

SKRIPSI

**Model Robot Pemberi Pakan Ikan Menggunakan *Fuzzy Inference System*
(FIS) Metode *Tsukamoto***

**Oleh :
Riki Okta Andrian
065117001**



**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PAKUAN
BOGOR
2024**

HALAMAN PENGESAHAN

JUDUL : Model Robot Pemberi Pakan Ikan Menggunakan *Fuzzy Inference System* (FIS) Metode *Tsukamoto*
NAMA : Riki Okta Andrian
NPM : 065117001

Mengesahkan,

Pembimbing Pendamping

Pembimbing Utama

Agung Prajuhana Putra, M.Kom.

Dr. Prihastuti Harsani, M.Si.

Mengetahui

Ketua Program Studi Ilmu Komputer
FMIPA – UNPAK

Dekan
FMIPA - UNPAK

Arie Qur'ania, M.Kom.

Asep Denih, S.Kom., M.Sc., Ph.D.

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS SKRIPSI

Dengan ini saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Riki Okta Andrian
NPM : 065117001
Program Studi : Ilmu Komputer
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Sejauh yang saya ketahui, karya tulis ini bukan merupakan karya tulis yang pernah dipublikasikan atau sudah pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas lain, kecuali pada bagian-bagian di mana sumber informasinya dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya. Apabila kelak dikemudian hari terdapat gugatan, penulis bersedia dikenakan sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Bogor, 6 Juni 2024

Riki Okta Andrian

PERNYATAAN PELIMPAHAN SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Saya yang bertandatangan di bawah ini :

Nama : Riki Okta Andrian

NPM : 065117001

Judul Skripsi : Model Robot Pemberi Pakan Ikan Menggunakan *Fuzzy Inference System*
(FIS) Metode *Tsukamoto*

Dengan ini saya menyatakan bahwa Paten dan Hak Cipta dari produk Skripsi dan Tugas Akhir di atas adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apapun kepada perguruan tinggi manapun.

Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir skripsi ini.

Dengan ini saya melimpahkan Paten, hak cipta dari karya tulis saya kepada Universitas Pakuan.

Bogor, 6 Juni 2024

Riki Okta Andrian

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Air Nanningan, Lampung pada tanggal 22 Oktober 1997 dari pasangan Bapak Nunung dan Ibu Asnawati sebagai anak Tunggal. Penulis memulai Pendidikan di Sekolah Dasar pada tahun 2004 yang bertempat di SDN Parung 1, kemudian pada tahun 2010 melanjutkan pendidikan ke jenjang menengah di SMP Negeri 1 Parung. Dan pada Tahun 2013 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang menengah atas di SMA YADIKA 7 Bogor. Selanjutnya, pada tahun 2017 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang Perguruan Tinggi di Universitas Pakuan Bogor pada Program Studi Ilmu Komputer, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Pada bulan Juni tahun 2024 penulis menyelesaikan Pendidikan Sarjana Ilmu Komputer dengan judul skripsi yaitu, “ **Model Robot Pemberi Pakan Ikan Menggunakan *Fuzzy Inference System (FIS) Metode Tsukamoto*** ”, Di bawah bimbingan Ibu Dr. Prihastuti Harsani., M.Si selaku pembimbing utama dan Bapak Agung Prajuhana Putra., M.Kom selaku pembimbing pendamping.

RINGKASAN

Masalah pemberian pakan ikan yang efisien dan tepat waktu sangat penting dalam budidaya perikanan. Pemberian pakan yang berlebih atau kurang dapat mempengaruhi kesehatan ikan dan kualitas air. Penggunaan teknologi otomatisasi dalam pemberian pakan ikan dapat membantu mengatasi masalah ini. Skripsi ini bertujuan untuk mengembangkan model robot pemberi pakan ikan yang menggunakan *Fuzzy Inference System* (FIS) dengan metode *Tsukamoto* untuk mengatur jumlah pakan yang diberikan.

Model robot pemberi pakan ikan menggunakan FIS metode *Tsukamoto* yang dikembangkan dalam penelitian ini berhasil menunjukkan performa yang baik dalam pengaturan jumlah pakan. Teknologi ini dapat diadopsi oleh industri perikanan untuk meningkatkan efisiensi dan keberlanjutan budidaya ikan.

KATA PENGANTAR

Dengan menyebut nama Tuhan yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang, penulis panjatkan puja dan puji syukur atas kehadirat-Nya, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan inayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini yang berjudul " Model Robot Pemberi Pakan Ikan Menggunakan *Fuzzy Inference System* (FIS) Metode *Tsukamoto* ".

Laporan tugas akhir dengan judul ini dibuat untuk salah satu syarat memperoleh gelar sarjana di Program Studi Ilmu Komputer Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Pakuan Bogor. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan Terima Kasih kepada :

1. Dr. Prihastuti Harsani., M.Si. Selaku Pembimbing Utama, yang telah memberikan pengarahan dan petunjuk dalam penulisan tugas akhir ini.
2. Agung Prajuhana Putra., M.Kom. Selaku Pembimbing Pendamping, yang telah membimbing dan memberikan masukan dalam penulisan tugas akhir ini serta banyak memberikan dukungan moril dan motivasi kepada penulis.
3. Arie Qur'ania., M.Kom. Selaku Ketua Program Studi Ilmu Komputer.
4. Untuk Orang Tua saya Ibu Asnawati yang senantiasa mendoakan untuk kebaikan anak-Nya, selalu memberikan kasih sayang dan juga selalu mensupport dalam hal apapun.
5. Untuk My Human Diary Reshyta, Karena sudah selalu memberi semangat untuk tetap menjalankan kuliah dan menjadi tempat berkeluh kesah.
6. Beberapa kerabat terdekat Angkatan 2017 yang selalu memberikan motivasi.

Menyadari keterbatasan waktu dan kemampuan penulis dalam penulisan tugas akhir ini, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bogor, 6 Juni 2024

Riki Okta Andrian

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TULIS SKRIPSI.....	ii
PERNYATAAN PELIMPAHAN SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA	iii
RIWAYAT HIDUP	iv
RINGKASAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Manfaat.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.1.1 Karakteristik Robot.....	4
2.1.2 Pakan Ikan Kering	4
2.1.3 <i>Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto</i>	4
2.1.3.1 <i>Fuzzifikasi</i>	5
2.1.3.2 Inferensi.....	6
2.1.4 Mikrokontroler	6
2.1.5 Arduino Uno	6
2.1.6 Sensor Gyro	7
2.1.7 Modul ESP32.....	7
2.1.8 Internet of Things (IoT)	8
2.1.9 Aplikasi Telegram.....	8
2.1.10 Sensor Ultrasonik.....	9
2.1.11 Motor Servo	9
2.1.12 Driver Motor L298N.....	10
2.1.13 Motor DC.....	10
2.2 Penelitian Terdahulu.....	11
2.3 Tabel Perbandingan Penelitian	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	13
3.1 Metode Penelitian	13
3.1.1 Perancangan Penelitian	13
3.1.2 Studi Referensi.....	14
3.1.3 Desain Elektrik.....	14
3.1.4 Pengadaan Komponen.....	15

3.1.5 Pengujian Komponen	15
3.1.6 Implementasi Elektrik	15
3.1.7 Desain Software	16
3.1.8 Fungsi Keanggotaan Sensor Ultrasonik	17
3.1.9 Implementasi Software	19
3.1.10 Uji Software	19
3.1.10.1 Uji Struktural	20
3.1.10.2 Uji Fungsional	20
3.1.10.3 Uji Validasi	20
3.1.11 Desain Mekanik	20
3.1.12 Implementasi Mekanik.....	21
3.1.13 Integrasi.....	21
3.1.14 Uji Keseluruhan	21
3.1.15 Uji Fungsional.....	22
3.1.16 Uji Validasi	22
3.1.17 Aplikasi	22
BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI	23
4.1 Tahap Perencanaan	23
4.1 Tahap Analisis	23
4.3 Tahap Perancangan	24
4.4 Tahap Implementasi	28
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	29
5.1. Hasil	29
5.1.1 Alat	29
5.1.2 Penggunaan Software IDE Arduino	32
5.1.3 Pemasangan Buzzer.....	33
5.1.4 Perancangan pada MATLAB	34
5.1.5 Implementasi Pada Alat Pakan Ikan Otomatis.....	34
5.2 Pembahasan	36
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	37
6.1 Kesimpulan	37
6.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
LAMPIRAN.....	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kurva Linier Turun.....	5
Gambar 2. Kurva Linier Naik.....	6
Gambar 3. Arduino Uno.....	7
Gambar 4. Sensor Gyroscope.....	7
Gambar 5. Modul ESP32.....	8
Gambar 6. Aplikasi Telegram.....	9
Gambar 7. Sensor Ultrasonik.....	9
Gambar 8. Motor Servo.....	9
Gambar 9. Driver Motor L298N.....	10
Gambar 10. Motor DC.....	11
Gambar 11. Metode Penelitian <i>Hardware Programing</i>	13
Gambar 12. Perencanaan Rancangan Penelitian.....	14
Gambar 13. Desain Elektrik.....	15
Gambar 14. Desain Software.....	16
Gambar 15. Model Kolam Ikan.....	17
Gambar 16. Fungsi Keanggotaan Sensor Ultrasonik.....	18
Gambar 17. Uji Software.....	20
Gambar 18. Desain Sistem Mekanik.....	21
Gambar 19. Uji Keseluruhan.....	22
Gambar 20. Sensor Gyro Pada Saat Bergerak.....	25
Gambar 21. Sensor Gyro Pada Saat Diam.....	25
Gambar 22. Fungsi Keanggotaan Error Ketika <i>Fuzzy</i> Digunakan (a).....	27
Gambar 23. Fungsi Keanggotaan d_error	27
Gambar 24. Robot Pemberi Pakan Ikan.....	29
Gambar 25. Indikator Pakan Sebelum Berjalan.....	31
Gambar 26. Indikator Sisa Pakan Sesudah Berjalan.....	31
Gambar 27. Inisialisasi Jenis Arduino Pada IDE Arduino.....	32
Gambar 28. Inisialisasi port serial Arduino.....	32
Gambar 29. Pemasangan Mikrokontroler.....	33
Gambar 30. Pemasangan Buzzer.....	33
Gambar 31. Desain <i>Fuzzy Logic</i> MATLAB.....	34
Gambar 32. <i>Fuzzy Rules</i> dan Defuzzyfikasi pada MATLAB.....	34

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Perbandingan Penelitian	12
Tabel 2. <i>Fuzzy Rules</i>	19
Tabel 3. <i>Threshold Fuzzy Rules</i>	19
Tabel 4. Data Kinerja Gyro	23
Tabel 5. Data Arah Maju Dan Mundur Robot	24
Tabel 6. Data Gyro Dalam Keadaan Diam	26
Tabel 7. Data Gyro Dalam Keadaan Bergerak.....	26
Tabel 8. Waktu Pemberian Pakan	30
Tabel 9. Implementasi <i>Fuzzy</i>	36

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Coding Arduino ESP32	40
Lampiran 2. Coding Gyroscope Menggunakan Arduino Uno.....	41
Lampiran 3. Coding Motor DC	42
Lampiran 4. Coding Maju Dan Mundur Robot.....	43

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Secara singkat *Internet of Things* adalah teknologi di mana benda-benda di sekitar kita dapat berkomunikasi antara satu sama lain melalui sebuah jaringan Internet. Jadi Internet of Things (IoT) adalah sebuah konsep dimana suatu objek memiliki kemampuan untuk mentransfer data melalui jaringan internet. (Widodo, Ichsan, & Sutabri, 2020).

Perkembangan teknologi yang semakin pesat telah mempengaruhi berbagai bidang kehidupan terutama dalam bidang perikanan yang telah menggunakan alat pemberi pakan otomatis. Penggunaan alat pakan otomatis dimaksudkan agar pemberian pakan bisa lebih mudah dan tidak memerlukan pengawasan terus menerus. Pemberian pakan yang tepat merupakan salah satu penentu keberhasilan dalam budidaya ikan. Alat pemberi pakan otomatis yang digunakan oleh petani ikan pada umumnya hanya memperhitungkan frekuensi dan waktu pemberian pakan ikan.

Logika *fuzzy* atau logika kabur merupakan suatu metode komputasi yang digunakan untuk melakukan peramalan dan sebagai penunjang keputusan. Teori logika *fuzzy* digunakan sebagai kerangka matematis untuk menangani masalah ketidakjelasan atau ketidakpastian. Logika *fuzzy* sering digunakan dalam penelitian karena konsep matematis yang mendasari penalaran *fuzzy* mudah untuk dimengerti dan juga kemampuannya dalam menjembatani bahasa mesin yang selalu tepat dengan bahasa manusia yang cenderung tidak tepat. Aplikasi logika *fuzzy* yang digunakan ialah *Fuzzy Inference System* (FIS), yaitu sebuah rancang kerja komputasi berdasarkan konsep himpunan *fuzzy* yang digunakan sebagai penunjang keputusan (Setiyawan et al., 2023).

Budidaya ikan menggunakan kolam buatan telah menjadi pilihan yang diminati oleh berbagai kalangan masyarakat. Tidak hanya peternak, tetapi juga banyak orang yang memiliki profesi lain yang memilih untuk terlibat dalam kegiatan budidaya ikan ini sebagai sumber penghasilan tambahan atau utama. Pentingnya budidaya ikan secara intensif untuk meningkatkan produksi ikan. Salah satu aspek kunci dalam budidaya ikan adalah memberikan pakan yang tepat dan terjadwal. Memberikan pakan tanpa rencana yang jelas atau dengan takaran yang tidak seimbang dapat memiliki dampak negatif yang signifikan. Beberapa dampak negatif yang mungkin terjadi jika pakan diberikan tidak seimbang antara lain kerugian materil, kualitas air, kelangsungan hidup ikan (Gusti Randa Marpaung, 2020).

Sebelumnya telah dirancang alat penelitian lainnya yang telah dilakukan (Tata Sutabri, 2021) tentang “Rancang Bangun Alat Pakan Otomatis untuk Ikan Cupang Menggunakan Logika *Fuzzy*”. Penelitian lainnya yang telah dilakukan (Imam Taufiqurrahman, 2023) tentang “Penentuan Kuantitas Pakan Ikan Berbasis *Fuzzy Logic*”. Penelitian terkait lainnya oleh (Somantri, 2023) tentang “Perancangan Sistem Otomatisasi Pemberi Pakan Ikan Lele Berdasarkan Suhu Air Menggunakan Logika *Fuzzy Sugeno*”.

Berdasarkan alat yang telah dirancang sebelumnya maka penulis akan melakukan pengembangan alat berupa robot kapal pakan dengan menggunakan *fuzzy inference system* (FIS) dengan metode *tsukamoto*. Mikrokontroler ESP32 digunakan sebagai proses sistem Pengembangan alat menggunakan *logic fuzzy tsukamoto* untuk stok pakan pada robot pakan ikan yang di deteksi oleh sensor ultrasonik berdasarkan takaran pakan sesuai dengan enam target titik pakan yang diberikan. Model kolam yang dibuat berbentuk persegi dengan dimensi panjang 115 cm, lebar 80 cm dan tinggi 30 cm. Sistem yang dirancang dilengkapi teknologi *internet of things* untuk mengirimkan notifikasi stok pakan dan target pakan yang diberikan melalui aplikasi telegram ke *owner* (pemilik) budidaya ikan. Sehingga, penting untuk memastikan bahwa takaran dan jenis pakan yang diberikan sesuai dengan kebutuhan ikan yang dipelihara. Pemberian pakan yang seimbang dan merata merupakan salah satu faktor kunci dalam mencapai keberhasilan dalam budidaya ikan.

Alat yang akan dikembangkan hanya dapat memberi makan sekitar 6 ekor ikan koi saja, namun di masa yang akan datang dapat dikembangkan lagi. Terlebih lagi ikan koi paling efektif jika diberi pakan buatan yang dapat meningkatkan pertumbuhan dan mutasi warna pada ikan koi. Pakan buatan terbaik untuk ikan koi yaitu pakan kering (pelet) yang memiliki kandungan protein yang sangat tinggi untuk ikan koi, yang dapat memicu pertumbuhan ikan koi mulai dari ukuran, warna, dan menjaga kesehatan mental ikan koi. Ikan koi juga harus diberi makan 3 kali sehari dengan pakan buatan (organik).

Pada penelitian ini akan dikembangkan sebuah alat yang dapat memberi makan ikan koi dengan pakan buatan secara otomatis dan dapat dikontrol melalui *fuzzy inference system* (FIS) dengan metode *tsukamoto*. Penggunaan algoritma berbasis logika *fuzzy* akan membuat program pakan ikan koi otomatis akan jauh lebih terstruktur dan terencana sehingga mampu memodelkan fungsi nonlinier yang kompleks.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah menciptakan sebuah robot untuk meningkatkan pertumbuhan ikan dengan memastikan bahwa ikan mendapatkan pakan yang cukup dan sesuai dengan kebutuhan serta mampu memenuhi kebutuhan pemeliharaan ikan secara fleksibilitas dan efisien.

1.3 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup pada penelitian yang dilakukan agar tidak terlalu luas dan mendapat hasil yang optimal maka dibatasi menjadi sebagai berikut :

1. Merancang fisik dan mekanik dari robot kapal pakan ikan, termasuk perencanaan struktur, bahan pembuatan, dan sistem penggerak kapal.
2. Dimensi robot kapal panjang 30 cm, lebar 33 cm dan tinggi 25 cm.
3. Dimensi kolam dibuatkan model yaitu, panjang 115 cm, lebar 80 cm dan tinggi 30 cm.
4. Mengembangkan sistem pakan yang efisien dan aman untuk ikan, termasuk wadah penyimpanan pakan, mekanisme pemberian pakan, dan sistem distribusi pakan.
5. Menentukan jenis makanan ikan dalam bentuk pakan kering.
6. Jenis ikan adalah ikan koi dewasa.
7. Pemberian pakan dilakukan sebanyak 3 kali dalam 1 hari (jam 07:00, jam 12:00 dan jam 17:00)
8. Menghasilkan output dengan satuan meter per second (m/s)

9. *Input* sensor menggunakan ultrasonik berfungsi sebagai mengecek keadaan isi tampungan pakan yang dikirim ke aplikasi telegram jika pakan telah habis. Sensor terdiri dari Gyroscope adalah berupa sensor gyro dan Sensor Gelombang ultrasonik adalah gelombang dengan besar frekuensi diatas frekuensi gelombang suara yaitu lebih dari 20 KHz.
10. Mengintegrasikan algoritma *fuzzy inference system* metode *tsukamoto* untuk mengatur dan mengoptimalkan penggunaan pakan berdasarkan kondisi lingkungan dan kebutuhan ikan berdasarkan target yang diberikan.
11. Menghasilkan *output* data melalui aplikasi telegram sebagai notifikasi ketika pakan telah diberikan dan ketika tampungan pakan dalam keadaan kosong atau habis.
12. Daya listrik robot menggunakan baterai lippo 9 VDC.

1.4 Manfaat

Manfaat penelitian ini adalah :

1. Dapat mengoptimalkan pemberian pakan kepada ikan berdasarkan kondisi lingkungan dan kebutuhan ikan. Hal ini mengurangi pemborosan pakan dan meningkatkan efisiensi penggunaan pakan.
2. Dapat mempermudah peternak untuk memberikan pakan ikan secara jarak jauh melalui *smartphone* sehingga waktu peternak dapat dimanfaatkan ke aktifitas yang lainnya.
3. Agar pembudidaya sebagai *owner* mengetahui bahwa ikan sudah diberikan pakan oleh karyawan (*operator*) dengan notifikasi melalui aplikasi telegram.

BAB II

TINJAU PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

2.1.1 Karakteristik Robot

Robot telah diciptakan sebagai mesin *full on* yang beroperasi sebagai tenaga penggerak yang membantu pekerjaan manusia. Bahkan saat ini fungsi robot sudah dapat mengambil alih bagian pekerjaan fisik manusia dengan beragam kegiatan atau gerakan seperti aktivitas manusia pada umumnya. Penggunaan robot sudah masuk dalam bagian penting pada industri-industri besar. Dengan menggantikan aktivitas fisik manusia, biaya operasional industri tersebut menjadi lebih irit. Sudah banyak tren fungsi robot saat ini bukan hanya pada pekerjaan spesifik seperti pengecoran, penyolderan namun sudah berupa pengganti fungsi fisik manusia seperti pergelangan kaki atau tangan dari robot (Sirmayanti et al., 2021).

2.1.2 Pakan Ikan Kering

Pakan ikan adalah campuran dari berbagai bahan pangan (biasa disebut bahan mentah), baik nabati maupun hewani yang diolah sedemikian rupa sehingga mudah dimakan dan dicerna sekaligus merupakan sumber nutrisi bagi ikan yang dapat menghasilkan energi untuk aktivitas hidup. Pakan merupakan salah satu faktor penting produksi dalam suatu kegiatan budidaya ikan, terutama pada sistem intensif. Secara fisiologis pakan akan berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan ikan, sebagai sumber energi, gerak dan reproduksi. Pakan yang berkualitas baik akan menghasilkan pertumbuhan ikan dan efisiensi pakan yang tinggi. Secara ekonomis efisiensi pakan yang tinggi akan mempengaruhi biaya pakan sehingga berpengaruh pada biaya produksi (Gusti Randa Marpaung, 2020).

Makanan kering ikan berupa pellet berukuran 5 mm. Produk ini cocok diberikan untuk ikan berukuran besar, seperti ikan koi. Di dalam produk ini, terkandung astaxanthin, yakni golongan karotenoid yang dapat mencerahkan warna ikan. Selain itu, juga terkandung protein (35%-37%), lemak (4%-5%), fiber (4%-5%), dan ash (5%-8%).

2.1.3 Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto

Pada metode *Tsukamoto*, setiap aturan direpresentasikan menggunakan himpunan-himpunan *fuzzy*, dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Untuk menentukan nilai *output crisp* atau hasil yang tegas dicari dengan cara mengubah input (berupa himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan *fuzzy*) menjadi suatu bilangan pada domain himpunan *fuzzy* tersebut. Cara ini disebut dengan metode *defuzzyfikasi* (penegasan). Metode *defuzzyfikasi* yang digunakan dalam metode *Tsukamoto* adalah metode *defuzzyfikasi* rata-rata terpusat. Pada Metode *Tsukamoto*, setiap konsekuensi pada aturan yang berbentuk *IF- THEN* harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, *output* hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot (*Weight Average*) (Ragestu & Sibarani, 2020).

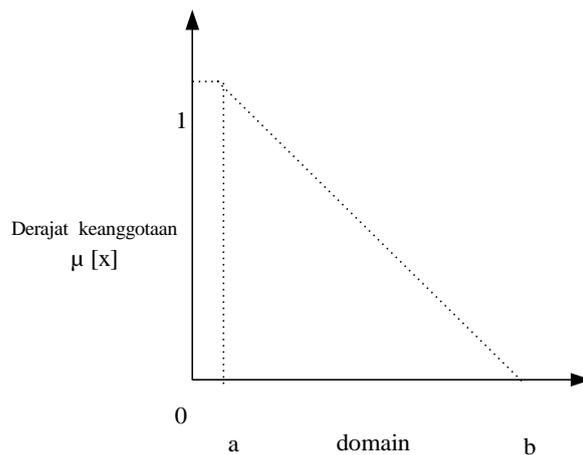
$$Z = \frac{\sum \alpha_i \cdot z_i}{\sum \alpha_i} \dots \dots (1)$$

Dimana : α = predikat (nilai minimal dari nilai derajat keanggotaan), Z_i = nilai *crisp* yang didapat dari rumus derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* yang merupakan nilai *output*, dan Z = *Defuzzyfikasi* rata-rata terpusat *Center Average Defuzzyfier*. Analisis data dari penelitian ini menggunakan *Fuzzy Inference System (FIS)* metode *Tsukamoto* dengan beberapa tahapan, yaitu :

2.1.3.1 Fuzzifikasi

Pada proses ini akan dilakukan penentuan variabel *fuzzy*, semesta pembicaraan, himpunan *fuzzy*, dan domain pada setiap himpunan. Pada tahap fuzzifikasi, untuk memperoleh nilai keanggotaan dilakukan dengan menggunakan fungsi-fungsi yang direpresentasikan dalam bentuk kurva sebagai berikut (Setiyawan et al., 2023) :

- a. Kurva Linier Turun, merupakan kurva lurus yang bergerak turun dimulai dari 1 yang merupakan nilai derajat keanggotaan tertinggi ke derajat keanggotaan terendah yaitu 0 yaitu pada Persamaan 2.



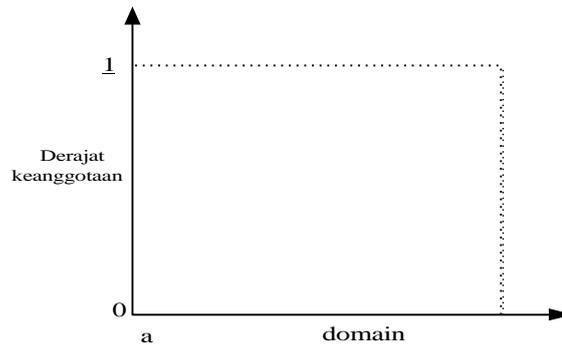
Gambar 1. Kurva Linier Turun

Keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & ; & X \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & ; & a \leq x \leq b \\ 0 & ; & X \geq b \end{cases} \dots \dots (2)$$

- b. Kurva Linier Naik, merupakan kurva lurus yang bergerak naik mulai dari nilai derajat keanggotaan terendah yaitu 0 ke nilai derajat keanggotaan lebih tinggi yaitu

Pada Persamaan 3.



Gambar 2. Kurva Linier Naik

Keanggotaan :

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & ; & X \leq a \\ \frac{b-x}{b-a} & ; & a \leq x \leq b \\ 0 & ; & X \geq b \end{cases} \dots\dots(3)$$

2.1.3.2 Inferensi

Inferensi merupakan sebuah penalaran dengan menggunakan *fuzzy input* dan *fuzzy rules* yang sudah dibuat. Berikut proses inferensi dengan menggunakan metode *tsukamoto* (Anggriani et al., 2020) :

- a. Menghitung nilai α -predikat tiap-tiap rule ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \dots, \alpha_n$) dengan fungsi implikasi MIN. α -predikatn= $\min[\mu A(x); \mu B(y)]$ (4)
- b. Menghitung hasil inferensi secara tegas (*crisp*) masing-masing *rule* ($z_1, z_2, z_3, \dots, z_n$) dari masing-masing nilai α -predikat yang telah diketahui.

2.1.4 Mikrokontroller

Mikrokontroller (bahasa Inggris: *microcontroller*) merupakan sistem mikroprosesor lengkap yang terkandung di dalam sebuah chip. Mikrokontroller berbeda dari mikroprosesor serba guna yang digunakan dalam sebuah PC, karena di dalam sebuah mikrokontroller umumnya telah terdapat komponen pendukung sistem minimal mikroprosesor, yakni memori dan antarmuka I/O, bahkan ada beberapa jenis mikrokontroller yang memiliki fasilitas ADC, PLL, EEPROM dalam satu kemasan, sedangkan di dalam mikroprosesor umumnya hanya berisi CPU saja (Riyan Hapipi et al., 2022).

2.1.5 Arduino Uno

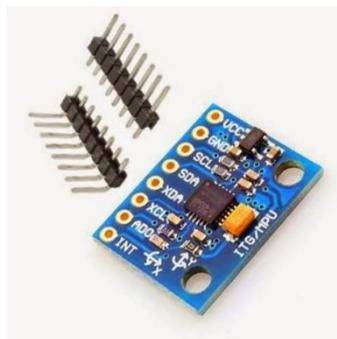
Arduino ini merupakan sebuah board mikrokontroller yang didasarkan pada ATmega328. Arduino Uno memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroller, mudah menghubungkannya ke sebuah komputer dengan sebuah kabel USB atau mensuplainya dengan sebuah adaptor AC ke DC atau menggunakan baterai untuk memulainya. ATmega328 pada Arduino Uno hadir dengan sebuah bootloader yang memungkinkan kita untuk mengupload kode baru ke ATmega328 tanpa menggunakan pemrogram hardware eksternal (Riyan Hapipi et al., 2022).



Gambar 3. Arduino Uno

2.1.6 Sensor Gyroscope

Perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, dengan prinsip ketetapan momentum sudut. Mekanismenya adalah sebuah roda berputar dengan piringan didalamnya yang tetap stabil. Giroskop sering digunakan pada robot atau heli dan alat-alat canggih lainnya. Gyroscope adalah berupa sensor gyro untuk menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada roda atau cakram yang berotasi dengan cepat pada sumbu.



Gambar 4. Sensor Gyro

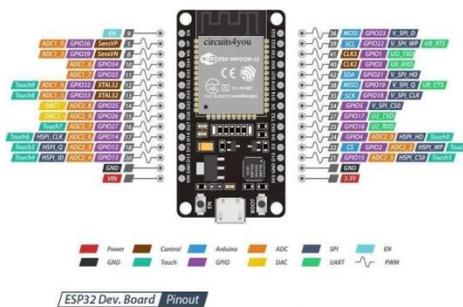
2.1.7 Modul ESP32

ESP32 adalah chip yang cukup lengkap, terdapat prosesor, penyimpanan dan akses pada GPIO (*General Purpose Input Output*). ESP32 bisa digunakan untuk rangkaian pengganti pada Arduino, ESP32 memiliki kemampuan untuk mendukung terkoneksi ke WI-FI secara langsung. (Wagyana, 2019) ESP32 adalah mikrokontroler dengan sistem biaya rendah, daya rendah pada mikrokontroler chip dengan *Wi-Fi* terintegrasi dan *Bluetooth* mode ganda. Seri ESP32 menggunakan mikroprosesor *Tensilica Xtensa LX6* baik dalam variasi *dual-core* dan *single-core* dan termasuk *switch* antena *built-in*, RF balun, penguat daya, penguat penerima derau rendah, filter, dan modul manajemen daya.

ESP32 adalah mikrokontroler yang dikenalkan oleh *Espressif System*. Pada mikrokontroler ini sudah tersedia modul WiFi dalam chip sehingga sangat mendukung untuk membuat sistem aplikasi *Internet of Things*. terlihat pada gambar di atas merupakan pin out dari ESP32. Pin tersebut dapat dijadikan input atau *output* untuk menyalakan LCD, lampu, bahkan untuk menggerakkan motor DC (Sriwijaya, 2019).

Pada pin out tersebut terdiri dari :

- 18 ADC (Analog Digital Converter, berfungsi untuk merubah sinyal analog ke digital)
- 2 DAC (Digital Analog Converter, kebalikan dari ADC)
- 16 PWM (*Pulse Width Modulation*)
- 10 Sensor sentuh
- 2 jalur antarmuka UART
- pin antarmuka I2C, I2S, dan SPI



Gambar 5. Modul ESP32

2.1.8 Internet of Things (IoT)

Internet of Things (IoT) merupakan perkembangan keilmuan yang sangat menjanjikan untuk mengoptimalkan kehidupan berdasarkan sensor cerdas dan peralatan pintar yang bekerjasama melalui jaringan internet (Keoh, Kumar & Tschofenig, 2014). Perkembangan *Internet of Things*, semua peralatan yang kita gunakan dalam kehidupan kita sehari-hari dapat dikendalikan dan dipantau menggunakan IoT. Mayoritas proses dilakukan dengan bantuan sensor di IoT. Sensor dikerahkan dimana-mana dan sensor ini mengkonversi data fisik mentah menjadi sinyal digital dan mengirimkan mereka ke pusat kontrol. Dengan cara ini kita bisa memonitor perubahan lingkungan jarak jauh dari setiap bagian dari dunia melalui internet (Rad & Ahmada, 2017).

2.1.9 Aplikasi Telegram

Telegram merupakan aplikasi pesan instan *multiplatform* berbasis *cloud* yang gratis dan bersifat nirbala. Aplikasi Telegram banyak tersedia untuk beragam sistem operasi seperti Android, iOS, Windows Phone, Ubuntu Touch, serta perangkat komputer seperti Windows, MacOS X, dan Linux. Dengan Telegram, pengguna dapat saling berikirim pesan teks, foto, video, audio, dokumen, sticker, dan beragam tipe berkas lainnya. Telegram dikembangkan oleh perusahaan Telegram Messenger LLP didukung wirausahawan Rusia Pavel Durov. Kode *client-side* Telegram bersifat gratis, sedangkan *server-side* tertutup dan hanya dimiliki perusahaan. Layanan Telegram juga menyediakan API untuk pengembang (*developers*) agar dapat membuat stiker animasi, perubahan tampilan, widgets, hingga bot. Informasi dan kebutuhan API Telegram dapat diakses melalui laman core.telegram.org (Dr. Vladimir, 2021).



Telegram

Gambar 6. Aplikasi Telegram

2.1.10 Sensor Ultrasonik

Sensor Gelombang ultrasonik adalah gelombang dengan besar frekuensi diatas frekuensi gelombang suara yaitu lebih dari 20 KHz. Seperti telah disebutkan bahwa sensor ultrasonik terdiri dari rangkaian pemancar ultrasonik yang disebut *transmitter* dan rangkaian penerima ultrasonik yang disebut *receiver*. Sinyal ultrasonik yang dibangkitkan akan dipancarkan dari *transmitter* ultrasonik. Ketika sinyal mengenai benda penghalang, maka sinyal ini dipantulkan, dan diterima oleh *receiver* ultrasonik. Sinyal yang diterima oleh rangkaian *receiver* dikirimkan ke rangkaian mikrokontroler untuk selanjutnya diolah untuk menghitung jarak terhadap benda di depannya (Puspasari et al., 2019).



Gambar 7. Sensor Ultrasonik

2.1.11 Motor Servo

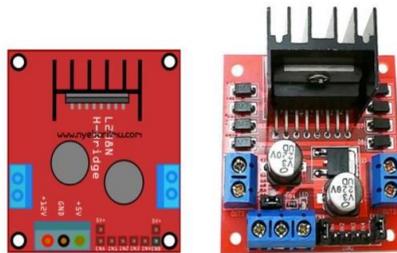
Motor Servo merupakan perangkat atau actuator putar (motor) yang mampu bekerja dua arah (*Clockwise dan Counter Clockwise*) dan dilengkapi rangkaian kendali dengan sistem *closed feedback* yang terintegrasi pada motor tersebut. Pada motor servo posisi putaran sumbu (axis) dari motor akan diinformasikan kembali ke rangkaian kontrol yang ada di dalam motor servo. Motor ini sangat kompleks karena disusun dari gearbox, motor dc, *variable* resistor dan sistem kendali, Potensiometer sebagai penentu batas maksimal dari putaran sumbu motor servo sedangkan arah putaran dan sudut dari sumbu motor servo dapat diatur berdasarkan pengaturan *duty cycle* sinyal PWM (*Pulse Width Modulation*) pada pin kendali motor servo (Harahap & Schmidt, 2018).



Gambar 8. Motor Servo

2.1.12 Driver Motor L298N

Driver motor L298N merupakan driver motor yang paling populer digunakan untuk mengontrol kecepatan dan arah pergerakan motor terutama pada robot *line follower* atau *line tracer*. Kelebihan dari driver motor L298N ini adalah cukup presisi dalam mengontrol motor. Selain itu, kelebihan driver motor L298N adalah mudah untuk dikontrol berikut model dari driver motor L298N Untuk mengontrol driver L298N ini dibutuhkan 6 buah pin mikrokontroler. Dua buah untuk pin *Enable* satu buah untuk motor pertama dan satu buah yang lain untuk motor kedua. Karena driver L298N ini dapat mengontrol dua buah motor DC, 4 buah untuk mengatur kecepatan motor motor tersebut. *Output* dari rangkaian ini sudah berupa dua pin untuk masing masing motor. Pada prinsipnya rangkaian driver motor L298N ini dapat mengatur tegangan dan arus sehingga kecepatan dan arah motor dapat diatur (Harahap & Schmidt, 2018).



Gambar 9. Driver Motor L298N

2.1.13 Motor DC

Motor DC merupakan aktuator yang banyak digunakan dalam aplikasi robotik. Dalam penerapannya, dibutuhkan *gearbox* dengan *gear ratio* tertentu, agar robot dapat bergerak dengan nyaman dan bertenaga. Motor dicatu dengan tegangan 3-6 Volt DC dengan kecepatan putar sumbu 12300 rpm pada tegangan 3 Volt. Cocok untuk aplikasi robotik yang memerlukan kecepatan dan kekuatan (Harahap & Schmidt, 2018).

Motor listrik merupakan perangkat elektromagnetis yang mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya memutar impeller pompa, fan atau blower, menggerakkan kompresor, mengangkat bahan, dll. Motor listrik digunakan juga di rumah (mixer, bor listrik, fan angin) dan di industri. Motor listrik kadangkala disebut “kuda kerja” nya industri sebab diperkirakan bahwa motor-motor menggunakan sekitar 70% beban listrik total di industri. Motor DC adalah motor listrik yang memerlukan suplai tegangan arus searah pada kumparan medan untuk diubah menjadi energi gerak mekanik. Kumparan medan pada motor dc disebut stator (bagian yang tidak berputar) dan kumparan jangkar disebut rotor (bagian yang berputar). Motor arus searah, sebagaimana namanya, menggunakan arus langsung yang tidak langsung/directunidirectional.



Gambar 10. Motor DC

2.2 Penelitian Terdahulu

Pada penelitian sebelumnya tentang telah banyak diperkenalkan diantaranya adalah sebagai berikut :

1. Nama : Tata Sutabri
Judul : Rancang Bangun Alat Pakan Otomatis untuk Ikan Cupang Menggunakan Logika *Fuzzy*.
Tahun : 2021
Isi : Dengan menggunakan algoritma berbasis logika *fuzzy*, akan dibuat program untuk memberi pakan ikan cupang otomatis. Penggunaan logika *fuzzy* membuat program jauh lebih terstruktur dan terencana sehingga mampu memodelkan fungsi nonlinier yang kompleks dimana alat tersebut dapat memberi makan ikan cupang dengan pakan kutu air secara otomatis dan dapat dikontrol melalui aplikasi Blynk di smartphone. Alat ini dirancang menggunakan NodeMCU ESP8266 ditambah dengan motor Servo sebagai output dalam pemberian makan ikan cupang.
2. Nama : Imam Taufiqurrahman
Judul : Penentuan Kuantitas Pakan Ikan Berbasis *Fuzzy Logic*.
Tahun : 2023
Isi : Berdasarkan hasil percobaan penerapan Logika *Fuzzy* pada alat pakan ikan otomatis dapat memunculkan variasi dari pakan yang diberikan berdasarkan pada indikator kondisi air berupa suhu, kekeruhan, oksigen terlarut dan berdasarkan bobot ikan yang ada di kolam. Dalam penelitian ini akan dilakukan simulasi penerapan sistem penentuan penyesuaian nilai FR dengan memperharikan faktor-faktor tersebut menggunakan aplikasi MATLAB yang selanjutnya di terapkan pada alat pakan ikan otomatis.
3. Nama : Somantri
Judul : Perancangan Sistem Otomatisasi Pemberi Pakan Ikan Lele Berdasar Suhu Air Menggunakan Logika *Fuzzy Sugeno*.
Tahun : 2023
Isi : Sistem yang dibuat menggunakan metode pengembangan sistem prototype dan logika *fuzzy sugeno*, logika *fuzzy sugeno* digunakan untuk membuat aturan banyaknya pakan yang keluar berdasarkan parameter suhu air. variabel input suhu air memiliki rentang antara 0-36 oC dan variabel output jumlah pakan memiliki rentang 0-100%, hasil pengujian pada aplikasi matlab menunjukkan akurasi yang tinggi, dari pengujian motor servo, didapat keluaran pakan 20 gram setiap satu kali putaran dalam waktu satu detik, pada pengujian sensor suhu air didapat selisih rata-rata 0.45 oC dengan rata-rata error 1,8%.

2.3 Tabel Perbandingan Penelitian

Tabel perbandingan penelitian menunjukkan beberapa perbedaan yaitu :

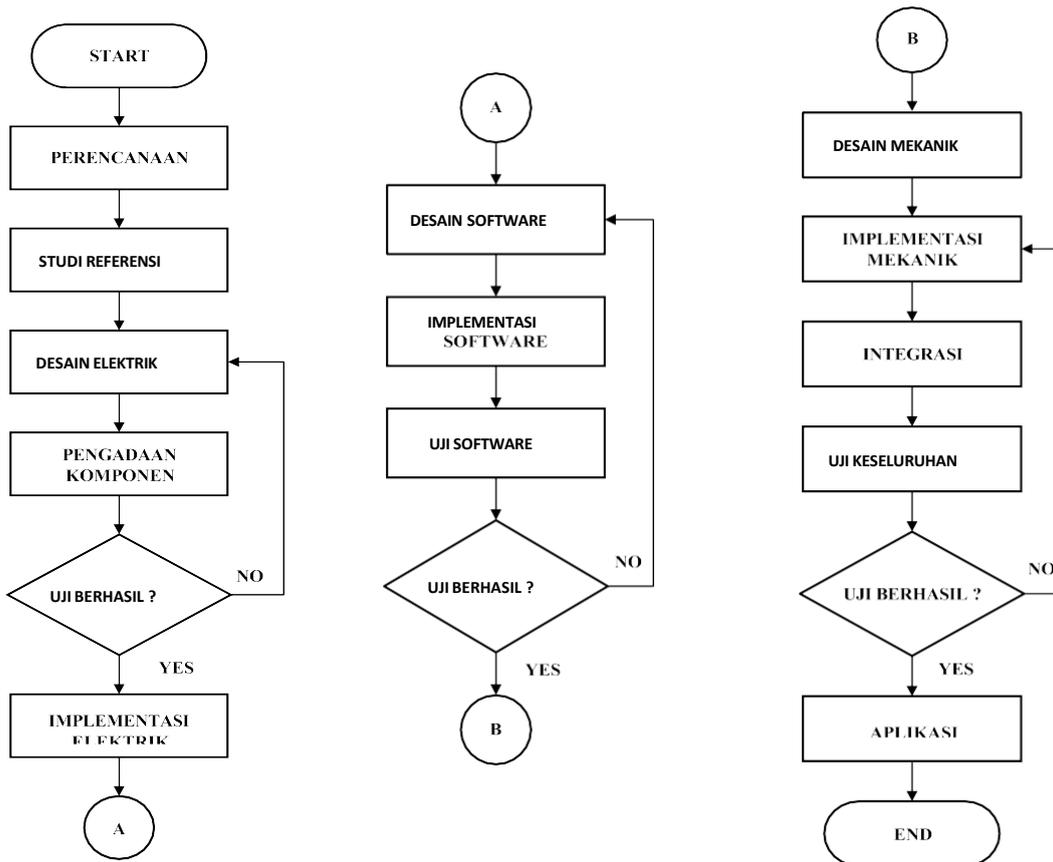
Tabel 1. Perbandingan Penelitian

No	Penelitian dan Tahun	Input			Proses			Output				Metode		
		Ultrasonik	RTC DS3231	Sensor DS18B20	IOT	Arduino Uno	ESP8266	Blynk	Websver	Servo	Motor DC	Telegram	Android	<i>Fuzzy Logic</i>
1	Tata Sutabri (2021)		√		√		√	√		√				<i>Sugeno</i>
2	Imam Taufiqurrahman (2023)			√	√		√	√		√				<i>Mamdani</i>
3	Somantri (2023)	√	√	√	√		√			√			√	<i>Sugeno</i>
4	Riki Okta Andrian (2023)	√			√	√	√		√	√	√	√		<i>Tsukamoto</i>

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan untuk mengembangkan penelitian "Model Robot Pemberi Pakan Ikan Menggunakan *Fuzzy Inference System* (FIS) Metode *Tsukamoto*" dengan bidang *hardware programming* yang ditunjukkan pada gambar 11.

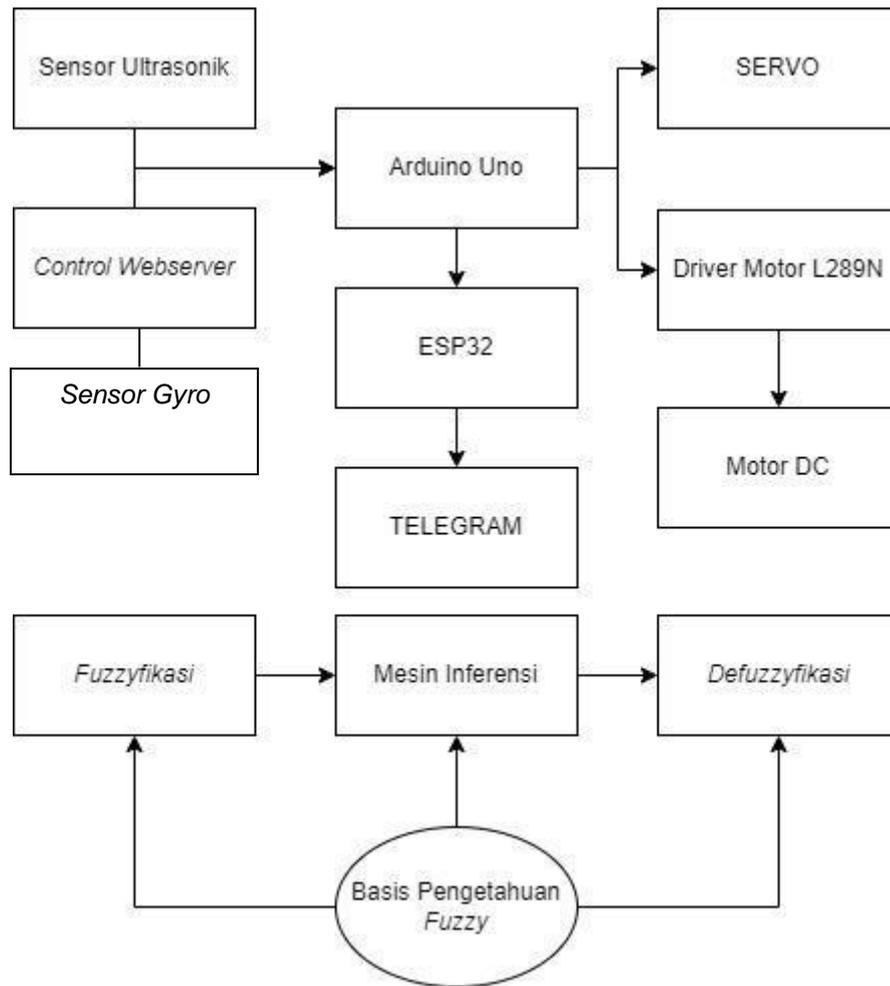


Gambar 11. Metode Penelitian *Hardware Programming*

3.1.1 Perencanaan Penelitian

Dalam perencanaan proyek penelitian, terdapat beberapa hal penting yang harus ditentukan dan dipertimbangkan, antara lain :

1. Penentuan topik dan kerangka awal penelitian.
2. Estimasi kebutuhan alat dan bahan.
3. Estimasi anggaran.
4. Perangkat lain.
5. Kemungkinan penerapan dari *hardware* yang akan dirancang.



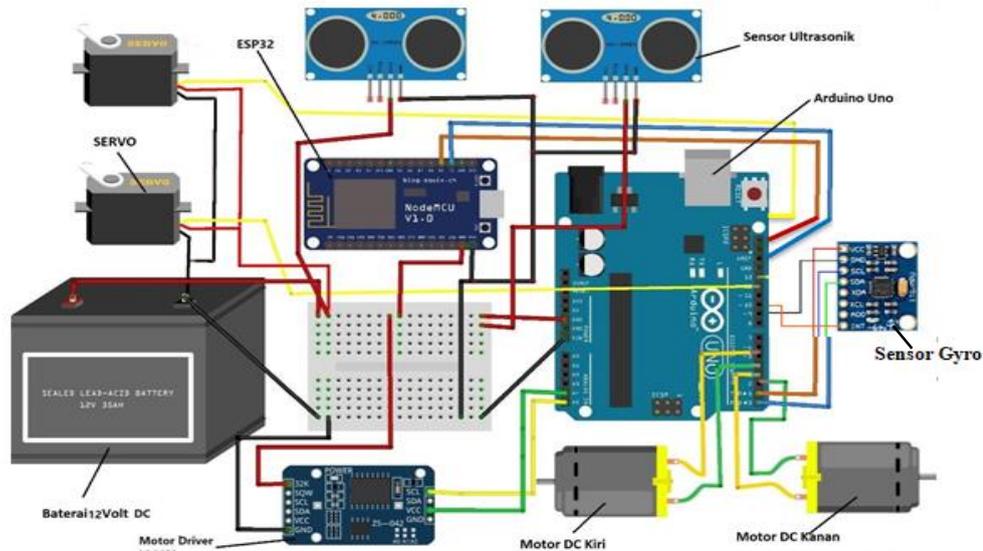
Gambar 12. Perencanaan Rancangan Penelitian

3.1.2 Studi Referensi

Setelah perencanaan yang dilakukan telah matang, maka dilanjutkan penelitian awal dari *hardware* yang akan dibuat, dimulai dari pemilihan dan pengetesan komponen (alat dan bahan), kemungkinan dari rancangan awal maupun akhir dari *hardware* yang akan dilakukan yaitu model robot pemberi pakan ikan menggunakan *fuzzy inference system* (FIS) metode *tsukamoto*.

3.1.3 Desain Elektrik

Dalam desain elektrik terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan. Perancangan skematik rangkaian dibuat untuk menunjukkan rangkaian yang terhubung pada komponen model robot pemberi pakan ikan menggunakan *fuzzy inference system* (FIS) metode *tsukamoto* yang mengacu pada penempatan port yang terkoneksi pada setiap bagian dari sistem, skematik rangkaian yang dibuat menggunakan perangkat lunak fritzing.



Gambar 13. Desain Elektrik

Penjelasan gambar diatas mengenai desain elektrik yang dibangun pada robot pemberi pakan ikan menggunakan *fuzzy inference system* (FIS) metode *tsukamoto*. Skematik sistem yang dirancang menggunakan mikrokontroller Arduino Uno yang terhubung ke pin serial Rx Tx modul *wifi* ESP32 untuk proses komunikasi data dan pengendalian sistem kontrol motor driver L289N sebagai penggerak motor DC kanan dan motor DC kiri. Sensor ultrasonik terhubung ke pin D4 dan D5 ESP32 untuk deteksi stok pakan pada wadah penampung, motor servo terhubung ke pin 12 dan 13 Arduino Uno yang digunakan sebagai aktuator pemberian pakan. Daya listrik yang digunakan pada robot kapal menggunakan baterai Lippo 12 VDC (*Volt Direct Current*). Sensor gyroscope atau giroskop ini sendiri dibutuhkan sebagai alat untuk menjaga arah (*direction*) yang sesuai atau memberikan stabilitas dalam navigasi, stabilizer dan untuk menuju target. Dengan demikian sensor ini disematkan sebagai fitur untuk merasakan perubahan arah.

3.1.4 Pengadaan Komponen

Pengadaan komponen adalah tahap persiapan pengumpulan komponen- komponen yang akan di pakai nantinya agar pada saat proses perakitan tidak terhenti karena kekurangan komponen. Setelah pengadaan komponen selesai lalu dilanjut ke proses pengujian komponen.

3.1.5 Pengujian Komponen

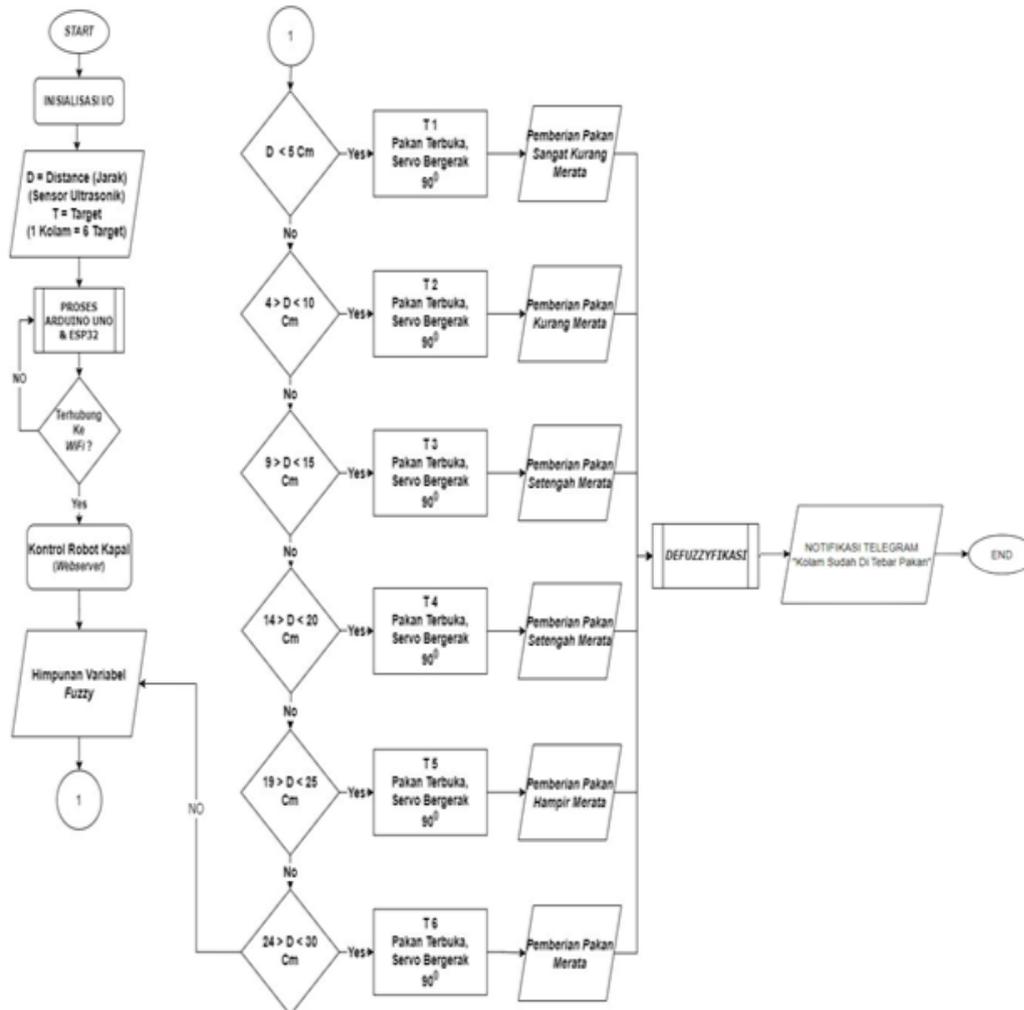
Dalam tahap pengetesan komponen dilakukan pengetesan alat terhadap fungsi kerja komponen berdasarkan kebutuhan sistem yang akan dibuat. Agar alat dapat berjalan sebagaimana semestinya.

3.1.6 Implementasi Elektrik

Implementasi elektrik adalah pengimplementasian dari gambaran rangkaian desain listrik yang telah dibuat sebelumnya.

3.1.7 Desain Software

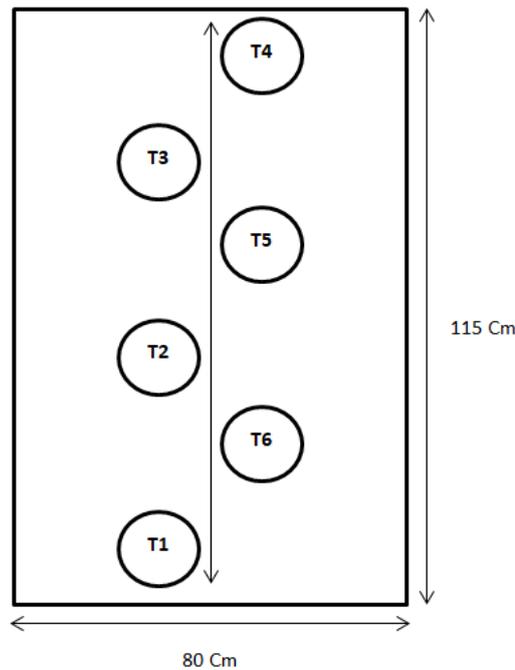
Dalam proses ini, perangkat lunak yang dibutuhkan adalah Arduino IDE, Ms. Visio, sensor gyro, Ms. Word, Fritzing, SketchUp 2018 dan Paint. *Flowchart* program utama didesain pada gambar 14.



Gambar 14. Desain Software

Fuzzifikasi merupakan proses perubahan nilai data dari setiap sensor menjadi bentuk himpunan variabel *fuzzy* berdasarkan fungsi keanggotaannya, proses ini berfungsi untuk menempatkan setiap nilai sesuai dengan derajat keanggotaannya, yaitu 0 dan 1. Apabila nilai yang berada di antara 0 dan 1, maka disebut samar (*fuzzy*). Hardware kemudian mendapatkan nilai sensor ultrasonik sebagai *crisp input* pada *fuzzy logic*. Selanjutnya *Fuzzifikasi* akan membuat fungsi keanggotaan dan menentukan banyaknya *linguistic variable*. Berdasarkan fungsi keanggotaan tersebut akan dapat diketahui nilai derajat keanggotaan setiap *variable* dalam himpunan *fuzzy* yang telah dibuat berdasarkan fungsi keanggotaannya (Cahyadi, dkk, 2020; Satriatama, dkk, 2020).

Berdasarkan gambar 14 diatas, robot pemberi pakan ikan dimulai ketika diaktifkan dan *hardware* melakukan inisialisasi *input* dan *output*, mikrokontroler Arduino Uno melakukan proses data dan ESP32 melakukan komunikasi data melalui jaringan *wifi* untuk dapat terhubung ke sistem kontrol melalui *webserver*. proses data himpunan variabel *fuzzy* didapatkan dari sensor ultrasonik sebagai *crisp input* yang selanjutnya akan dilakukan *fuzzifikasi* untuk menentukan banyaknya *linguistic variable*. Data *linguistic variable* pertama yaitu, jika jarak $D < 5$ cm maka servo bergerak 90^0 dan pakan terbuka, sehingga target 1 (T1) pemberian pakan sangat kurang merata. Selanjutnya yang kedua jika jarak $4 > D < 10$ cm maka servo bergerak 90^0 dan pakan terbuka, sehingga target 2 (T2) pemberian pakan kurang merata. Selanjutnya yang ketiga dan keempat jika jarak $9 > D < 15$ cm dan jarak $14 > D < 20$ cm maka servo bergerak 90^0 dan pakan terbuka, sehingga target 3 (T3) dan target 4 (T4) pemberian pakan setengah merata. Sedangkan kelima jika jarak $19 > D < 25$ cm maka servo bergerak 90^0 dan pakan terbuka, sehingga target 5 (T5) pemberian pakan hampir merata. Variabel keenam jika jarak $24 > D < 30$ cm maka servo bergerak 90^0 dan pakan terbuka, sehingga target 6 (T6) pemberian pakan merata. Setelah selesai proses data variabel maka dilakukan *defuzzifikasi* untuk menentukan keputusan pemberian pakan, apakah pakan sudah ditebar dikolam atau sebaliknya pakan belum di dikolam. Berikut diagram kolam d:



Gambar 15. Model Kolam Ikan

3.1.8 Fungsi Keanggotaan Sensor Ultrasonik

Hasil dalam bentuk grafik dari fungsi keanggotaan sensor ultrasonik yang digunakan memiliki 6 variabel *linguistic* yaitu Target 1 (T1), Target 2 (T2), Target 3 (T3), Target 4 (T4), Target 5 (T5) dan Target 6 (T6). Dengan *range* nilai Target 1 dari 0 sampai 5 cm, *range* nilai Target 2 diantara 4 sampai dengan 10 cm, *range* nilai Target 3 diantara 9 sampai 15 cm, *range* nilai Target 4 diantara 14 sampai dengan 20 cm, *range* nilai Target 5 diantara 19 sampai 25 cm dan *range* nilai Target 6 diantara 24 sampai dengan 30 cm. Untuk mengetahui fungsi sensor gyro maka target yang ditentukan adalah T1 dimana memiliki *range* atau jarak paling terendah dimana dapat diketahui tentang gyroscope adalah perangkat untuk mengukur atau mempertahankan orientasi, dengan prinsip ketetapan momentum sudut. Mekanismenya

adalah sebuah roda berputar dengan piringan didalamnya yang tetap stabil. Gyroscope adalah berupa sensor gyro untuk menentukan orientasi gerak dengan bertumpu pada roda atau cakram yang berotasi dengan cepat pada sumbu. Gyro sensor bisa mendeteksi gerakan sesuai gravitasi, atau dengan kata lain mendeteksi gerakan pengguna.

$$\mu_{Target\ 1}(x) = \begin{cases} \frac{x-0}{5-0} & ; & X \leq 0 \\ & ; & 0 \leq x \leq 5 \\ & ; & X \geq 5 \end{cases}$$

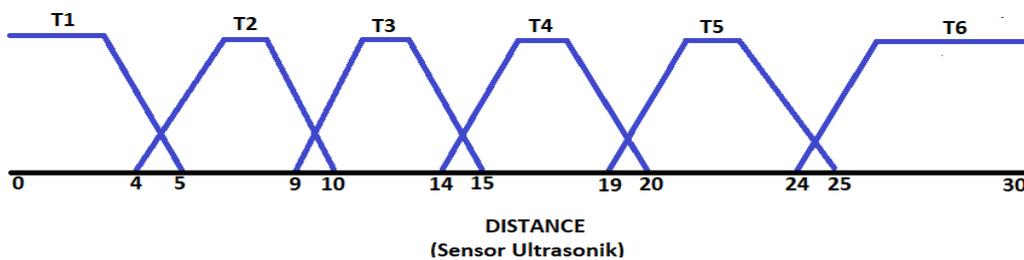
$$\mu_{Target\ 2}(x) = \begin{cases} \frac{x-4}{10-4} & ; & X \leq 4 \\ & ; & 4 \leq x \leq 10 \\ & ; & X \geq 10 \end{cases}$$

$$\mu_{Target\ 3}(x) = \begin{cases} \frac{x-9}{15-9} & ; & X \leq 9 \\ & ; & 9 \leq x \leq 15 \\ & ; & X \geq 15 \end{cases}$$

$$\mu_{Target\ 4}(x) = \begin{cases} \frac{x-14}{20-14} & ; & X \leq 14 \\ & ; & 14 \leq x \leq 20 \\ & ; & X \geq 20 \end{cases}$$

$$\mu_{Target\ 5}(x) = \begin{cases} \frac{x-19}{25-19} & ; & X \leq 19 \\ & ; & 19 \leq x \leq 25 \\ & ; & X \geq 25 \end{cases}$$

$$\mu_{Target\ 6}(x) = \begin{cases} \frac{x-24}{30-24} & ; & X \leq 24 \\ & ; & 24 \leq x \leq 30 \\ & ; & X \geq 30 \end{cases}$$



Gambar 16. Fungsi Keanggotaan Sensor Ultrasonik

Fuzzy Rules dibuat berdasarkan logika, intuisi serta percobaan *try and error* setelah melakukan tes manual terhadap perubahan *distance* di pada penampungan pakan yang akan digunakan. *Fuzzy rules* bersifat subjektif. *Fuzzy rules* digunakan untuk menghubungkan antara setiap variabel-variabel masukan kepada sistem dengan variabel-variabel keluaran dari sistem.

Aturan ini berbentuk *if-then rules*. Tabel *Fuzzy Rules* pada robot kapal pakan ikan seperti pada Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. *Fuzzy Rules*

No.	Distance	Output
1.	<i>T1</i>	<i>Pemberian Pakan Sangat Kurang Merata</i>
2.	<i>T1, T2</i>	<i>Pemberian Pakan Kurang Merata</i>
3.	<i>T1, T2, T3</i>	<i>Pemberian Pakan SetengahMerata</i>
4.	<i>T1, T2, T3, T4</i>	<i>Pemberian Pakan SetengahMerata</i>
5.	<i>T1, T2, T3, T4, T5</i>	<i>Pemberian Pakan HampirMerata</i>
6.	<i>T1, T2, T3, T4, T5, T6</i>	<i>Pemberian Pakan Merata</i>

Berdasarkan Tabel 2 diatas menunjukkan bahwa terdapat 6 kondisi *distance* (jarak) dengan *T1* (Target 1) sampai *T6* (Target 6) pada robot kapal pakan ikan yang dibuat untuk menentukan status pemberian pakan. Penentuan kondisi pada *fuzzy rules* seperti pada Tabel 3 berikut ini :

Tabel 3. *Threshold Fuzzy Rules*

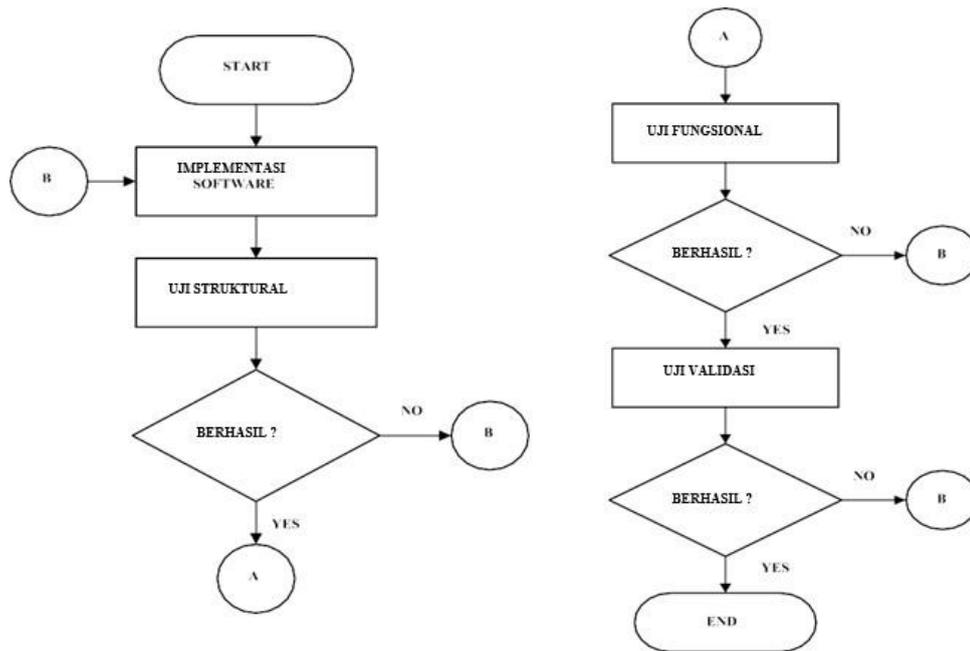
THRESHOLD						
Rules	Target1	Target2	Target3	Target4	Target5	Target6
<i>Distance</i>	< 5 cm	4 – 10 cm	9 – 15 cm	14 – 20 cm	19 – 25 cm	24 – 30 cm

3.1.9 Implementasi Software

Implementasi software adalah pengimplementasian dari gambaran desain software yang telah di buat sebelumnya. Kemudian setelah pengimplementasian software selesai di lanjut ke tahap uji software.

3.1.10 Uji Software

Pengujian software dilakukan agar desain yang telah dibuat sebelumnya sesuai dengan yang di inginkan sehingga pada saat penelitain bisa berfungsi dengan baik. Uji software meliputi uji struktural, uji fungsional dan uji validasi.



Gambar 17. Uji Software

3.1.10.1 Uji Struktural

Uji struktural pada software untuk mengetahui apakah software yang telah di buat dapat berfungsi dengan benar atau tidak.

3.1.10.2 Uji Fungsional

Uji fungsional untuk mengintegrasikan sistem software yang telah di desain sebelumnya.

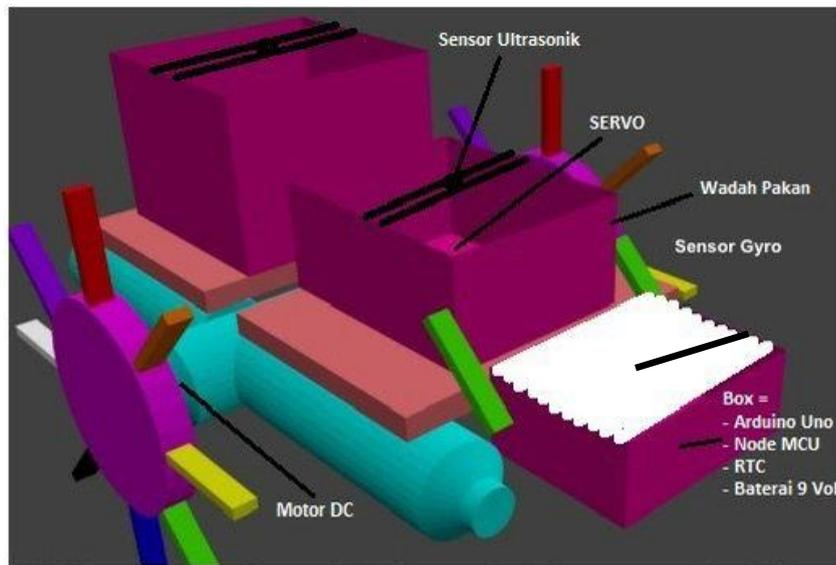
3.1.10.3 Uji Validasi

Uji Validasi untuk menguji kinerja dari software yang telah dibuat apakah software tersebut dapat berjalan dengan baik atau tidak.

3.1.11 Desain Mekanik

Proses perancangan mekanik merupakan hal penting yang harus dipertimbangkan dalam pengembangan *hardware*. Pada umumnya kebutuhan aplikasi terhadap desain mekanik antara lain :

1. Bentuk dan ukuran PCB (*Printed Circuit Board*)
2. Ketahanan dan fleksibilitas terhadap lingkungan
3. Penempatan modul-modul elektronik
4. Pengetesan sistem mekanik yang telah di rancang
5. Bentuk desain ukuran *interface hardware*



Gambar 18. Desain Sistem Mekanik

Penjelasan desain sistem mekanik yang digunakan pada penelitian ini yaitu desain dibuat model protoipe robot kapal dari bahan mika dengan diameter panjang 30 cm, lebar 33 cm dan tinggi 25 cm. Komponen yang digunakan mikrokontroller Arduino Uno, ESP32, sensor ultrasonik, RTC (*Real Time Clock*), motor servo, motor DC, baterai 9 VDC. Sensor gyro akan mendeteksi gerakan gravitasi penggunaanya yang sedang melakukan perpindahan rotasi kepala atau saat berjalan. Umumnya, gyroscope akan mencari orientasi gerak yang mempunyai tumpuan pada cakram berotasi dengan cepat pada sumbu. Hal tersebut dilakukan oleh alat yang terdapat pada gyroscope yang bernama gyro sensor.

3.1.12 Implementasi Mekanik

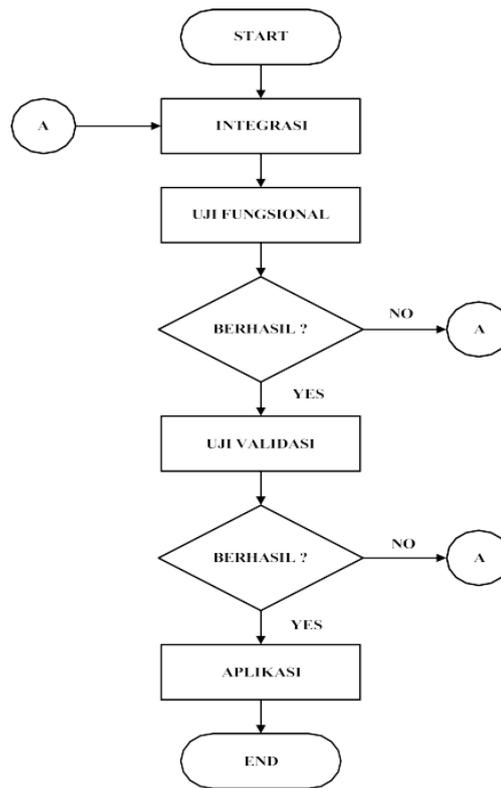
Implementasi mekanik adalah tahap pengimplementasian dari desain mekanik sebelumnya. Setelah pengimplementasian mekanik selesai dilanjutkan ke tahap intregasi.

3.1.13 Integrasi

Modul listrik yang diintegrasikan dengan software di dalam kontrollernya, kemudian diintegrasikan dalam struktur mekanik yang telah dirancang. Lalu dilakukan uji keseluruhan. Uji keseluruhan meliputi uji fungsional, dan uji validasi.

3.1.14 Uji Keseluruhan

Pada tahapan ini dilakukan pengujian fungsi dari keseluruhan sistem. Pengetesan ini bertujuan untuk mengetahui apakah sistem yang dibuat sesuai dengan rancangannya atau tidak. Bila ada sistem yang tidak dapat bekerja dengan baik maka harus dilakukan proses perakitan ulang pada setiap desain sistemnya.



Gambar 19. Uji Keseluruhan

3.1.15 Uji Fungsional

Uji fungsional dilakukan untuk mengintegrasikan sistem listrik dan software yang telah didesain. Tes ini dilakukan untuk meningkatkan performa dari perangkat lunak untuk pengendalian desain listrik dan mengeliminasi error (bug) dari software yang telah dibuat.

3.1.16 Uji Validasi

Tahap ini bertujuan untuk menguji kinerja dari alat yang telah dibuat apakah alat tersebut dapat berjalan dengan baik atau tidak.

3.1.17 Aplikasi

Pengoptimalan dilakukan untuk meningkatkan performa dari aplikasi yang telah dirancang. Lalu optimasi ditekankan pada desain mekanik dan perangkat lunak agar penggunaan lebih maksimal dan tidak terjadi *error*.

BAB IV PERANCANGAN DAN IMPLEMENTASI

4.1. Tahap Perencanaan

Perencanaan masing-masing komponen dari spesifikasi sistem secara keseluruhan. Tujuan dari perencanaan ini adalah untuk mengetahui apakah sistem yang dirancang dapat memberikan hasil sesuai dengan harapan dalam hal ini sudah sesuai dengan spesifikasi yang telah ditulis.

4.2. Tahap Analisis

Analisis digunakan untuk membandingkan hasil perancangan dengan spesifikasi. Pengujian dilakukan pada setiap bagian maupun keseluruhan sistem.

Sensor gyro tersambung dengan komunikasi I2C dengan frekuensi standar sebesar 400k Hz terhadap Arduino nano. Dalam komunikasi I2C, arduino nano akan bertindak sebagai *master* dan gyro bertindak sebagai *slave*. Konfigurasi yang digunakan untuk gyro adalah T1 0-5cm. Pengujian sensor gyro dilakukan dengan dua kondisi, yaitu kondisi saat diam dan kondisi saat bergerak. Saat kondisi diam, bertujuan untuk mengetahui nilai kesalahan sebuah sensor yang bisa digunakan untuk menambah tingkat akurasi pembacaan sensor. Saat kondisi bergerak, bertujuan untuk mengetahui seberapa cepat perubahan sudut yang terjadi dengan menggabungkan data gyro.

Pengujian sensor kondisi diam juga bisa digunakan sebagai penentuan nilai kesalahan sebagai bentuk cara dalam kalibrasi sensor. Vektor sumbu x, y, dan z merupakan indikator dalam pengujian sensor. Apabila gyro diletakan tegak lurus dengan arah gaya gravitasi bumi, maka pengukuran data keluaran sensor akan mendapatkan data mentah. Jika ingin meningkatkan tingkat akurasi sensor, bisa dilakukan dengan cara membuat seluruh data bernilai 0 untuk vektor sumbu x dan y, sedangkan sumbu z bernilai lebih dari 0. Untuk menampilkan data digunakan komunikasi serial dengan kecepatan *baudrate* 9.600 dari Arduino nano yang memproses data dari gyro. Data yang sudah ditampilkan akan dianalisa dan dijadikan nilai rata-rata untuk menentukan nilai kesalahan.

Tabel 4. Data Kinerja Gyro

No	Sumbu (cm)		
	X	Y	Z
T1	12,4	13,3	13,15
T2	26,1	19,2	13,57
T3	31,2	28,1	13,82
T4	21,1	24,1	13,65
T5	32,1	22,2	13,72
T6	21,6	21,7	13,92

Pada realitanya nilai kesalahan untuk masing sumbu sangat jarang sekali mendekati nilai 0, hal ini dikarenakan banyaknya *noise* yang terjadi. Setelah melakukan kalibrasi dengan menggunakan data pergerakan kapal dan mendapatkan nilai kesalahan untuk data tersebut, selanjutnya mengubah nilai data pergerakan kapan menjadi besaran gravitasi dengan satuan cm. Pengujian dilakukan dengan cara meletakkan sensor sejajar dengan permukaan air. Secara teori, hasil nilai gravitasi yang akan didapatkan apabila sejajar dengan arah gravitasi.

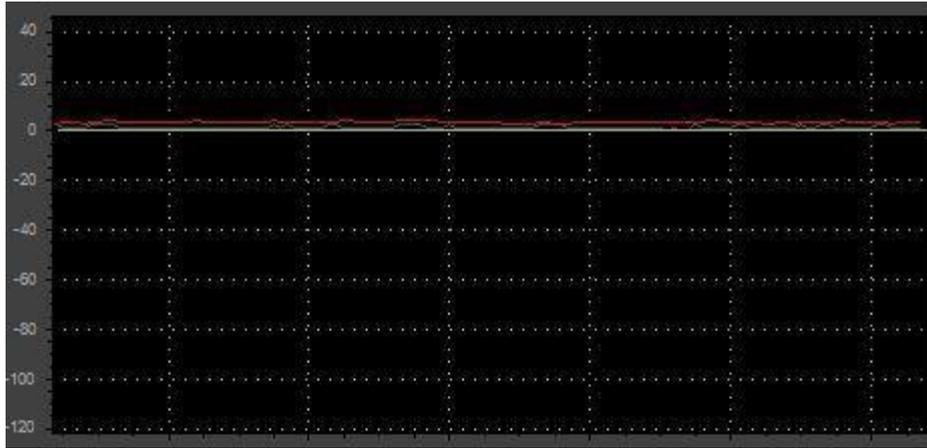
4.3. Tahap Perancangan

Sensor gyro bekerja berdasarkan tekanan dan temperatur lingkungan, semakin tinggi posisi sensor maka semakin kecil tekanan udara. Sensor ini sangatlah sensitif terhadap perubahan ketinggian, sehingga sensor ini dapat menentukan ketinggian suatu objek. Sensor barometer ini terletak pada pcb controller. Cara pengujian nya adalah dengan cara mereset barometer lalu ukur ketinggian quadcopter dari tempat awal perahu maju. Pengujian gyro bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan dari *gyro* dalam membaca perubahan sudut dari kapal. *Gyro* sudah terdapat dalam pcb *controller* kemudian data dari *gyro* akan dibuat input dan keluarannya adalah torsi dari motor. Sumbu maju merupakan sumbu X dari *accelerometer*, sumbu mundur merupakan sumbu Y dari *gyro*.

Tabel 5. Data Arah Maju Dan Mundur Robot

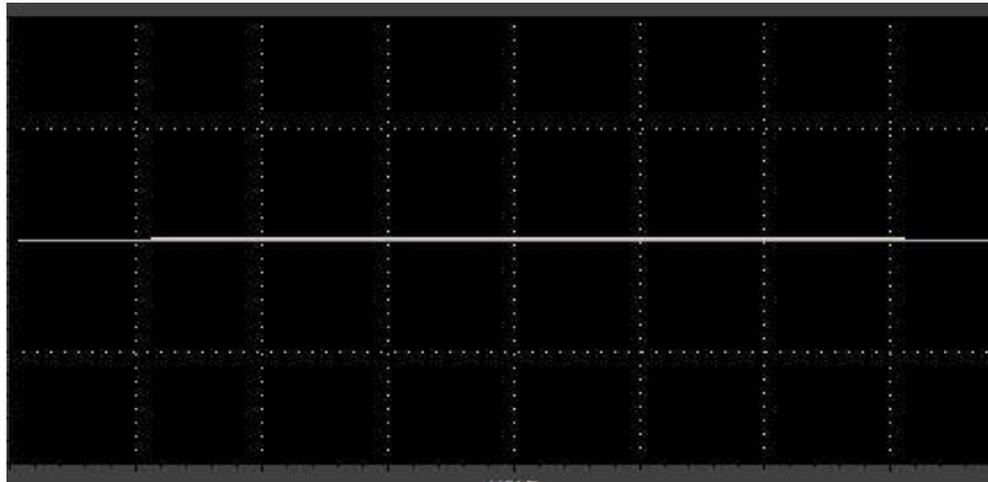
No.	Arah Robot	Maju(x) (cm)	Mundur(y) (cm)
1	Miring kedepan	10	15
2	Miring kebelakang	3	15
3	Permukaan datar	0	0
4	Miring ke kanan	25	2
5	Miring ke kiri	25	10

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa kapal saat maju mengalami kemiringan 25 derajat akibat tekanan dari arus air yang mengenai haluan kapal. Sedangkan ketika bergerak mundur kapal mengalami kemiringan 10 derajat. Hal ini menunjukkan bahwa kapal cenderung mengalami perubahan arah ketika berjalan maju.



Gambar 20. *Sensor Gyro* Pada Saat Bergerak

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa ketika sensor *gyro* bekerja terdapat dua tanda indikator garis berwarna merah yang menunjukkan sinyal yang diterima oleh sensor *gyro*, dan garis putih kondisi ketika sensor *gyro* kondisi normal.



Gambar 21. Sensor Gyroscope Pada Saat Diam

Dari gambar di atas dapat diketahui bahwa ketika sensor *gyro* diam tidak terdapat tanda indikator berwarna merah yang menunjukkan bahwa kondisi sensor dalam kondisi diam karena hanya 1 indikator yaitu tanda garis putih.

Pengujian gyroscope bertujuan untuk mengetahui tingkat keakuratan dari gyroscope dalam membaca perubahan kecepatan sudut yang dinamis dari quadcopter. Sensor gyroscope yang digunakan akan mempunyai nilai keluaran jika sedang bergerak searah pada sumbu Y, maka tegangan keluarannya akan mengecil. Sedangkan jika berotasi berlawanan arah, maka tegangan keluarannya akan membesar. Jika sensor gyroscope tidak berotasi (keadaan diam) maka keluaran tegangan gyroscope akan bernilai sama dengan nilai offsetnya.

Tabel 6. Data *Gyroscope* Dalam Keadaan Diam

No	Data <i>Gyroscope</i> Dalam Keadaan Diam (⁰ derajat)		
	Roll	Pitch	Yaw
1	0	0	0
2	0	0	0
3	0	0	0
4	0	0	0
5	0	0	0

Dari tabel di atas menunjukkan bahwa tidak ada perubahan sudut (⁰) ketika gyro dalam kondisi diam.

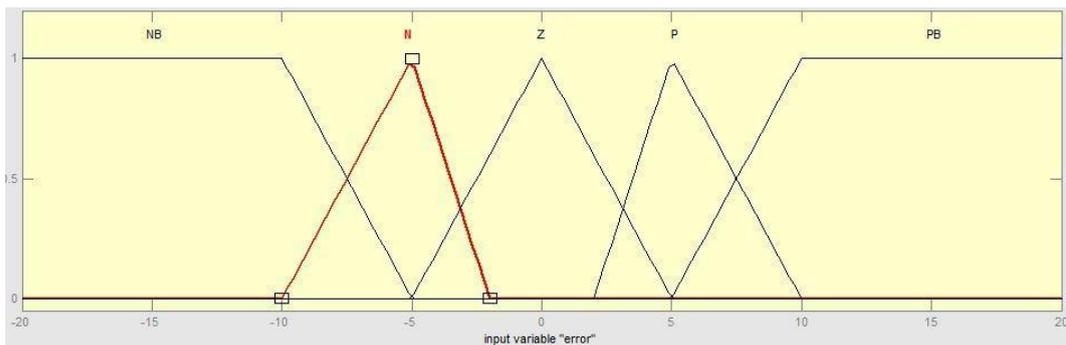
Tabel 7. Data *Gyroscope* Dalam Keadaan Bergerak

No.	Data <i>Gyroscope</i> Dalam Keadaan Bergerak Searah (⁰ derajat)		
	Roll	Pitch	Yaw
1	22	0	-2
2	26	-5	1
3	27	-3	1
4	11	1	0
5	41	-15	-16
6	40	-13	-15

Dari tabel di atas dapat diketahui bahwa *gyro* bekerja saat kapal berjalan. Kestabilan permukaan (*level*) dan kestabilan ketinggian menggunakan kendali *fuzzy logic*. Analisis yang dilakukan pada kendaliler PID auto *level*. Cara yang dilakukan untuk mendapatkan parameter kendali pid dengan cara *tuning trial and error*.

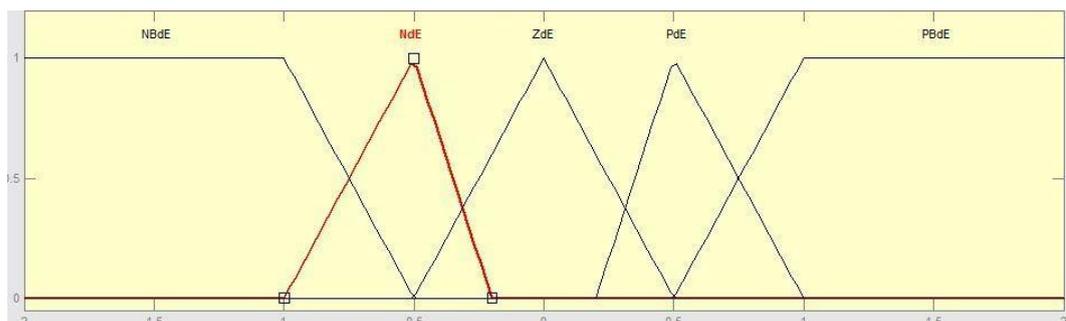
Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengimplementasikan masukan, proses dan keluaran dengan *fuzzy* rule kedalam flight controller. Pengujian dilakukan melalui simulasi *fuzzy* Matlab. Pengamatan hasil dimaksudkan untuk mendapatkan nilai torsi yang diharapkan. Berikut ini adalah fungsi keanggotaan error dan d_error. Perancangan kendali *fuzzy* dibuat berdasarkan nilai dan parameter yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya. Fungsi Keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data kedalam nilai keanggotaannya (sering disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1.

Fungsi keanggotaan dapat dibuat kedalam beberapa bentuk kurva diantaranya dapat dilihat pada gambar berikut ini:



Gambar 22. Fungsi Keanggotaan Error Ketika *Fuzzy* digunakan (a)

Pada gambar di atas diketahui bahwa terdapat representasi linier, permukaan digambarkan sebagai suatu garis lurus. Bentuk ini paling sederhana dan menjadi pilihan yang baik untuk mendekati suatu konsep yang kurang jelas. Ada 2 kemungkinan keadaan himpunan *fuzzy* yang linier. Pertama, kenaikan himpunan dimulai pada nilai dominan yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak kekanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.



Gambar 23. Fungsi keanggotaan d_error

Pada Gambar di atas menunjukkan bahwa kurva segitiga pada dasarnya merupakan gabungan antara 2 garis linier. Pada Metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk kurva harus direpresentasikan dengan suatu himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Sebagai hasilnya, output hasil inferensi dari tiap-tiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) berdasarkan α -predikat (*fire strength*). Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot.

4.4. Tahap Implementasi

Perkembangan perangkat keras, data yang berasal dari sensor Gyro akan dimasukkan dalam modul sd card setiap lima detik. Setelah mendapatkan data yang terukur, data tersebut akan dimasukkan sebagai masukan program Matlab. Dalam perangkat keras digunakan interrupt untuk menghentikan program yang sedang berjalan.

Pada fungsi keanggotaan error dan d_error nilai masukannya berupa jarak dalam centimeter, sedangkan dalam fungsi keanggotaan output nilai keluarannya adalah nilai torsi yang akan di proses di *flight controller*. Pengujian dilakukan untuk mengetahui respon keluaran terhadap input transmitter, apabila diberikan masukan berupa kendali propeller, output motor berupa nilai duty cycle Implementasi kendali auto level dilaksanakan dengan cara memberi gangguan terhadap quadcopter dengan cara memiringkan sumbu x dan sumbu y. Kendali *fuzzy* digunakan untuk menahan ketinggian, dibawah ini merupakan hasil respon sistem kendali *fuzzy* altitude hold.

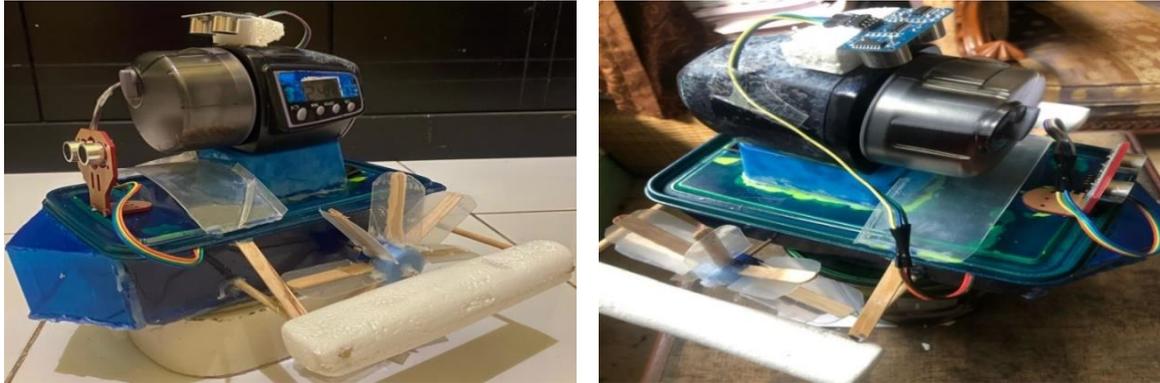
Pada saat quadcopter pertama kali take off dikendalikan oleh telemetry sehingga kecepatan naik ke setpoint dapat ditentukan dengan cepat, akan tetapi sistem kendali belum bekerja dengan baik sehingga terjadi osilasi untuk mencapai setpoint, error yang terjadi cukup lah besar dan sangat terlihat oleh karena itu dibutuhkan pemahaman yang lebih dalam mengenai program kendali *fuzzy* dan program Multiwii untuk dapat menyempurnakan sistem kendali yang dirancang.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil

5.1.1 Alat

Alat ini dibuat untuk mempermudah dalam pemberian pakan ikan secara otomatis serta dapat di monitoring



Gambar 24. Robot Pemberi Pakan Ikan

Penjelasan robot pemberi pakan ikan yang digunakan pada penelitian ini yaitu desain dibuat model protoipe robot kapal dari bahan mika dengan diameter panjang 30 cm, lebar 33 cm dan tinggi 25 cm. Komponen yang digunakan mikrokontroller Arduino Uno, ESP32, sensor ultrasonik, RTC (*Real Time Clock*), motor servo, motor DC, baterai 9 VDC.

Ada 2 input yaitu, sensor *ultrasonic* dan RTC kemudian ada 2 output yaitu, LED dan motor servo. sensor *ultrasonic* berfungsi untuk mendeteksi kapasitas tabung pakan yang ada pada tabung penampungan. RTC berfungsi untuk penjadwalan waktu pemberian pakan yang telah ditentukan, dimana waktu tersebut disesuaikan dengan jadwal pemberian pakan yang sering dilakukan oleh para pembudidaya. Motor servo berfungsi untuk memutar penampungan pakan 1 liter agar pakan dapat jatuh ke kolam. Lampu LED berfungsi sebagai indikator servo ON sesuai dengan waktu yang telah ditentukan.

Kecepatan sudut presisi adalah efek gyroscopic, jika torsi meningkat maka kecepatan sudut presisi akan meningkat per satu satuan detik. Sedangkan jika momentum sudut meningkat maka kecepatan sudut presisi akan menurun. Namun hal yang harus digaris bawahi adalah tali yang menjadi sumbu putar flywheel dengan kecepatan sudut presisi. Sumbu putar tali yang dilingkari kecepatan sudut presisi flywheel menghasilkan momentum sudut juga dalam fenomena tersebut. pada dasarnya efek gyro adalah massa perputaran yang terisolasi cenderung mempertahankan posisi sudut sesuai dengan kerangka referensi inersia, dan ketika torsi eksternal konstan diterapkan pada massa, sumbu rotasinya mengalami presesi pergerakan pada kecepatan sudut, dalam arah yg normal terhadap torsi yang diterapkan. Efek gyro yang diberi kecepatan putar konstan dengan massa beban disalah satu sumbu putar menghasilkan kecepatan lebih cepat dalam melingkari tali megantung. Diasumsikan bahwa gaya gyro lebih cepat menstabilkan posisi pada perlakuan yang diberi beban dibandingkan perlakuan tidak diberi beban.

Kembalinya kapal ke posisi tegak semula disebabkan gaya gravitasi yang mempengaruhi kapal. Semakin lama, dampak energi gelombang akan semakin kecil, dan akhirnya akan hilang sama sekali. Saat itulah kapal akan kembali ke posisi tegak semula.

Perancangan sensor *gyroscope* adalah :

- 1) mampu menstabilkan kapal yang berbentuk *slender*.
- 2) memiliki bobot yang ringan, sehingga tidak akan menambah beban kapal yang ditempatinya.
- 3) memiliki dimensi yang apabila ditempatkan di kapal, tidak membutuhkan ruang yang banyak.

Perancangan fisik *prototype gyroscope* dibentuk dalam sumbu vertikal atau disebut *gyroscope* bersumbu vertikal. *Gyroscope* vertikal sangat cocok digunakan dalam mempertahankan objek suatu sistem tetap pada kondisi vertikal. Penentuan ini dilakukan untuk memenuhi kebutuhan akan kemampuan *gyroscope* untuk mengembalikan posisi kemiringan kapal kembali tegak secara vertikal setelah melakukan gerakan oleng. Kemampuan *gyroscope* dalam mengembalikan posisi kemiringan kapal agar tegak kembali didasarkan terbentuknya efek *gyro* atau dikenal dengan *gyroscopic*.

Melakukan pengujian pada alat yang telah dibuat, Rancang bangun pakan ikan otomatis menggunakan ESP32 dengan cara sensor ultrasonik mendeteksi kapasitas tabung pakan yang ada pada penampungan dan menampilkan pada *platform FIS* kemudian motor servo memutar tabung sesuai dengan waktu yang telah di atur pada RTC, waktu pemberian pakan 3 kali sehari yaitu pagi, siang dan sore waktu ini disesuaikan dengan jadwal pemberian pakan yang dilakukan oleh pemberi pakan. Hasil ujicoba yaitu:

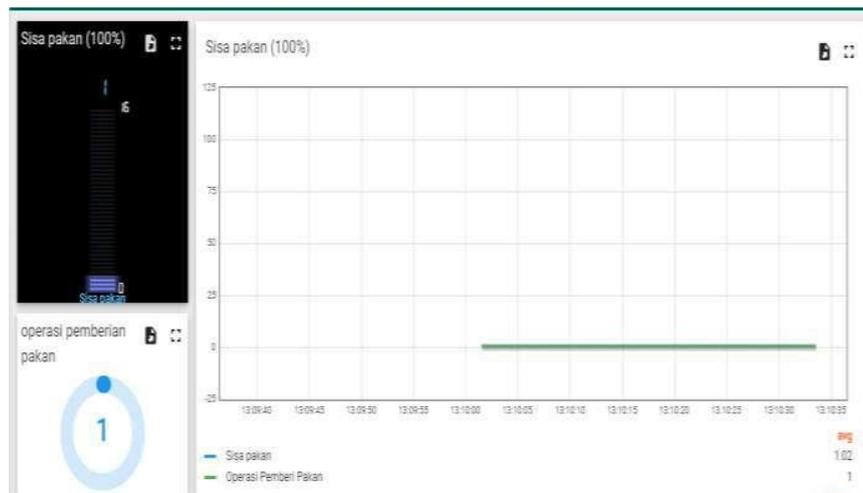
Tabel 8. Waktu Pemberian Pakan

NO	WAKTU	POSISI MOTOR SERVO (°)	INDIKATOR LED	PEMBERIAN PAKAN		JUMLAH PAKAN YANG KELUAR (%)
				SISA PAKAN (%)	OPERASI PEMBERIAN PAKAN	
1	07:00	90	ON	1	ON	0,98
2	07:01	0	OFF	0,812	OFF	
3	12:00	90	ON	0,812	ON	0,98
4	12:01	0	OFF	0,741	OFF	
5	17:00	180	ON	0,741	ON	0,96
6	17:01	0	OFF	0,75	OFF	

Pada waktu 07:00 motor servo berputar 90° lampu indikator dalam keadaan ON sensor ultrasonik mendeteksi sisa pakan 1%, kemudian pada waktu 07:01 motor servo kembali ke posisi 0° lampu indikator dalam keadaan OFF sensor ultrasonik mendeteksi sisa pakan 0,812%, jumlah pakan yang keluar 0,98% dengan error 2%. Begitu juga pada waktu 12:00 dan 17:00 hanya berbeda pada sisa pakan yg terdeteksi dan jumlah pakan yang keluar.



Gambar 25. Indikator Pakan Sebelum Berjalan

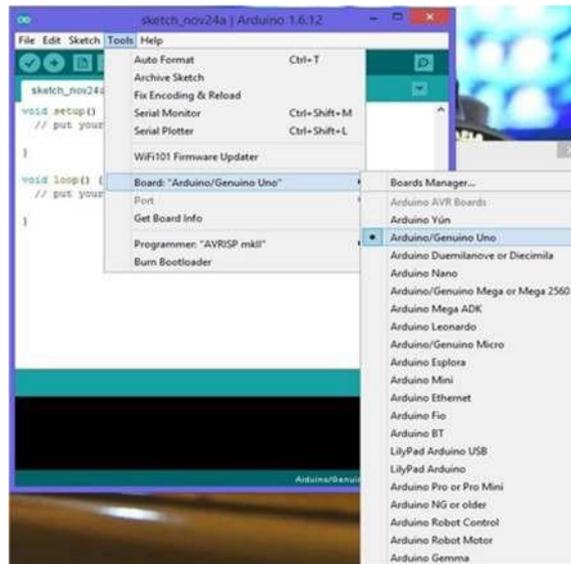


Gambar 26. Indikator Sisa Pakan Sesudah Berjalan

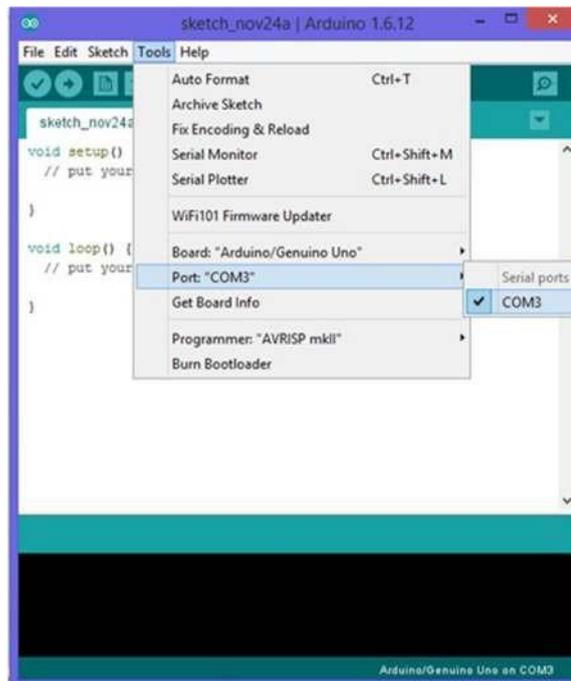
Pada gambar di atas dapat diketahui ada 2 tampilan indikator yang digunakan yaitu, sisa pakan yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik yang berbentuk tabung, sisa pakan yang terdeteksi dalam bentuk grafik, dan operasi pemberian pakan. Dimana pada tampilan bentuk grafik ini berguna untuk memberikan informasi kepada pemberi pakan sisa pakan yang ada pada penampungan setiap 5 detik sekali, kemudian pada tampilan operasi pemberian pakan ini menampilkan angka 0 dan 1 yang dimana pada tabel di atas dimana 0 itu adalah ON dan 1 itu adalah OFF.

5.1.2 Penggunaan Software IDE Arduino

Berikut ini adalah inialisasi program arduino menggunakan Arduino uno seperti yang di tunjukan oleh gambar di bawah ini :

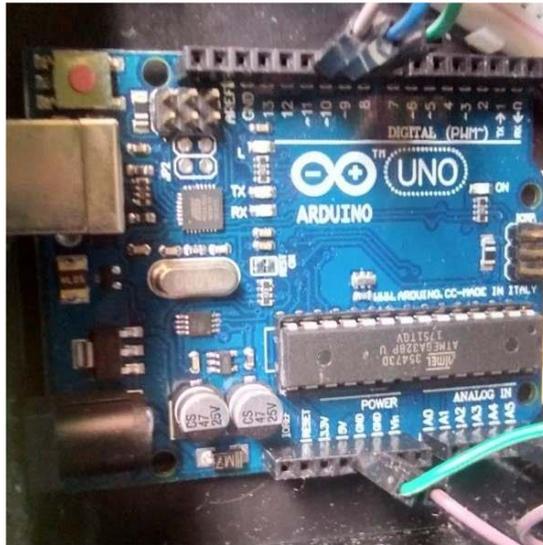


Gambar 27. Inialisasi Jenis Arduino Pada IDE Arduino



Gambar 28. Inialisasi port serial Arduino

Pada tahapan ini dilakukan perancangan Mikrokontroler Arduino dengan jenis Arduino UNO :



Gambar 29. Pemasangan Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah tempat program dikelola dan untuk mengatur komponen lain sehingga menjadi sistem yang dapat melakukan suatu tugas yang telah ditentukan, mikrokontroler yang digunakan adalah Arduino uno.

5.1.3 Pemasangan Buzzer

Buzzer digunakan sebagai pemberi sinyal atau notif berupa suara apabila pakan habis pada wadah penampung pakan ikan, jadi pin 8 sebagai tempat kaki positif buzzer akan bernilai 1 apabila jarak pakan ikan yang dibaca oleh sensor jarak kurang dari atau sama dengan jarak yang telah tentukan diprogram.

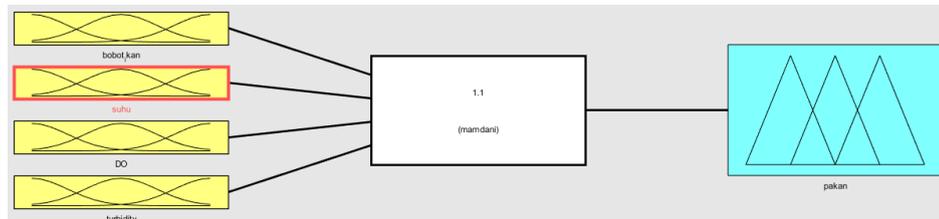


Gambar 30. Pemasangan Buzzer

5.1.4 Perancangan pada MATLAB

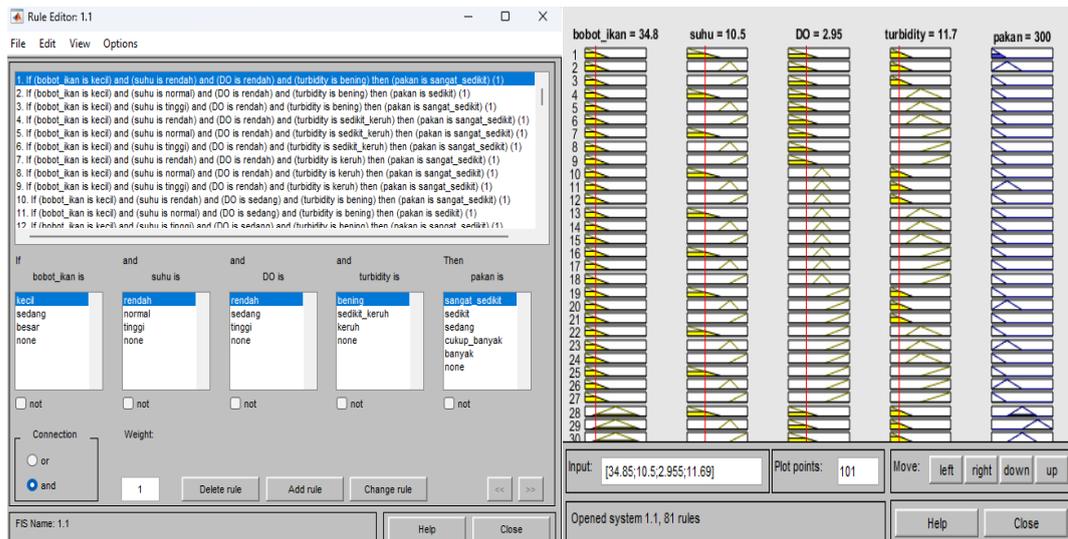
Pada penelitian ini perancangan *Fuzzy Logic* dibantu menggunakan perangkat lunak matlab yang selanjutnya akan menjadi acuan nilai keluaran dari alat paka ikan otomatis setelah di terapkan *Fuzzy Logic*.

Pada gambar dibawah ini terdapat desain *Fuzzy Logic* pada matlab dengan Metode Tsukamoto yang memiliki 12 variabel masukan dan 1 variable keluaran.



Gambar 31. Desain *Fuzzy Logic* MATLAB

Selanjutnya pada masing-masing variabel didesain fungsi keanggotaan sesuai dengan yang telah di tentukan sebelumnya pada bab sebelumnya.



(1) *Fuzzy Rules* pada MATLAB

(2) Defuzzifikasi pada MATLAB

Gambar 32. *Fuzzy Rules* dan Defuzzifikasi pada MATLAB

Fuzzy rules yang telah ditentukan pada bagian dimasukan rules editor dengan hubungan *and* seperti terdapat pada gambar 1 pada gambar 2 terdapat hasil defuzzifikasi dari desain *fuzzy* yang telah dirancang pada MATLAB. Nilai ini selanjutnya menjadi acuan keluaran dari alat pakan ikan.

5.1.5 Implementasi Pada Alat Pakan Ikan Otomatis

Setelah dilakukan desain *fuzzy* pada MATLAB selanjutnya *Fuzzy Logic* penentuan kuantitas pakan diimplementasikan pada alat pakan ikan otomatis. Implementasi *Fuzzy* dilakukan pada mikrokontrol Arduino Uno.

Tabel 9. Implementasi Fuzzy

Target	Keluaran MATLAB (gr)	Keluaran Real (gr)	Kesalahan (%)
T1	241	260	3,88
T1, T2	396	413	4,29
T1, T2,T3	379	396	2,49
T1, T2,T3,T4	580	604	2,14
T1, T2,T3,T4,T5	533	541	1,50
T1, T2,T3,T4,T5,6	603	615	1,99
<5cm	625	642	2,72
4-10cm	784	793	1,15
9-15cm	783	802	2,43
14-20cm	883	914	3,51
19-25cm	241	260	2,88
24-30cm	396	413	4,29
Rata-rata kesalahan			2,8

Keterangan:

- T1 = Pemberian Pakan Sangat Kurang Merata
- T1,T2 = Pemberian Pakan Kurang Merata
- T1,T2,T3 = Pemberian Pakan Setengah Merata
- T1,T2,T3,T4 = Pemberian Pakan Setengah Merata
- T1,T2,T3,T4,T5 = Pemberian Pakan Hampir Merata
- T1,T2,T3,T4,T5,T6 = Pemberian Pakan Merata

Data hasil pengujian alat pakan ikan otomatis yang telah ditanamkan *Fuzzy Logic* penentuan kuantitas pakan. pada pengujian tersebut dibandingkan nilai keluaran pakan dari alat dibandingkan dengan hasil perhitungan pada matlab. Dari hasil pengujian didapatkan kesalahan sebanyak 2,8% dari perhitungan MATLAB. Kesalahan keluaran kuantitas pakan ikan ini disebabkan oleh mesin alat pakan ikan otomatis. Namun demikian dari hasil pengujian ini *Fuzzy Logic* penentuan pakan ikan berdasarkan berjalan sesuai dengan desain *Fuzzy Logic* pada MATLAB.

5.2 Pembahasan

Melakukan pengujian pada alat yang telah dibuat, Rancang bangun pakan ikan otomatis menggunakan ESP32 dengan cara sensor ultrasonik mendeteksi kapasitas tabung pakan yang ada pada kolam dan menampilkan pada platfrom kemudian motor servo memutar sesuai dengan waktu yang telah di atur pada RTC, waktu pemberian pakan 3 kali sehari yaitu pagi, siang dan sore waktu ini disesuaikan dengan jadwal pemberian pakan.

Dalam penggunaan gyroscope, pertama-tama gyro sensor harus menjalani kalibrasi terlebih dahulu. Tujuan dari kalibrasi ini sendiri tak lain adalah untuk mendapatkan nilai faktor kalibrasi. Output yang dihasilkan gyroscope berupa kecepatan sudut dari arah 3 sumbu yaitu sumbu x yang menjadi sudut phi (kanan dan kiri) , sumbu y yang nantinya akan menjadi sudut theta (atas bawah) dan sumbu z yang menjadi sudut psi (depan dan belakang)

Gyroscope pada dasarnya memiliki harga yang relatif mahal. Selain itu, gyroscope hanya akan berfungsi dengan baik apabila ada accelerator. Namun gyroscope banyak diminati oleh pengembang teknologi saat ini karena tidak terpengaruhi oleh gravitasi. Selain itu gyroscope dapat mendeteksi gerakan dari segala arah.

Secara otomatis berdasarkan mikrokontroler Arduino Uno memiliki empat bagian yaitu catu daya, sistem minimum, rangkaian motor DC 12-N20 dan program. Ke empat bagian tersebut memiliki fungsinya masing-masing yaitu ada yang sebagai penyuplai tegangan atau bisa disebut juga dengan catu daya kemudian ada juga yang memiliki fungsi pengolahan data dengan mikrokontroler arduino dan juga yang berfungsi sebagai pengatur pakan ikan yaitu alat DC 12-N20 dan terakhir sebagai pusat pengendali yaitu arduino UNO. Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler Arduino Uno telah menunjukkan hasil yang sesuai dengan perencanaan yaitu alat dapat memberikan pakan ikan secara otomatis pada waktu yang telah ditentukan.

Kekurangan dari sistem ini adalah belum terbukti validasi yang langsung secara real time dan kondisi dinotifikasi selain itu notif telegram tidak dapat berfungsi sehingga karena robot tidak bekerja sesuai rancangan, maka robot diubah menjadi gerak maju dan mundur, untuk maju memberi pakan sebelah kiri terdiri dari T1 T2 dan T3. sedangkan untuk mundur pemberian pakan sebelah kanan pada T4 T5 T6. Untuk daya baterai perlu disediakan wadah yang lebih praktis lagi agar baterai tidak tertanam di dalam tumpukan komponen lagi, dengan tujuan agar lebih mudah lagi untuk mencabut baterai pengisian/pengecahan daya baterai jika sudah habis.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan alat tersebut bekerja sesuai dengan jadwal pakan ikan dengan pemberian pakan tiga kali sehari yaitu pagi, siang dan sore, pada Hasil pengujian alat, didapat alat berfungsi dengan baik dimana alat bekerja sesuai dengan jadwal yang telah diatur pada RTC DS3231 (real time clock) yaitu 3 kali dalam sehari pada jam 07.00, 12.00 dan 17.00. dalam 3 waktu tersebut motor servo berputar 90° lampu indikator dalam keadaan ON dan pada saat posisi motor servo 0° lampu.

Penerapan FIS pada alat pakan ikan otomatis dapat memunculkan variasi dari pemberian pakan yang diberikan berdasarkan pada indikator target dan jarak yaitu 5cm, 10cm, 15cm, 20cm, 25cm, dan 30cm. Data uji percobaan menunjukkan adanya kesalahan sebanyak 2,8% yang disebabkan oleh mekanikal pada mekanisme penakar pada alat pakan ikan otomatis.

Keberadaan gyroscope untuk menjaga kestabilan kapal adalah dengan melihat profil gerakan rolling antara model kapal yang tidak dilengkapi dan yang dilengkapi dengan gyroscope dengan percobaan inclining test atau uji kemiringan model kapal. Gerakan osilasi adalah pergerakan bolak balik menuju titik kesetimbangan pada sumbu memanjang. Oleh karena itu, saat kapal oleng dikarenakan terkena hempasan gelombang yang mengenai salah satu sisi kapal, setelah energi gelombang hilang, kapal akan kembali ke posisi tegak semula.

6.2 Saran

Berikut ini beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan penelitian di masa yang akan datang yaitu :

1. Pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan optimasi fungsi keanggotaan *fuzzy* dengan algoritma optimasi yang lainnya seperti algoritma genetika untuk mendapatkan hasil akurasi yang lebih baik.
2. Diharapkan jumlah data yang banyak dan lebih bervariasi, data pada penelitian ini masih terbatas sehingga dikhawatirkan terdapat variabel yang memiliki pengaruh yang lebih signifikan terhadap penentuan pemberian pakan ikan tidak dapat digunakan karena keterbatasan data tersebut. Jumlah data latih dan data uji juga sangat mempengaruhi pembentuk model, karena semakin banyak data latih maka fungsi keanggotaan *fuzzy* yang dioptimasi akan lebih optimal lagi dan semakin banyak data uji maka tingkat performa akurasi akan lebih baik lagi.
3. Untuk membuat sebuah aplikasi yang lebih akurat, maka dibutuhkan lebih banyak lagi kriteria-kriteria dalam penentuan pemberian pakan ikan sehingga variabel input *fuzzy*-nya semakin banyak dan didapatkan rules base yang banyak pula. Pada penelitian ini terdapat keterbatasan kriteria yang digunakan karena kurangnya informasi yang didapat dari sumber penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggriani, T. N., Samosir, rRafiah A., Saputri, E. C., & Windarto, A. P. (2020). *Fuzzy Inferensi System Pada Produksi Tempe Dengan Algoritma Tsukamoto. Seminar Nasional Teknologi Komputer & Sains (SAINTEKS)*, 1(1), 292–296. <http://seminar-id.com/prosiding/index.php/sainteks/article/view/450>
- Dr. Vladimir, V. F. (2021). Penggunaan Aplikasi Telegram Untuk Kegiatan Pembelajaran Jarak Jauh Pada Mata Kuliah Bahasa Inggris Materi Speaking Pada Mahasiswa Universitas Maritim Amni Semarang. *Prosiding Kematriman 2021*, 1(1), 245–256.
- Gusti Randa Marpaung. (2020). *Rancang Bangun Prototype Pemberian Pakan Ikan Nila Otomatis (Fish Feeder) Berbasis Iot Menggunakan Mikrokontroler Nodemcu Dan Aplikasi Android*.
- Harahap, P., & Schmidt, M. (2018). Perancangan Alat Pemotong Rumput Otomatis Berbasis Arduino Uno Memakai Joystick. In *Jurnal Elektro: Vol. 2 (1)*.
- Puspasari, F.-, Fahrurrozi, I.-, Satya, T. P., Setyawan, G.-, Al Fauzan, M. R., & Admoko, E.
- M. D. (2019). Sensor Ultrasonik HCSR04 Berbasis Arduino Due Untuk Sistem Monitoring Ketinggian. *Jurnal Fisika Dan Aplikasinya*, 15(2), 36. <https://doi.org/10.12962/j24604682.v15i2.4393>
- Rad, B. B., & Ahmada, H. A. (2017). Internet of Things : Trends , Opportunities , and Challenges. *IJCSNS: International Journal of Computer Science and Network Security*, 17(7), 89–95.
- Ragestu, F. D., & Sibarani, A. J. P. (2020). Penerapan Metode *Fuzzy* Tsukamoto Dalam PemilihanSiswaTeladandiSekolah. *Teknika*, 9(1), 9–15. <https://doi.org/10.34148/teknika.v9i1.251>
- Riyan Hapipi, L., Arief Hidayat, M., & Dwi Anggraynie, R. (2022). Rancang Bangun Alat Kalibrasi Digital Pressure Meter Menggunakan Arduino Uno. *Medika Trada*, 2(1). <https://doi.org/10.59485/jtemp.v2i1.12>
- Setiyawan, D., Arbansyah, A., & Latipah, A. J. (2023). *Fuzzy Inference System Metode Tsukamoto Untuk Penentuan Program Studi Fakultas Sains Dan Teknologi Di Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur. JIKO (Jurnal Informatika Dan Komputer)*, 7(1), 23. <https://doi.org/10.26798/jiko.v7i1.657>
- Sirmayanti, S., Amelia, S., Afifah, N., & Abduh, I. (2021). Rekeyasa Sistem Kendali Gripper melalui Robot Transporter menggunakan WiFi Module ESP8266. *Jurnal TelekomunikasiDanKomputer*, 11(1), 51. <https://doi.org/10.22441/incomtech.v11i1.10091>
- Sriwijaya, P. N. (2019). BAB II Tinjauan Pustaka BAB II TINJAUAN PUSTAKA 2.1. 1–64. *Gastronomía Ecuatoriana y Turismo Local.*, 1(69), 5–24.

LAMPIRAN

Lampiran 3. Coding Motor DC

```
1 #define dira 8
2 #define dirb 10
3 #define pwma 9
4 #define pwmb 11
5
6 void motor(int a, int b)
7 {
8     if (a >= 0)
9     {
10         digitalWrite(dira, 0);
11         analogWrite(pwma, a);
12     }
13     else if (a < 0)
14     {
15         digitalWrite(dira, 1);
16         analogWrite(pwma, a + 255);
17     }
18
19     if (b >= 0)
20     {
21         digitalWrite(dirb, 0);
22         analogWrite(pwmb, b);
23     }
24     else if (a < 0)
25     {
26         digitalWrite(dirb, 1);
27         analogWrite(pwmb, b + 255);
28     }
29 }
30 void setup()
31 {
32     // put your setup code here, to run once: pinMode(dira, OUTPUT); pinMode(dirb, OUTPUT);
33 }
34
35 void loop()
36 {
37     // put your main code here, to run repeatedly: motor(255,255); // maju kenceng delay(3000); // delay 3 detik
38     motor(0, 0); // mati delay(1000); // delay 1 detik
39     motor(-255, -255); // mundur kenceng delay(3000);
40     motor(100, 100); // maju pelan delay(3000); // delay 3 detik motor(0,0); // mati delay(1000); // delay 1 detik
41     motor(-100, -100); // mundur pelan
42 }
43
```

Lampiran 4. Coding Maju Dan Mundur Robot

```
1 // Define motor pins
2 const int motor1Pin1 = 3;
3 const int motor1Pin2 = 4;
4 const int motor2Pin1 = 5;
5 const int motor2Pin2 = 6;
6
7 void setup() {
8 // Set motor pins as output
9 pinMode(motor1Pin1, OUTPUT);
10 pinMode(motor1Pin2, OUTPUT);
11 pinMode(motor2Pin1, OUTPUT);
12 pinMode(motor2Pin2, OUTPUT);
13 }
14
15 void loop() {
16 // Move forward
17 digitalWrite(motor1Pin1, HIGH);
18 digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
19 digitalWrite(motor2Pin1, HIGH);
20 digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
21 delay(2000); // Move forward for 2 seconds
22
23 // Stop
24 digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
25 digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
26 digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
27 digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
28 delay(1000); // Stop for 1 second
29
30 // Move backward
31 digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
32 digitalWrite(motor1Pin2, HIGH);
33 digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
34 digitalWrite(motor2Pin2, HIGH);
35 delay(2000); // Move backward for 2 seconds
36
37 // Stop
38 digitalWrite(motor1Pin1, LOW);
39 digitalWrite(motor1Pin2, LOW);
40 digitalWrite(motor2Pin1, LOW);
41 digitalWrite(motor2Pin2, LOW);
42 delay(1000); // Stop for 1 second
43 }
```