomasi dan Proses *Fuzzy*



**Gambar 3.3** Diagram Alur Sistem Otomasi

Sistem otomasi ini merupakan sistem kendali *quadcopter* yang mampu menghindari halangan atau *obstacle* yang berada didepan *quadcopter*. Pada sistem yang akan dikerjakan yang ditunjukkan oleh **Gambar 3.3** Didalam arduino, masukan data yang berasal dari sensor tersebut diolah sampai menghasilkan inputan *fuzzy*. Setelah menemukan

*input*, maka proses kedua yaitu untuk dilakukan proses *inference*, didalam proses *inference* terdapat aturan dasar atau biasa disebut MIN -MAX, pada proses ini hasil dari inputan *fuzzy* akan dicari nilai implikasi berdasarkan *rules* yang telah dibuat. Selanjutnya dilakukan proses pengolahan yaitu *defuzzification* yang akan menghasilkan *output*. Dari *output* tersebut langkah selanjutnya adalah melakukan pengiriman data ke mikrokontroler utama untuk melakukan pergerakan untuk menghindari dari halangan jika ditemukannya halangan di depan *quadcopter*.

### 3.3.3. Proses Pengolahan Fuzzy Mamdani

Untuk proses *fuzzy* mamdani bisa dilihat pada **Gambar 3.4** Dimana pada gambar tersebut menjelaskan bagaimana proses alur *fuzzy* mamdani. Dimulai dari masukan yang didapat dari tiga buah sensor ultrasonik yang mendeteksi adanya halangan di depannya, lalu langkah selanjutnya adalah dilakukannya proses pemasukan nilai yang didapat dari sensor kedalam variabel fungsi keanggotaan dalam himpunan *fuzzy* yang sudah diinisialisasikan sebelumnya. Dalam fungsi keanggotaan ini juga dilakukannya perhitungan dengan rumus yang ditentukan dari kondisi pembacaan dari sensor. Setelah mendapatkan hasil, dilakukannya aplikasi fungsi implikasi dimana dalam langkah ini memasukkan nilai dari hasil perhitungan yang kerjakan pada langkah fungsi keanggotaan kedalam parameter – parameter yang telah dibuat dan diambil nilai yang paling kecil dari tiap parameter tersebut. Langkah selanjutnya yaitu dilakukannya proses komposisi aturan yang mencari nilai maksimum dari hasil aplikasi fungsi implikasi. Hasil dari komposisi aturan dilakukannya *defuzzifikasi* dengan

melihat nilai yang didapat dari komposisi aturan dan dikembalikan kedalam parameter – parameter dalam aplikasi fungsi implikasi untuk menentukan gerak *quadcopter*.



**Gambar 3.4** Proses *Fuzzy*

### 3.4. Implementasi Metode *Fuzzy Mamdani*

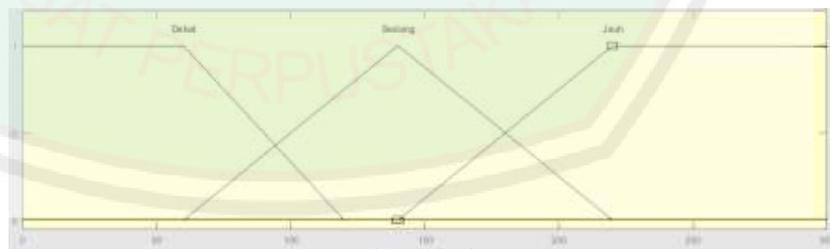
Sistem untuk mendeteksi *obstacle* yang berada di depan *quadcopter* akan dikendalikan langsung oleh mikrokontroler. Dalam pengambilan keputusan untuk kondisi di depan *quadcopter*, mikrokontroler arduino memproses metode *fuzzy mamdani*. Dalam mendeteksi adanya *obstacle* di depan *quadcopter*, sensor yang digunakan sebagai pengindra adalah sensor ultrasonik.

Adapun langkah pengambilan keputusan menggunakan metode *fuzzy mamdani* penulis merujuk cara – cara yang dijelaskan pada bukunya (Kusumadewi, Sri. Purnomo 2013) dengan menggunakan 4 langkah sebagai berikut :

#### 3.4.1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

##### ➤ Jarak sensor kanan

Variabel kondisi dari jarak sensor ultrasonik bagian kanan dibagi menjadi tiga bagian, yaitu : dekat, sedang, jauh. Dengan grafik seperti **Gambar 3.5**.



**Gambar 3.5** Derajat keanggotaan sensor kanan

Pada grafik di atas, semesta pembicara untuk variabel sensor kanan adalah  $[0 \ 300]$ . Detail derajat keanggotaan sebuah sensor kanan dijelaskan pada **Tabel 3.1**.

**Tabel 3.1** Derajat keanggotaan sensor kanan

No	Kondisi	Jarak (cm)
1	Dekat	0 ; 60 ; 120
2	Sedang	60 ; 140 ; 220
3	Jauh	140 ; 220 ; 300

Fungsi keanggotaan untuk variabel sensor kanan adalah :

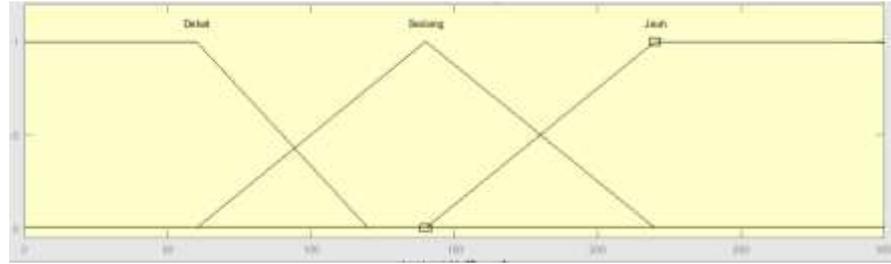
$$\mu_{\text{Dekat}} \begin{cases} 1 & : x < 60 \\ \frac{(120-x)}{(120-60)} & : 60 \leq x \leq 120 \\ 0 & : x > 120 \end{cases} \quad (3.1)$$

$$\mu_{\text{Sedang}} \begin{cases} 0 & : x < 60 \text{ atau } x > 220 \\ \frac{(x-60)}{(140-60)} & : 60 \leq x \leq 140 \\ \frac{(220-x)}{(220-140)} & : 140 < x \leq 220 \end{cases} \quad (3.2)$$

$$\mu_{\text{Jauh}} \begin{cases} 0 & : x < 140 \\ \frac{(x-140)}{(220-140)} & : 140 \leq x \leq 220 \\ 1 & : x > 220 \end{cases} \quad (3.3)$$

➤ **Jarak sensor tengah**

Variabel kondisi dari jarak sensor ultrasonik bagian tengah dibagi menjadi tiga bagian, yaitu : dekat, sedang, jauh. Dengan grafik seperti **Gambar 3.6**.



**Gambar 3.6** Derajat keanggotaan sensor tengah

Pada grafik di atas, semesta pembicara untuk variabel sensor kanan adalah  $[0 \ 300]$ . Detail derajat keanggotaan sebuah sensor tengah dijelaskan pada **Tabel 3.2**.

**Tabel 3.2** Derajat keanggotaan sensor tengah

No	Kondisi	Jarak (cm)
1	Dekat	0 ; 60 ; 120
2	Sedang	60 ; 140 ; 220
3	Jauh	140 ; 220 ; 300

Fungsi keanggotaan untuk variabel sensor kanan adalah :

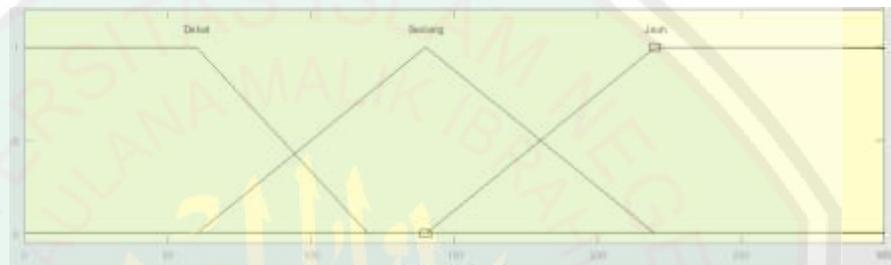
$$\mu_{\text{Dekat}} \begin{cases} 1 & : x < 60 \\ \frac{(120-x)}{(120-60)} & : 60 \leq x \leq 120 \\ 0 & : x > 120 \end{cases} \quad (3.4)$$

$$\mu_{\text{Sedang}} \begin{cases} 0 & : x < 60 \text{ atau } x > 220 \\ \frac{(x-60)}{(140-60)} & : 60 \leq x \leq 140 \\ \frac{(220-x)}{(220-140)} & : 140 < x \leq 220 \end{cases} \quad (3.5)$$

$$\mu_{\text{jauh}} \begin{cases} 0 : x < 140 \\ \frac{(x-140)}{(220-140)} : 140 \leq x \leq 220 \\ 1 : x > 220 \end{cases} \quad (3.6)$$

### ➤ Jarak sensor kiri

Variabel kondisi dari jarak sensor ultrasonik bagian kiri dibagi menjadi tiga bagian, yaitu : dekat, sedang, jauh. Dengan grafik seperti **Gambar 3.7**.



**Gambar 3.7** Derajat keanggotaan sensor kiri

Pada grafik di atas, semesta pembicara untuk variabel sensor kanan adalah [0 300]. Detail derajat keanggotaan sebuah sensor kiri dijelaskan pada **Tabel 3.3**.

**Tabel 3.3** Derajat keanggotaan sensor kiri

No	Kondisi	Jarak (cm)
1	Dekat	0 ; 60 ; 120
2	Sedang	60 ; 140 ; 220
3	Jauh	140 ; 220 ; 300

Fungsi keanggotaan untuk variabel sensor kanan adalah :

$$\mu_{\text{Dekat}} \begin{cases} 1 & : x < 60 \\ \frac{(120-x)}{(120-60)} & : 60 \leq x \leq 120 \\ 0 & : x > 120 \end{cases} \quad (3.7)$$

$$\mu_{\text{Sedang}} \begin{cases} 0 & : x < 60 \text{ atau } x > 220 \\ \frac{(x-60)}{(140-60)} & : 60 \leq x \leq 140 \\ \frac{(220-x)}{(220-140)} & : 140 < x \leq 220 \end{cases} \quad (3.8)$$

$$\mu_{\text{Jauh}} \begin{cases} 0 & : x < 140 \\ \frac{(x-140)}{(220-140)} & : 140 \leq x \leq 220 \\ 1 & : x > 220 \end{cases} \quad (3.9)$$

#### ➤ Variabel Penentuan Arah

Semesta pembicara untuk variabel penentuan arah adalah [0 ; 50]. Detail derajat keanggotaan sebuah penentuan arah dijelaskan pada **Tabel 3.4**.

**Tabel 3.4** Penentuan Arah

No	Kondisi	Jarak (cm)
1	Bebas	0 ; 10
2	Geser Kanan	10 ; 20
3	Pelan	20 ; 30
4	Geser Kiri	30 ; 40
5	Berhenti	40 ; 50

### 3.4.2. Aplikasi Fungsi Implikasi

Dalam langkah ini, bentuk umum dari aturan yang digunakan dalam fungsi implikasi adalah :

**IF x is a AND y is B THEN z is C**

Pada perhitungan menggunakan MIN. Fungsi ini akan memotorng *output* himpunan *fuzzy*. *Rules* aturan pada sistem ini adalah sebagai berikut :

1. Jika sensor kanan jauh dan sensor tengah jauh dan sensor kiri jauh maka terus.
2. Jika sensor kanan jauh dan sensor tengah jauh dan sensor kiri sedang maka lurus pelan.
3. Jika sensor kanan jauh dan sensor tengah jauh dan sensor kiri dekat maka geser kanan.
4. Jika sensor kanan jauh dan sensor tengah sedang dan sensor kiri jauh maka lurus pelan.
5. Jika sensor kanan jauh dan sensor tengah sedang dan sensor kiri sedang maka lurus pelan.
6. Jika sensor kanan jauh dan sensor tengah sedang dan sensor kiri dekat maka geser kanan.
7. Jika sensor kanan jauh dan sensor tengah dekat dan sensor kiri jauh maka geser kanan.
8. Jika sensor kanan jauh dan sensor tengah dekat dan sensor kiri sedang maka geser kanan.

9. Jika sensor kanan jauh dan sensor tengah dekat dan sensor kiri dekat maka geser kanan.
10. Jika sensor kanan sedang dan sensor tengah jauh dan sensor kiri jauh maka lurus pelan.
11. Jika sensor kanan sedang dan sensor tengah jauh dan sensor kiri sedang maka lurus pelan.
12. Jika sensor kanan sedang dan sensor tengah jauh dan sensor kiri dekat maka geser kanan.
13. Jika sensor kanan sedang dan sensor tengah sedang dan sensor kiri jauh maka lurus pelan.
14. Jika sensor kanan sedang dan sensor tengah sedang dan sensor kiri sedang maka lurus pelan.
15. Jika sensor kanan sedang dan sensor tengah sedang dan sensor kiri dekat maka geser kanan.
16. Jika sensor kanan sedang dan sensor tengah dekat dan sensor kiri jauh maka geser kanan.
17. Jika sensor kanan sedang dan sensor tengah dekat dan sensor kiri sedang maka geser kanan.
18. Jika sensor kanan sedang dan sensor tengah dekat dan sensor kiri dekat maka geser kanan.
19. Jika sensor kanan dekat dan sensor tengah jauh dan sensor kiri jauh maka geser kiri.
20. Jika sensor kanan dekat dan sensor tengah jauh dan sensor kiri sedang maka geser kiri.

21. Jika sensor kanan dekat dan sensor tengah jauh dan sensor kiri dekat maka geser berhenti.
22. Jika sensor kanan dekat dan sensor tengah sedang dan sensor kiri jauh maka geser kiri.
23. Jika sensor kanan dekat dan sensor tengah sedang dan sensor kiri sedang maka geser kiri.
24. Jika sensor kanan dekat dan sensor tengah sedang dan sensor kiri dekat maka berhenti.
25. Jika sensor kanan dekat dan sensor tengah dekat dan sensor kiri jauh maka geser kiri.
26. Jika sensor kanan dekat dan sensor tengah dekat dan sensor kiri sedang maka geser kiri.
27. Jika sensor kanan dekat dan sensor tengah dekat dan sensor kiri dekat maka diam.

Dari rule tersebut, maka dilakukannya proses aplikasi fungsi implikasi pada data masukan sistem. Sebagai contoh masukan sensor kanan mendeteksi jarak 70 cm, sensor tengah mendeteksi jarak 100 cm dan sensor kiri mendeteksi jarak 210 cm. Setelah mengetahui nilai inputan, maka langkah selanjutnya adalah menentukan nilai keanggotaan. Untuk menentukan nilai keanggotaan, maka digunakan rumus sebagai berikut :

- Representasi Kurva segitiga :

$$\text{Jika } x \leq a \text{ atau } x \geq c \text{ maka bernilai } 0 \quad (3.10)$$

$$\text{Jika } a \leq x \leq b \text{ maka } (x - a) / (b - a) \quad (3.11)$$

$$\text{Jika } b \leq x \leq c \text{ maka } (c - x) / (c - b) \quad (3.12)$$

Dimana A adalah nilai minimum, B nilai tengah dan C adalah nilai maksimum serta x adalah inputan.

- Representasi Kurva Trapesium

$$\text{Jika } x < a \text{ atau } x > d \text{ maka bernilai } 0 \quad (3.13)$$

$$\text{Jika } a \leq x \leq b \text{ maka } (x - a) / (b - a) \quad (3.14)$$

$$\text{Jika } b < x < c \text{ maka bernilai } 1 \quad (3.15)$$

$$\text{Jika } c \leq x \leq d \text{ maka } (d - x) / (d - c) \quad (3.16)$$

Dimana A adalah nilai minimum, B adalah nilai puncak, C adalah nilai puncak kedua dan D adalah nilai maksimum.

Berdasarkan rumus diatas, maka variabel sensor kanan masuk dalam dekat dan sedang, dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\mu_{dekat}(x) = \frac{120-70}{120-60} = 0,84 \quad (3.17)$$

$$\mu_{sedang}(x) = \frac{70-60}{140-60} = 0,125 \quad (3.18)$$

Karena nilai *input* 70 yang berada di antara dekat dan sedang, maka nilai jauh adalah 0.

Untuk perhitungan variabel sensor tengah masuk dalam kondisi dekat dan sedang. Maka rumus yang digunakan sama, dengan perhitungan sebagai berikut. :

$$\mu_{dekat}(x) = \frac{120-100}{120-60} = 0,34 \quad (3.19)$$

$$\mu_{sedang}(x) = \frac{100-60}{140-60} = 0,5 \quad (3.20)$$

Karena nilai *input* 100 yang berada di antara dekat dan sedang, maka nilai jauh adalah 0.

Untuk perhitungan variabel sensor kiri masuk dalam kondisi sedang dan jauh. Maka rumus perhitungannya sebagai berikut. :

$$\mu_{Sedang}(x) = \frac{220-210}{220-140} = 0,18 \quad (3.21)$$

$$\mu_{Jauh}(x) = \frac{210-140}{220-140} = 0,875 \quad (3.22)$$

Karena nilai *input* 210 yang berada di nilai sedang dan jauh, maka nilai dekat adalah 0.

Setelah mengetahui nilai keanggotaan dari masing – masing sensor, proses selanjutnya adalah aplikasi fungsi implikasi menggunakan metode min dengan rumus

$$\alpha_{predikatRn} = \min(\mu_{sf}(x_i); \mu_{kf}(x_i)) \quad (3.23)$$

$$1. \alpha_{predikatR1} = \min(0; 0; 0,875) = 0$$

$$2. \alpha_{predikatR2} = \min(0; 0; 0,18) = 0$$

$$3. \alpha_{predikatR3} = \min(0; 0; 0) = 0$$

$$4. \alpha_{predikatR4} = \min(0; 0,5; 0,875) = 0$$

$$5. \alpha_{predikatR5} = \min(0; 0,5; 0,18) = 0$$

$$6. \alpha_{predikatR6} = \min(0; 0,18; 0) = 0$$

$$7. \alpha_{predikatR7} = \min(0; 0,34; 0,875) = 0$$

$$8. \alpha_{predikatR8} = \min(0; 0,34; 0,18) = 0$$

$$9. \alpha_{predikatR9} = \min(0; 0,34; 0) = 0$$

$$10. \alpha_{predikatR10} = \min(0,125; 0; 0,875) = 0$$

$$11. \alpha_{predikatR11} = \min(0,125; 0; 0,18) = 0$$

$$12. \alpha_{predikatR12} = \min(0,125; 0; 0) = 0$$

$$13. \alpha_{predikatR13} = \min(0,125; 0,5; 0,875) = 0,125$$

$$14. \alpha_{predikatR14} = \min(0,125; 0,5; 0,18) = 0,125$$

$$15. \alpha_{predikatR15} = \min(0,125; 0,5; 0) = 0$$

$$16. \alpha_{predikatR16} = \min(0,125; 0,34; 0,875) = 0,125$$

$$17. \alpha_{predikatR17} = \min(0,125; 0,34; 0,18) = 0,125$$

$$18. \alpha_{predikatR18} = \min(0,125; 0,34; 0) = 0$$

$$19. \alpha_{predikatR19} = \min(0,84; 0; 0,875) = 0$$

$$20. \alpha_{predikatR20} = \min(0,84; 0; 0,18) = 0$$

$$21. \alpha_{predikatR21} = \min(0,84; 0; 0) = 0$$



Titik potong yang diambil yaitu nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum yaitu  $\mu_{Belok Kiri} = 0.5$ , maka

dapat ditentukan nilai  $x$  sebagai berikut :

$$Z_1 = \frac{a_1 - 10}{15 - 10} \rightarrow 0.5 \rightarrow 2.5 = 12.5 \quad (3.25)$$

$$Z_2 = \frac{20 - a_1}{20 - 15} \rightarrow 0.5 \rightarrow 2.5 = 17.5 \quad (3.26)$$

#### 3.4.4. Defuzzifikasi

Selanjutnya adalah tahap *defuzzifikasi* dengan metode *Large of Maximum*. Yaitu dimana solusi *crisp* diperoleh dengan cara mengambil nilai terbesar dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maksimum. Dari hasil komposisi aturan nilai domain terbesar “0.5” dengan nilai  $Z_1=12.5$  dan  $Z_2=17.5$ . Jadi masukan dari variabel sensor kanan mendeteksi jarak 70 dan variabel sensor tengah mendeteksi jarak 100 serta variabel sensor kiri mendeteksi jarak 210 menghasilkan *output* berupa perintah “geser ke kiri” dengan nilai “17.5”.

#### 3.4.5. Penentuan Arah Gerak

Setelah hasil didapat yaitu geser ke kiri, maka mikrokontroler arduino mengubah nilai yang diperoleh dari *remote* kendali untuk melakukan perintah maju dengan menggeserkan ke kiri sampai sensor mendeteksi amanya jalan didepan *quadcopter* tersebut. Hasil dari

perintah geser ke kiri dikirim melalui komunikasi serial kedalam mikrokontroler *quadcopter* atau tarot ZYX-M.

### 3.5. Pengujian Sistem Aplikasi

Dalam pengujian sistem aplikasi yang dibangun ini agar dapat menunjukkan bahwa sistem telah mampu bekerja sesuai dengan spesifikasi dari kebutuhan. Strategi pengujian yang akan dilakukan yaitu dengan menggunakan metode *black-box testing*. Tahap pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat akurasi sistem pendukung keputusan gerak *quadcopter* menggunakan metode *fuzzy mamdani*. Pada sistem ini pengujian dilakukan dengan memberikan jarak halangan yang ditentukan secara manual dengan maksimal 3 meter untuk mendapatkan nilai *input* dalam metode *fuzzy*. Langkah terakhir menilai hasil pengujian yang diperoleh dari *quadcopter* dengan membandingkan hasil yang didapat dari pakar. Data pakar diperoleh dengan melakukan percobaan sebanyak yang ditentukan. Rumus akurasi yang digunakan seperti dibawah ini :

$$Akurasi = \frac{\text{jumlah percobaan yang benar}}{\text{total percobaan}} \times 100\% \quad (3.25)$$

Dimana jumlah percobaan yang benar didapatkan dengan melakukan beberapa uji penerbangan yang dijadikan sebagai pembilang, sedangkan banyaknya uji penerbangan dijadikan sebagai pembagi dan dikalikan dengan 100.

Dari hasil perhitungan, selanjutnya pemberian derajat tingkat akurasi. Menurut (Gorunescu 2011) standar tingkat akurasi dari hasil pengukuran adalah sebagai berikut :

- Akurasi 90% - 100% = *Excellent classification*
- Akurasi 80% - 90% = *Best classification*
- Akurasi 70% - 80% = *Fair classification*
- Akurasi 60% - 70% = *Poor classification*
- Akurasi 50% - 60% = *Failure*





## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab empat ini, dijelaskan hasil dan pembahasan yang telah dibuat meliputi implementasi *hardware*, *setting*, pengujian *hardware*, pengujian sensor, dan pengujian sistem serta integrasi Islam.

#### 4.1. Implementasi Hardware



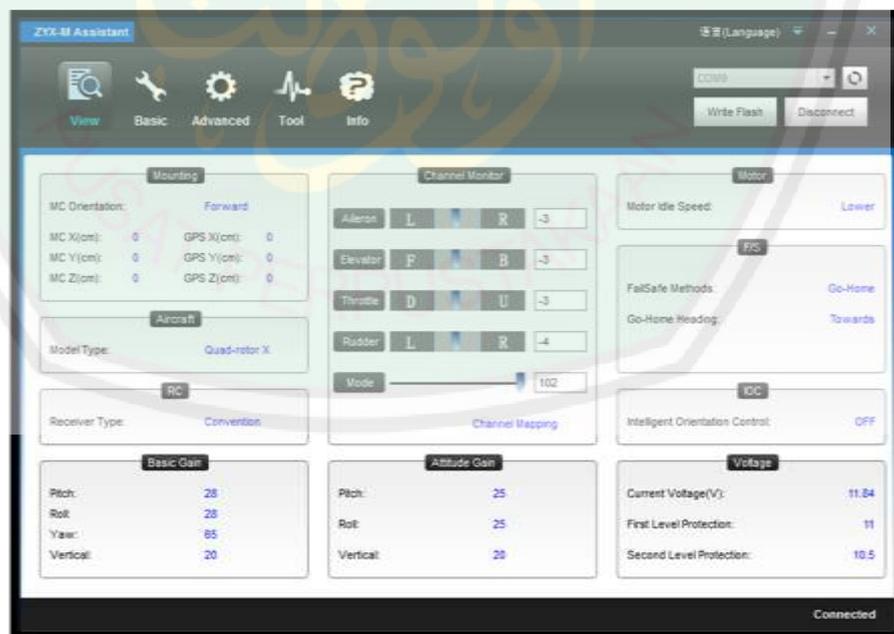
**Gambar 4.1** Implementasi Komponen Sistem Otomasi

**Gambar 4.1** merupakan tampilan implementasi komponen sistem otomasi yang terdiri dari *module* Tarot xyz-m yang berfungsi sebagai pusat dari sebuah proses *quadcopter*, remot *radiolink* yang berfungsi sebagai kendali utama *quadcopter* untuk dijadikan manual ataupun *auto* dari pihak user dan arduino uno yang berfungsi sebagai pemroses dari *input* sensor ultrasonik dan juga media implementasi metode *fuzzy mamdani* sendiri.

Setelah data selesai diproses, jika mendeteksi adanya halangan di depannya maka arduino akan memberikan nilai yang berbeda dari kontrol kepada mikrokontroler utama untuk mengubah putar *propeller* ke arah yang aman.

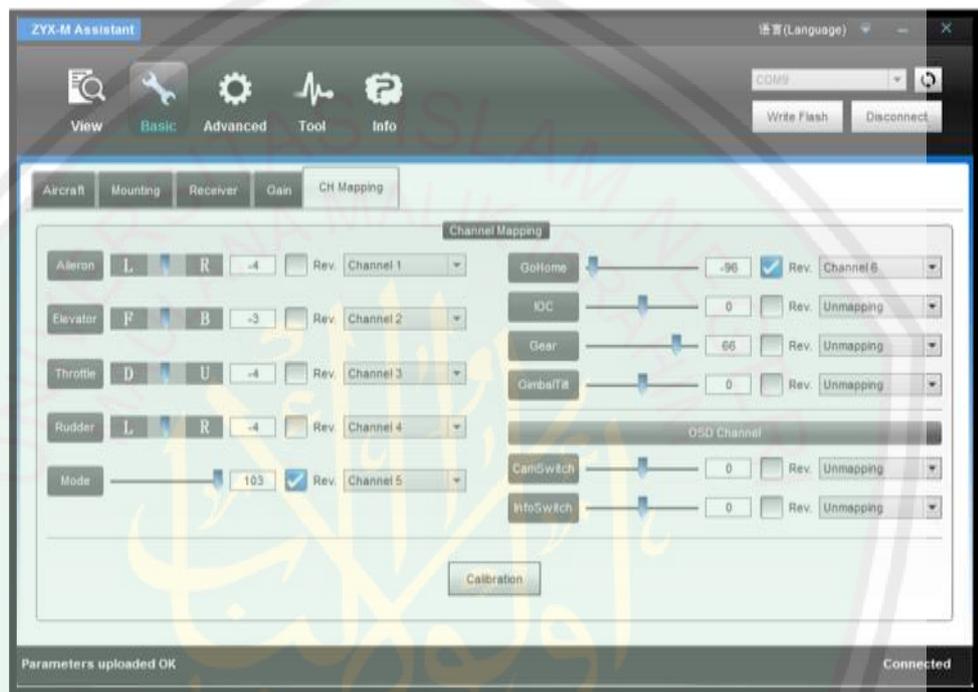
#### 4.2. *Setting*

Berikut adalah hasil dari kalibrasi untuk *setting* antara *remote* dengan *quadcopter* yang melalui arduino terlebih dahulu yang berfungsi untuk mengendalikan *propeller* penuh pada saat terbang. *setting* dilakukan dengan cara menghubungkan *remote radiolink* pada *receiver radiolink* ke arduino, serta menghubungkan perangkat arduino ke *quadcopter*. Pengaturan radio kalibrasi memastikan bahwa antara *remote* dengan penerima sinyalnya benar – benar terdeteksi dan berjalan dengan lancar. Untuk hasil dari *setting* kalibrasi seperti pada **Gambar 4.2**



**Gambar 4.2** Hasil Kalibrasi Remote dengan Quadcopter

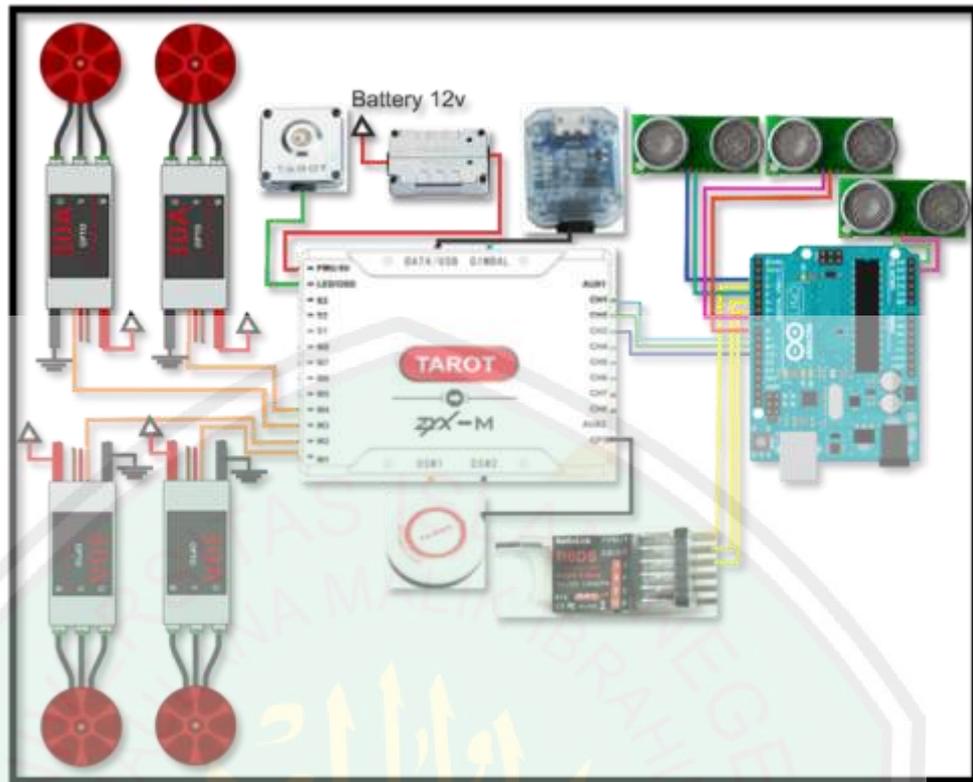
Selain *setting* pada koneksi *remote* juga dilakukan kalibrasi dan pengaturan mode penerbangan, yaitu dengan mengatur *channel – channel* yang ingin digunakan. Dengan menggunakan *software* Tarot XYZ-M yang sudah disediakan. Untuk pengaturan *channel* bisa dilihat seperti pada **Gambar 4.3**



**Gambar 4.3** Pengaturan Channel Kontrol

#### 4.3. Pengujian *Hardware*

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, perangkat ini mampu berkerja dengan normal. Sehingga apa yang akan dilakukan dapat bekerja dengan maksimal. Blok desain rangkaian yang digunakan pada penelitian ini seperti pada **Gambar 4.4**.



Gambar 4.4 Blok Desain Rangkaian



Gambar 4.5 Hasil Perakitan Komponen

Pada **Gambar 4.5** merupakan tampilan hasil komponen – komponen yang sudah dirakit dengan mengimplementasi skema yang sama dengan **Gambar 4.4** hanya saja tidak memasang sensor terlebih dahulu. Hasil

pengujian akhir dari penggabungan antara komponen – komponen *hardware* dengan *software* dilakukannya uji terbang manual. Uji coba ini berupa *quadcopter* yang diterbangkan oleh pilot dilapangan dengan cara manual terlebih dahulu untuk memastikan *quadcopter* siap ditambahkan sebuah metode. Uji terbang ini meliputi kemampuan untuk geser kekanan, geser kekiri, maju, mundur, keatas, kebawah, putar kekanan, dan putar kekiri. Pengujian ini dilakukan seperti pada **Gambar 4.6**.



**Gambar 4.6** Pengujian Terbang

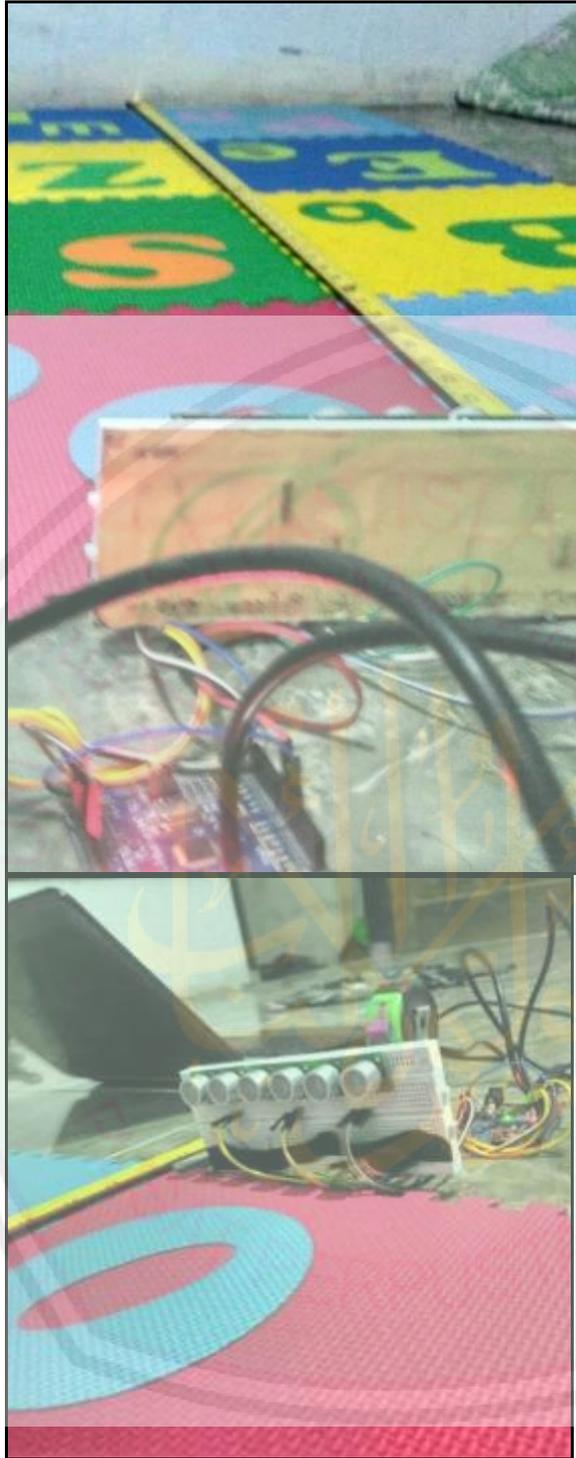
Setelah dilakukannya uji terbang yang manual sudah sukses, langkah selanjutnya melakukan proses perakitan dengan melibatkan sensor ultrasonik dan memasukkan metode yang sudah dibuat. Semua elemen diintegrasikan hingga membentuk sebuah sistem yang dapat berfungsi untuk menghindari dari *obstacle* sehingga dapat memberikan keputusan untuk menentukan arah. Bentuk hasil dari perakitan ada pada **Gambar 4.7**.



**Gambar 4.7** *Quadcopter* Dengan Sensor Ultrasonik

#### 4.4. Pengujian Sensor

Untuk mengetahui apakah sensor yang akan digunakan berjalan dengan lancar atau tidak, perlu adanya pengujian tentang sensor itu sendiri. Tahap pengujian sensor ini sangat penting karena sensor ini yang nantinya menjadi petunjuk dari sebuah *quadcopter* dan juga sebagai inputan dari metode *fuzzy mamdani* sendiri. Sensor – sensor tersebut sebelum dipasang ke dalam *quadcopter* terlebih dahulu dilakukannya pengujian apakah sensor – sensor tersebut berfungsi dengan baik, juga dilakukannya uji keakuratan untuk mengetahui seberapa akurat sensor untuk membaca sebuah object dan juga mencoba untuk dimasukkannya metode yang telah dibuat. Pengujian sensor dilakukan dengan membandingkan alat ukur manual untuk mengukur jarak antara semua sensor ultrasonik dengan halangan, contoh pengukuran sensor ultrasonik seperti pada **Gambar 4.8**.



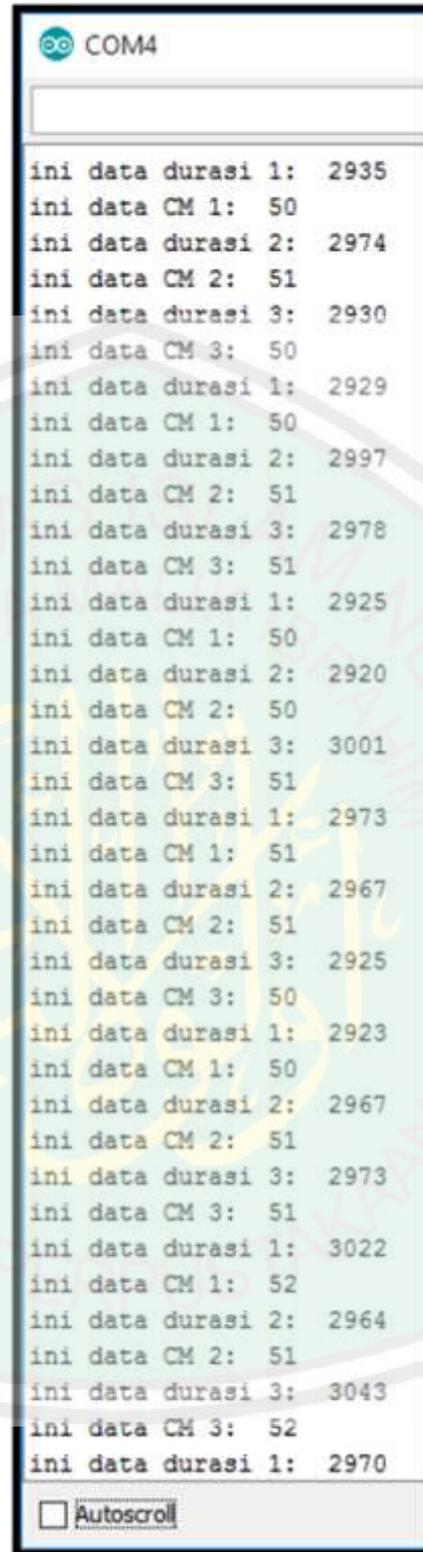
**Gambar 4.8** Contoh Pengukuran Sensor Manual

Pada **Tabel 4.1** bahwa sensor ultrasonik yang digunakan memiliki sedikit perbedaan. Dimana nilai manual yang diberikan memiliki perbedaan antara pembacaan sensor 1, sensor 2 dan sensor 3. Dalam inisialisasi,

dimana sensor 1 adalah pengganti istilah dari sensor kanan, sensor 2 adalah pengganti istilah sensor tengah dan sensor 3 adalah pengganti istilah dari sensor kiri. Sedangkan istilah “CM” adalah singkatan dari centimeter. hasil pengujian ketiga sensor tersebut seperti pada **Gambar 4.9**.

**Tabel 4.1** Perbandingan pengukuran sensor dengan manual sebelum dipasang

No	Manual (CM)	Sensor 1 (CM)	Sensor 2 (CM)	Sensor 3 (CM)
1	10	10	10	10
2	15	15	15	15
3	20	20	20	20
4	25	25	25	25
5	30	30	30	30
6	35	35	35	35
7	40	40	40	40
8	50	50 – 52	50 – 51	50 – 51
9	65	65 – 66	65 – 66	65 – 66
10	75	74 – 75	75 – 76	74 – 75
11	85	84 – 86	84 – 86	84 – 86
12	95	94 – 96	94 – 96	94 – 96



```
COM4
ini data durasi 1: 2935
ini data CM 1: 50
ini data durasi 2: 2974
ini data CM 2: 51
ini data durasi 3: 2930
ini data CM 3: 50
ini data durasi 1: 2929
ini data CM 1: 50
ini data durasi 2: 2997
ini data CM 2: 51
ini data durasi 3: 2978
ini data CM 3: 51
ini data durasi 1: 2925
ini data CM 1: 50
ini data durasi 2: 2920
ini data CM 2: 50
ini data durasi 3: 3001
ini data CM 3: 51
ini data durasi 1: 2973
ini data CM 1: 51
ini data durasi 2: 2967
ini data CM 2: 51
ini data durasi 3: 2925
ini data CM 3: 50
ini data durasi 1: 2923
ini data CM 1: 50
ini data durasi 2: 2967
ini data CM 2: 51
ini data durasi 3: 2973
ini data CM 3: 51
ini data durasi 1: 3022
ini data CM 1: 52
ini data durasi 2: 2964
ini data CM 2: 51
ini data durasi 3: 3043
ini data CM 3: 52
ini data durasi 1: 2970
```

Autoscroll

**Gambar 4.9** Hasil uji sensor sebelum dipasang 50 cm

Setelah pengujian sensor sebelum dipasang telah mendapatkan hasil, langkah selanjutnya dilakukan perakitan sensor pada *quadcopter* dan sensor

kembali di uji untuk memastikan benar – benar sensor bisa bekerja dengan baik. Hasil sensor yang sudah dipasang seperti pada **Tabel 4.2**.

**Tabel 4.2** Perbandingan pengukuran sensor dengan manual sesudah dipasang

No	Manual (CM)	Sensor 1 (CM)	Sensor 2 (CM)	Sensor 3 (CM)
1	50	50 – 51	50 – 51	50 – 51
2	60	60 – 61	60 – 61	59 – 61
3	70	70 – 71	70 – 72	70 – 71
4	80	80 – 81	79 – 81	79 – 81
5	90	89 – 90	88 – 90	89 – 91
6	100	99 – 101	99 – 101	99 – 101
7	120	119 – 121	119 – 120	119 – 121
8	140	140 – 142	139 – 141	139 – 142
9	150	149 – 150	148 – 150	149 – 150
10	170	169 – 171	169 – 171	169 – 171
11	190	188 – 190	189 – 190	189 – 190
12	200	199 – 200	198 – 200	198 – 199
13	220	217 – 218	217 – 218	217 – 219
14	240	237 – 239	239 – 240	237 – 238
15	260	257 – 258	256 – 259	257 – 258
16	290	284 – 288	289 – 290	287 – 288
17	295	293 – 294	291 – 292	293 – 294

Dari **Tabel 4.2** bahwa sensor ultrasonik yang digunakan memiliki sedikit perbedaan. Dimana nilai manual yang diberikan memiliki perbedaan

antara pembacaan sensor 1, sensor 2 dan sensor 3 dimana sensor yang 1 adalah sensor kanan dan sensor 2 adalah sensor tengah serta sensor 3 adalah sensor kiri. Pada **Gambar 4.10** terlihat ketiga sensor membaca data dengan memiliki sedikit perbedaan pada saat proses pembacaannya.

Iteration	Sensor 1 (Right)	Sensor 2 (Middle)	Sensor 3 (Left)
1	51	51	50
2	50	50	50
3	51	50	50
4	50	50	51
5	50	50	51
6	50	51	50
7	51	51	51
8	50	51	50
9	50	51	50
10	50	51	50
11	50	50	51
12	50	50	50
13	50	51	50
14	50	51	50
15	51	51	50
16	50	51	50
17	50	51	50
18	51	51	50
19	50	50	50
20	50	51	51
21	50	50	50
22	50	51	50
23	51	50	51
24	50	50	51
25	50	50	51
26	50	50	51
27	51	50	51
28	50	50	51
29	50	50	51
30	50	51	50

**Gambar 4.10** Gambar Hasil Uji Sensor Kanan Tengah Kiri

Pada pengujian ini, keseluruhan sensor memiliki perbedaan 2 – 5 cm. Untuk mengetahui perbedaan nilai, penulis membandingkan jarak

sesungguhnya menggunakan alat ukur manual dengan membandingkan hasil dari deteksi sensor. Cara kerjanya yaitu dengan menghadapkan *quadcopter* ke halangan yang sudah diukur terlebih dahulu menggunakan alat ukur. Untuk cara pengukuran seperti pada **Gambar 4.11**.



**Gambar 4.11** Cara Membandingkan Jarak Sensor dengan Jarak Manual

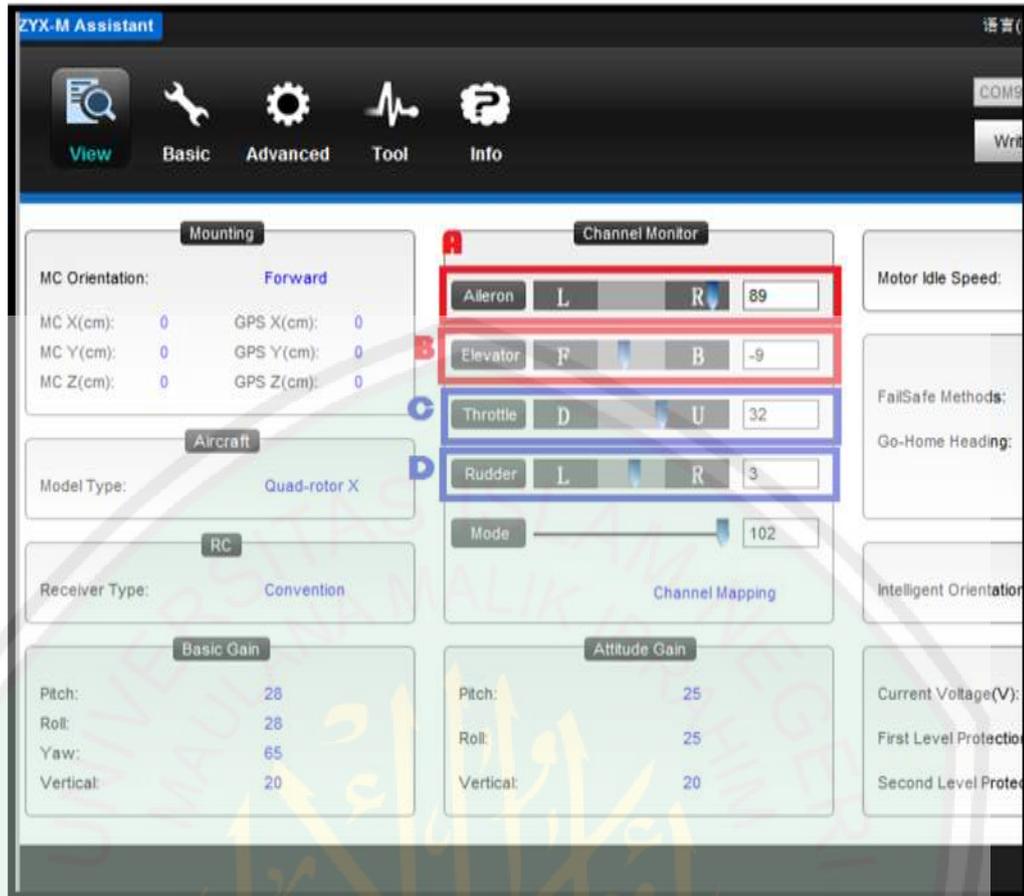
## **4.5. Pengujian System**

### **4.5.1. Pengujian Sebelum Terbang**

Sebelum dilakukannya uji terbang, terlebih dahulu dilakukan pengujian sistem sebelum terbang. Pengujian ini berfungsi untuk

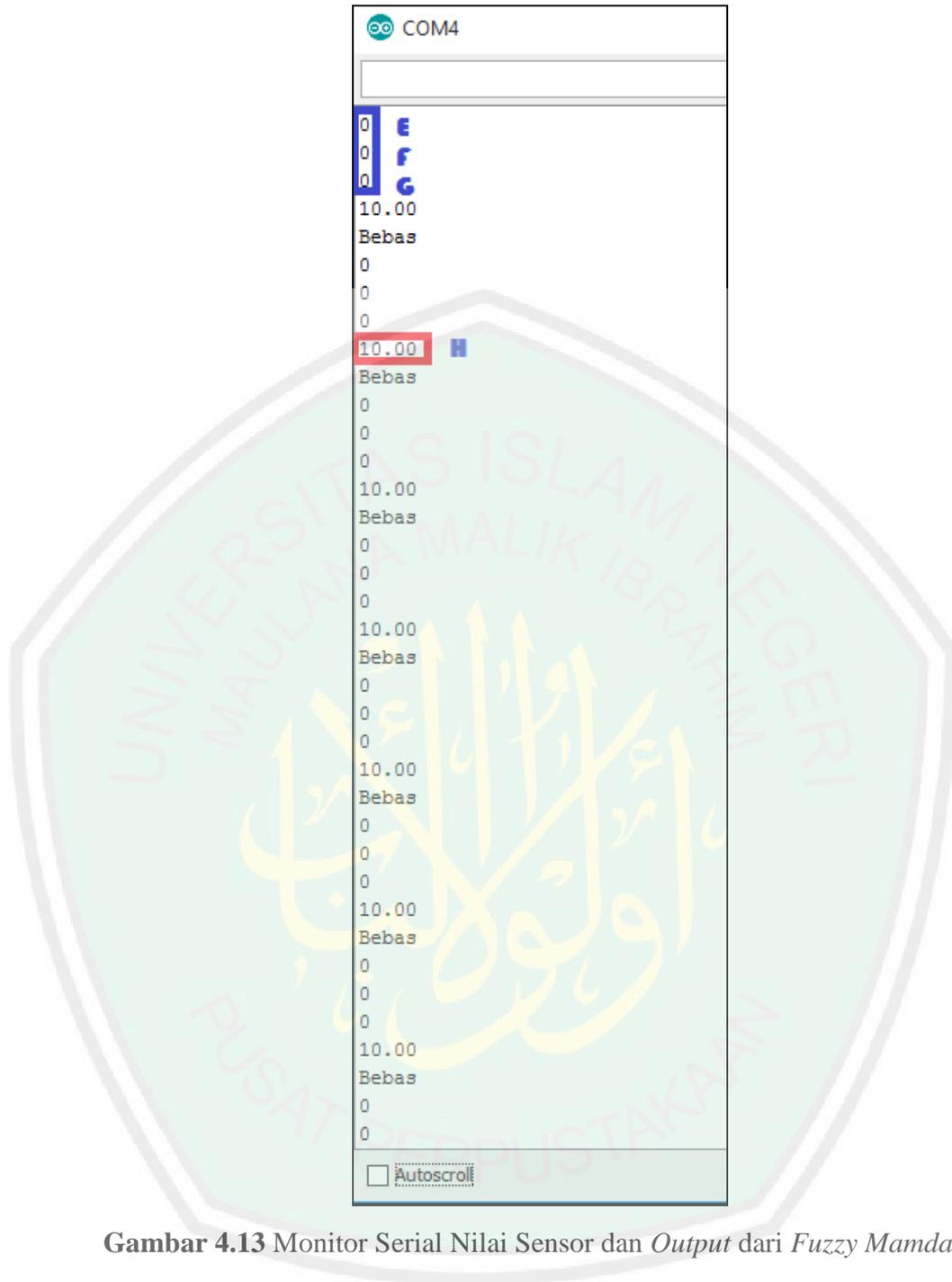
memastikan bahwa sistem telah berjalan dengan baik. Sistem yang dimaksud meliputi berjalannya fungsi dari pembacaan ketiga sensor yang digunakan untuk *input* dari metode *fuzzy mamdani*, melakukan perhitungan *fuzzy mamdani*, dan *output* yang dihasilkan mengirimkan data ke mikrokontroler utama untuk memberikan perintah arah gerak *quadcopter* sesuai.

Dalam pengujian ini, untuk mengetahui arah gerak dari *quadcopter*, hal pertama yang dilakukan adalah memberikan sebuah halangan kepada masing - masing sensor dengan jarak tertentu serta melihat hasil dari pengujian yang diterima dari *fuzzy* ke monitor untuk mengetahui gerak *quadcopter*. Monitor disini berfungsi sebagai pengganti gerak dari *quadcopter* yang sebenarnya. Hasil dari gerak *quadcopter* ditentukan dari *rolebase* yang sudah dibuat sebelumnya. Untuk mengetahui arah gerak *quadcopter* seperti pada **Gambar 4.12**.



**Gambar 4.12** Monitor Arah Gerak Quadcopter

Pada **Gambar 4.12**, dimana simbol **A** atau “*Alieron*” menggantikan fungsi untuk menggeser kekanan atau kekiri dari sebuah *quadcopter*, sedangkan simbol **B** atau “*Elevator*” menggantikan fungsi *quadcopter* untuk bergerak kedepan serta kebelakang, dan simbol **C** atau “*Throttle*” menggantikan fungsi untuk menaikan keatas atau kebawah sebuah *quadcopter*, serta simbol **D** atau “*Rudder*” menggantikan fungsi untuk memutar kekanan dan kekiri sebuah *quadcopter*.



**Gambar 4.13** Monitor Serial Nilai Sensor dan *Output* dari *Fuzzy Mamdani*

Pada **Gambar 4.13** menjelaskan tentang data sensor yang masuk serta simbol data yang dikirim untuk memerintahkan *quadcopter*. Pada simbol **E** adalah nilai yang dihasilkan dari sensor kanan, nilai “0” pada monitor serial memiliki arti bahwa sensor kanan tidak mendeteksi adanya halangan didepannya. Satuan nilai yang



**Tabel 4.3** Hasil Pengujian Sebelum Terbang

No	Input Sensor	Nilai Output	Hasil Gerak	Hasil Seharusnya
1	0 , 0, 0	10.00	Bebas	Bebas
2	181, 130, 137	27.44	Maju Pelan	Maju Pelan
3	130, 130, 130	25.62	Maju Pelan	Maju Pelan
4	180, 130, 140	27.50	Maju Pelan	Maju Pelan
5	182, 129, 61	18.16	Geser Kanan	Geser Kanan
6	181, 81, 136	17.44	Geser Kanan	Geser Kanan
7	181, 99, 61	18.16	Geser Kanan	Geser Kanan
8	180, 100, 60	18.12	Geser Kanan	Geser Kanan
9	150, 210, 70	18.44	Geser Kanan	Geser Kanan
10	250, 80, 80	18.75	Geser Kanan	Geser Kanan
11	200, 200, 60	18.12	Geser Kanan	Geser Kanan
12	50, 141, 167	36.69	Geser Kiri	Geser Kiri
13	72, 101, 223	37.44	Geser Kiri	Geser Kiri
14	80, 80, 250	36.67	Geser Kiri	Geser Kiri
15	50, 50, 60	48.13	Berhenti	Berhenti

Dari hasil **Tabel 4.3** metode *fuzzy mamdani* yang ditanam pada mikrokontroler arduino berjalan dengan normal, dimana *output* yang diberikan dari sensor sama seperti hasil dari kenyataan. Sedangkan untuk uji coba sistem dilakukan di dalam ruangan seperti pada **Gambar 4.14**.



**Gambar 4.15** Pengujian Sebelum Terbang

#### 4.5.2. Pengujian Terbang

Setelah dilakukannya pengujian sebelum terbang, pengujian selanjutnya yaitu uji terbang yang nyata. Pengujian terbang disini tidak lagi menggunakan monitor. Dimana pengujian dilakukan memberikan masukan sensor – sensor dengan nilai tertentu dengan cara memberikan halangan di depan sensor.

Dalam pengujian ini, langkah awal adalah memberikan sebuah halangan dengan jarak tertentu. Setelah jarak didapat, sensor akan diaktifkan dari sebuah *remote* untuk mendapatkan nilai masukan yang didapat dari jarak penentuan halangan. Selanjutnya mikrokontroler arduino memproses nilai masukan yang didapat dari sebuah sensor. Nilai tersebut diolah dengan metode *fuzzy mamdani*. Hasil dari pengolahan tersebut dikirim ke mikrokontroler utama dengan nilai

yang sama seperti *rule base* untuk menentukan arah gerak *quadcopter*.

Pengujian dilakukan seperti pada **Gambar 4.15**.



**Gambar 4.16** Pengujian Pada Saat Terbang

Uji terbang dilakukan beberapa kali percobaan dengan menentukan halangan yang diukur menggunakan alat ukur manual. Dari semua hasil uji coba, langkah akhir menghitung akurasi penggunaan metode *fuzzy mamdani* untuk menentukan arah gerak *quadcopter* yang didapat hasil uji coba. Hasil pengujian terbang seperti pada **Tabel 4.4**.

**Tabel 4.4** Hasil Pengujian Terbang

No	Jarak Manual	Hasil Quadcopter	Hasil Seharusnya	Kesesuaian

1	0, 0, 0	Bebas	Bebas	Sesuai
2	130, 130, 130	Geser Kanan	Maju Pelan	Tidak Sesuai
3	180, 130, 140	Geser Kiri	Maju Pelan	Tidak Sesuai
4	190, 100, 100	Geser Kanan	Geser Kanan	Sesuai
5	150, 210, 70	Geser Kanan	Geser Kanan	Sesuai
6	180, 130, 60	Geser Kanan	Geser Kanan	Sesuai
7	180, 80, 140	Geser Kanan	Geser Kanan	Sesuai
8	180, 100, 60	Geser Kanan	Geser Kanan	Sesuai
9	250, 80, 80	Geser Kanan	Geser Kanan	Sesuai
10	200, 200, 60	Masuk Obstacle	Geser Kanan	Tidak Sesuai
11	80, 80, 250	Geser Kiri	Geser Kiri	Sesuai
12	50, 140, 170	Geser Kiri	Geser Kiri	Sesuai
13	70, 100, 220	Geser Kiri	Geser Kiri	Sesuai
14	60, 100, 230	Geser Kiri	Geser Kiri	Sesuai
15	50, 50, 60	Berhenti	Berhenti	Sesuai
16	300, 70, 70	Geser Kanan	Geser Kanan	Sesuai
17	70, 70, 300	Geser Kiri	Geser Kiri	Sesuai
18	60, 140, 300	Geser Kiri	Geser Kiri	Sesuai
19	300, 140, 60	Geser Kanan	Geser Kanan	Sesuai
20	90, 50, 90	Geser Kanan	Geser Kanan	Sesuai

21	100, 50, 300	Geser Kanan	Geser Kanan	Sesuai
22	100, 100, 50	Geser Kanan	Geser Kanan	Sesuai
23	220, 220, 220	Bebas	Geser Kanan	Sesuai
24	140, 140, 140	Gagal	Pelan	Tidak Sesuai
25	70, 70, 70	Berhenti	Berhenti	Sesuai

Pada **Tabel 4.4**, hasil yang didapat dari keluaran metode *fuzzy mamdani* berupa gerak dari *quadcopter* yang dibandingkan dengan hasil yang didapat dari pakar. Seperti pada bab sebelumnya, untuk menghitung tingkat akurasi menggunakan rumus seperti dibawah ini :

$$Akurasi = \frac{\text{jumlah percobaan yang benar}}{\text{total percobaan}} \times 100\% \quad (4.1)$$

Dimana hasil pengujian mendapatkan nilai akurasi seperti dibawah ini :

$$Akurasi = \frac{21}{25} \times 100\% \quad (4.2)$$

$$Akurasi = 84\%$$

#### 4.6. Integrasi Islam

Penelitian yang dilakukan menghasilkan *output* berupa *quadcopter* yang bisa menghindari dari sebuah halangan yang berada di depannya.

pengertian quadcopter sendiri yang sudah dijabarkan dalam pendahuluan adalah salah satu jenis pesawat tanpa awak. Dalam Islam, ide pesawat sendiri salah satunya terinspirasi dari Al-Qur'an pada surat Al-Mulk ayat 19.

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الطَّيْرِ فَوْقَهُمْ صَافَّاتٍ وَيَقْبِضْنَ ،

Artinya : ”Dan apakah mereka tidak memperhatikan burung – burung yang mengembangkan dan mengatupkan sayapnya di atas mereka”

Dalam kitab tafsir Al-Jalalain kata “memperhatikan” ditafsirkan dengan melihat burung – burung yang berada di atas yaitu di udara, “yang mengembangkan sayapnya” dengan tafsiran melebarkan sayapnya serta “mengatupnya” menutupnya sesudah dikembangkan. Dari tafsir diatas, jelas Allah menggunakan kata “memperhatikan” yang bermaksud untuk melihat sendiri keajaiban yang diciptakanNya dengan mata kita sendiri (Al-Mahalli and Assuyuti 2008b).

Mengenai *quadcopter* sendiri, *quadcopter* memiliki banyak fungsi yang sudah dibahas pada bab pertama yaitu, bisa dimanfaatkan untuk mengamati hal – hal juga menikmati keindahan alam dari permukaan atas. Hal itu seperti yang termaktub dalam ayat Alqur'an surat Yunus ayat 101.

فَلْيَنْظُرُوا مَاذَا فِي السَّمَاوَاتِ وَالْأَرْضِ ۚ وَمَا تُعْجِبُ الْآيَاتُ وَالنُّذُرُ ۚ عَنِ قَوْمٍ لَا يُؤْمِنُونَ

Artinya : “Perhatikanlah apa yang ada di langit dan di bumi. Tidaklah bermanfaat tanda kekuasaan Allah dan rasul – rasul yang memberi peringatan bagi orang – orang yang tidak beriman”.

Selain dimanfaatkan untuk mengamati, *quadcopter* juga bermanfaat digunakan sebagai ekspedisi barang. Dimana Allah sudah menjelaskan dalam firmanNya pada surat an nahl ayat 7- 8.

وَتَحْمِلُ أَثْقَالَكُمْ إِلَىٰ بَلَدٍ لَّمْ تَكُونُوا بِلَيْغِهِ إِلَّا بِشِقِّ الْأَنْفُسِ ۗ إِنَّ رَبَّكُمْ لَرَءُوفٌ رَّحِيمٌ (النحل:٧)

وَالْخَيْلَ وَالْبِغَالَ وَالْحَمِيرَ لِتَرْكَبُوهَا وَزِينَةً وَيَخْلُقُ مَا لَا تَعْلَمُونَ (النحل:٨)

Artinya : “Dan ia memikul beban-bebanmu ke suatu negeri yang tidak sanggup sampai kepadanya, melainkan dengan kesukaran-kesukaran (yang memayahkan) diri. Sesungguhnya Tuhanmu benar-benar Maha Pengasih lagi Maha Penyayang (7), Dan (Dia telah menciptakan) kuda, bagal dan keledai, agar kamu menunggangnya dan (menjadikan) perhiasan. Dan Allah menciptakan apa yang kamu tidak mengetahuinya (8).

Di zaman dahulu, transportasi dan pengangkutan barang dilakukan dengan menggunakan binatang – binatang seperti kuda, bighal serta keledai. Sedangkan pada zaman sekarang, alat transportasi ataupun pembawa barang sebagian masih menggunakan sarana tradisional. Seperti yang digunakan di daerah pedalaman yang tidak memungkinkan menggunakan sarana transportasi modern. Dalam tafsir Al – Jalalain pada ayat 7 Allah telah memberikan alternatif hewan untuk mengangkut barang kesuatu negeri selain menggunakan unta, hewan – hewan alternatif selain unta yang disebutkan dalam ayat 8 yaitu kuda, bighal, dan keledai yang digunakan sebagai tunggangan atau perhiasan (Al-Mahalli and Assuyuti 2008a).

Sebagai saintis muslim, setidaknya bisa sedikit mengeksplorasikan ilmu yang dianugerahkan Allah dengan berinovasi mengembangkan sebuah alat transportasi yang bermanfaat bagi alam semesta. Sebuah alat pengangkut barang yang memiliki indra di depan yang berfungsi untuk menghindari dari sebuah *obstacle* yang berada di depannya layaknya hewan – hewan dengan mata yang bisa menentukan jalannya.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

Dalam bab ini menjelaskan kesimpulan dari kegiatan – kegiatan yang telah dilakukan selama penelitian atau pada pengerjaan tugas akhir skripsi. Selain kesimpulan, juga terdapat saran yang diberikan untuk pengembangan penelitian yang lebih lanjut.

#### **5.1. Kesimpulan**

Dari hasil percobaan serta implementasi yang dilakukan oleh peneliti, dapat disimpulkan bahwa *quadcopter* dapat memenuhi tujuan untuk menghindari sebuah *obstacle* atau halangan, dari beberapa uji coba yang dilakukan oleh peneliti, mulai dari keakurasian sensor yang dimiliki rata – rata memiliki jarak antara 2 – 294 cm dengan tingkat toleransi 0 – 3 cm. Sedangkan dari 25 kali uji coba yang dilakukan oleh pilot yang berpengalaman, sistem keseluruhan memiliki tingkat akurasi 84 %. Dalam penelitian ini, nilai akurasi 84 % masuk pada derajat tingkat akurasi *Best classification* dimana pedoman derajat tingkat akurasi yang sudah dijabarkan pada bab sebelumnya.

#### **5.2. Saran**

Penelitian ini masih bisa dilanjutkan dengan menambahkan beberapa sensor yang sekiranya bisa menjangkau seluruh sudut pada *quadcopter* sehingga *quadcopter* bisa dengan mudah untuk menghindari sebuah halangan yang berada pada sudut manapun dan juga bisa lebih spesifik dalam penentuan arah serta kecepatannya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurrahman, Ginanjar. 2011. “Penerapan Metode Tsukamoto (Logika Fuzzy) Dalam Sistem Pendukung Keputusan Untuk Menentukan Jumlah Produksi Barang Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan.” *Skripsi*.
- Afif, Muhammad Thowil, Ilham Ayu, and Putri Pratiwi. 2015. “Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion , Lithium-Polymer , Lead Acid Dan Nickel-Metal Hydride Pada Penggunaan Mobil Listrik - Review.” 6(2):95–99.
- Al-Mahalli, Jalaluddin and Jalaluddin Assuyuti. 2008a. *Tafsir Al-Jalalain Jilid 1*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Al-Mahalli, Jalaluddin and Jalaluddin Assuyuti. 2008b. *Tafsir Al-Jalalain Jilid 2*. Bandung: Sinar Baru Algensindo.
- Angalaeswari, S. et al. 2017. “Efficient Power Management of Grid Operated MicroGrid Using and Cooling Using Efficient Power Management of Grid Operated MicroGrid Fuzzy Logic Controller ( FLC ) Fuzzy Logic Controller ( FLC ) Assessing the Feasibility of Usin.” *Energy Procedia* 117:268–74. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2017.05.131>).
- Apsari, Atini Sofi. 2016. “RANCANG BANGUN SISTEM SELF-LEVELING PADA TRIPOD KAMERA BERBASIS MIKROKONTROLER.” (20110120009).
- Arduino, Belajar Mikrokontroler. 2014. “Belajar Mikrokontroler Arduino Untuk Tingkat Pemula. Arduino Sudah Menjadi Salah Satu Modul Mikrokontroler Yang Cukup Populer Sejak Beberapa Tahun Ini. Sifatnya Yang.” (May):1–5.
- Arifin, Saiful and Much Aziz Muslim. 2015. “Implementasi Logika Fuzzy Mamdani Untuk Mendeteksi Kerentanan Daerah Banjir Di Semarang Utara.” *Scientific Journal of Informatics* 2(2):179–92. Retrieved (<http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/sji>).
- Budi, AriesaZakaria, Andi Dharmawan. 2017. “Sistem Kendali Penghindar Rintangan Pada Quadrotor Menggunakan Konsep Linear Quadratic.” 7(2):219–30.
- Controller, Multi-rotors Flight. 2015. “Www.tarotrc.com.” 0–20.
- Datasheet. 2013. “Ultrasonic Ranging Module HC - SR04.” *Datasheet* 1–4. Retrieved (<http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>).
- Domingos, Diego, Guilherme Camargo, and Fernando Gomide. 2016. “Autonomous Fuzzy Control and Navigation of Quadcopters.” *IFAC-PapersOnLine* 49(5):73–78. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.07.092>).
- Gorunescu, Florin. 2011. *Data Mining: Concepts and Techniques*. Romania: Springer.
- Guerrero, Juan S.Guerrer., Aldo F.Contrera. González, Jose I.Hernánde. Vega,

- and Leticia A. Neir. Tovar. 2015. "Instrumentation of an Array of Ultrasonic Sensors and Data Processing for Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Teaching the Application of the Kalman Filter." *Procedia Computer Science* 75(Vare):375–80. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.260>).
- Hamdani, Chalidia Nurin, Rusdhianto Effendie A.K., and Eka Iskandar. 2013. "Perancangan Autonomous Landing Pada Quadcopter Dengan Menggunakan Behavior-Based Intelligent Fuzzy Control." *Jurnal Teknik POMITS* 2(2):63–68.
- Hani, Slamet. 2010. "Sensor Ultrasonik SRF05 Sebagai Memantau Kecepatan Kendaraan Bermotor." *Jurnal Teknologi* 3(2):120–28.
- Imansyah, Prasetya Aditya, Erwin Susanto S. T, and Junartha Halomoan S. T. 2016. "PERANCANGAN PENGATURAN PENERING TANGAN DENGAN METODE FUZZY LOGIC MENGGUNAKAN RASPBERRY-PI." 3(1):99–104.
- Kurnia, C. V and Alam Di. 2009. "PENERAPAN METODE ALORITMA FUZZY MAMDANI PADA APLIKASI SPK PENENTUAN JUMLAH PRODUKSI BARANG CV.KURNIA ALAM DI JEPARA Andreas Widiyantoro-NIM : A11.2009.04835."
- Kusumadewi, Sri. Purnomo, Hari. 2013. *Aplikasi Logika Fuzzy*. 2nd ed. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Manual, Instruction. n.d. *Radiolink at9*.
- Nithya Sree B, Vipin Raj C. 2017. "Accident Monitoring."
- Pratama, Hadijaya, Erik Haritman, and Tjetje Gunawan. 2012. "Akuisisi Data Kinerja Sensor Ultrasonik Berbasis Sistem Komunikasi Serial Menggunakan Mikrokontroler Atmega 32." *Electrans, Vol.11, No.2, September 2012* , 36-43 11(2):36–43.
- Prima, Eka Cahya, Siti Sarah Munifah, Robby Salam, Muhamad Haidzar Aziz, and Agustin Tia Suryani. 2017. "Automatic Water Tank Filling System Controlled Using Arduino™ Based Sensor for Home Application." *Procedia Engineering* 170:373–77. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2017.03.060>).
- Shanthamma, Y. T. and S. Nalini. 2012. "Modeling and Simulation of Real Time Electronic Speed Controller of Position Sensorless Brushless DC Motor." 1(4):4–6.
- Simić, Dragan, Ilija Kovačević, Vasa Svirčević, and Svetlana Simić. 2016. "50 Years of Fuzzy Set Theory and Models for Supplier Assessment and Selection: A Literature Review." *Journal of Applied Logic* 24:85–96. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.jal.2016.11.016>).
- Sugih, Akbar and Miftahul Huda. 2017. "Pengembangan Penstabilan Quadcopter Berbasis Domain Rule Proportional-Integral- Derivative (Pid) Controller."
- Susanto, Rudy, Yohannes Kristanto, Sonny Ridwanto, and Diptyo Hisnuaji. 2007.

“Perancangan Dan Implementasi Sensor Parkir.” *CommIT* 1(1):18–29.

Uno, Arduino. 2012. “Arduino Uno.” (February).

Vidhya, Prof D. S., Cecilia Jane D. Silva, and Clarissa Joella Costa. 2016. “Obstacle Detection Using Ultrasonic Sensors.” 2(11):316–20.

Zhu, Xueping, Zhengchun Liu, and Jun Yang. 2015. “Model of Collaborative UAV Swarm toward Coordination and Control Mechanisms Study.” *Procedia Computer Science* 51(1):493–502. Retrieved (<http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2015.05.274>).

