

Prototipe Sistem Peringatan dan Kontrol Jaring Otomatis Dengan Metode *Fuzzy* Untuk Mitigasi Risiko Lepasnya Ikan Saat Banjir di Tambak Berbasis IoT (*Internet of Things*)

Prototype of Automatic Net Warning and Control System Using Fuzzy Method to Mitigate the Risk of Fish Release during Floods in Ponds Based on IoT (Internet of Things)

Muhammad Farid Firmansyah¹, Rini Puji Astutik²

^{1,2}Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No.101, Randuagung, Gresik, 61121

Informasi Makalah

Dikirim, 7 Mei 2024
Diterima, 3 Juni 2024
Diterbitkan, 28 Juni 2024

Kata Kunci:

Mitigasi Banjir
Sensor Ultrasonik HC-SR04
Mikrokontroler ESP32
Logika Fuzzy
Aplikasi Blynk

Keyword:

Flood Mitigation
HC-SR04 Ultrasonic Sensor
ESP32 Microcontroller
Fuzzy Logic
Blynk App

INTISARI

Perubahan iklim yang meningkatkan frekuensi dan keparahan bencana alam, termasuk banjir, memiliki dampak yang signifikan pada infrastruktur, keuangan, dan tambak ikan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe deteksi, peringatan, dan pengendalian banjir tambak ikan secara real-time. Prototipe ini menggunakan mikrokontroler ESP32 yang dilengkapi dengan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk memantau ketinggian air, dan sensor aliran air YF-S201 untuk mendeteksi laju aliran air. Data dari kedua sensor tersebut diproses menggunakan logika *fuzzy* untuk menentukan tingkat bahaya banjir, yang selanjutnya digunakan untuk mengaktifkan motor servo sehingga jaring tambak dapat diangkat sesuai dengan ketinggian air yang terdeteksi. Selain itu, alarm peringatan banjir akan berbunyi melalui *buzzer*, dan notifikasi mengenai tingkat bahaya banjir akan dikirim melalui aplikasi *blynk*. Dengan sistem ini, para petambak dapat memantau kondisi tambak dari jarak jauh, merespons banjir dengan cepat, dan mengurangi risiko kerugian yang ditimbulkan akibat bencana banjir.

ABSTRACT

Climate change is increasing the frequency and severity of natural disasters, including floods, having a significant impact on infrastructure, finances and fish farms. Therefore, this research aims to develop a prototype for real-time fish pond flood detection, warning and control. This prototype uses an ESP32 microcontroller equipped with an HC-SR04 ultrasonic sensor to monitor water level, and a YF-S201 water flow sensor to detect water flow rate. Data from the two sensors is processed using fuzzy logic to determine the level of flood danger, which is then used to activate the servo motor so that the pond net can be lifted according to the detected water level. In addition, a flood warning alarm will sound via a buzzer, and notifications regarding the flood danger level will be sent via the Blynk application. With this system, farmers can monitor pond conditions remotely, respond to floods quickly, and reduce the risk of losses arising from flood disasters.

Korespondensi Penulis:

Muhammad Farid Firmansyah, Rini Puji Astutik
Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera No.101, Randuagung, Gresik, 61121
Email : faridfirmansyah793@gmail.com, astutikrpa@umg.ac.id

1. PENDAHULUAN

Indonesia, rentan terhadap berbagai bencana, baik alam maupun sosial. Bencana Hidrometeorologi, seperti banjir, tanah longsor, tsunami, dan kekeringan, menjadi ancaman serius. Kabupaten Lamongan, khususnya di daerah Bonorowo atau Bengawan Jero, sering mengalami banjir selama 3-5 bulan setiap tahun saat musim hujan. Banjir terutama terjadi antara Januari dan Februari, memberikan dampak negatif yang signifikan bagi petani tambak ikan setempat [1].

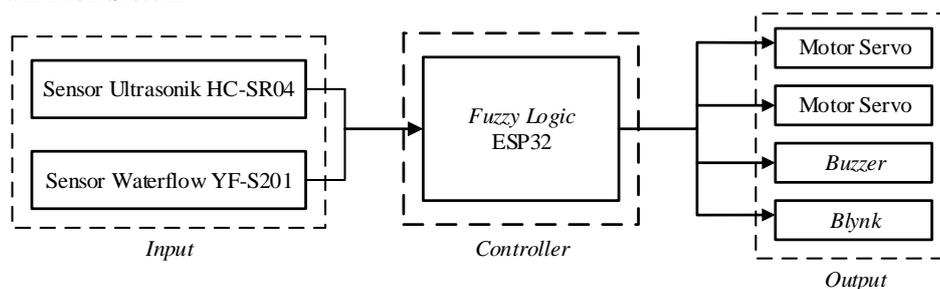
Tindakan cepat diperlukan dalam situasi ini. Solusi yang efektif adalah memanfaatkan teknologi seperti IoT untuk pengawasan dan kontrol perangkat secara online, meningkatkan efisiensi dan kenyamanan, serta merespons kebutuhan saat ini. Penerapan IoT adalah langkah krusial dalam mengatasi situasi ini. [2], [3]. IoT adalah sistem di mana objek-objek dalam kehidupan sehari-hari berinteraksi dan berkomunikasi melalui teknologi jaringan [4]. Kevin Ashton menciptakan istilah "*Internet of Things*" (IoT) pada presentasi di Proctor & Gamble pada 1999 [5]. IoT adalah tentang "inteligensi" perangkat yang memperoleh dan menerapkan pengetahuan secara mandiri. Ini mencakup objek dan sensor pintar dengan adaptasi, otonomi, dan keamanan terintegrasi [6]. Internet menghubungkan mesin secara otomatis untuk pengawasan dan pengaturan langsung. IoT mempercepat dan meningkatkan efisiensi tugas manusia [7]. Dalam konteks ini diperlukan juga sebuah teknik yang dapat menanggulangi kerugian yang di akibatkan banjir di tambak ikan dengan kontrol jaring otomatis yang sesuai dengan level banjir yang terjadi. *Fuzzy logic* merupakan suatu teknik yang dapat digunakan untuk mengatasi persoalan ini. *Fuzzy Logic* (Logika *Fuzzy*) merupakan bagian dalam cabang ilmu matematika yang memiliki fungsi untuk mengatasi hal yang tidak pasti pada masalah-masalah yang memiliki banyak jawaban. Logika *Fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lutfi A. Zadeh pada tahun 1965. Ia adalah seorang peneliti dari Universitas California yang mendalami ilmu di bidang komputer. Salah satu metode yang dapat digunakan adalah Sistem Inferensi Fuzzy (FIS), yaitu sistem yang melibatkan proses pemetaan dari masukan (*input*) yang diberikan menjadi keluaran (*output*) dengan menggunakan logika *Fuzzy*. Oleh karena itu, dalam FIS minimal terdapat dua komponen, yaitu input dan output [8]. *Fuzzy logic* memungkinkan evaluasi kondisi dalam derajat, bukan hanya benar atau salah, tapi dalam rentang seperti lambat, agak cepat, cepat, hingga sangat cepat, mirip dengan proses penalaran manusia [9]. Dan menggunakan ESP32 sebagai mikrokontroler menjadikannya pilihan utama pada sistem ini [10]. Sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian air sebagai parameter dalam sistem peringatan banjir [11]. Oleh karena itu, sensor ultrasonik digunakan sebagai alat pengukur ketinggian air dalam sistem ini [12]. Sensor *waterflow* mendeteksi aliran air dan memberi peringatan banjir saat melebihi ambang batas [13]. Dan motor servo yang digunakan untuk output. Servo bergerak menuju sudut tertentu dan berhenti di sana dalam sistem loop tertutup. Di gunakan untuk penggerak jaring otomatis dengan fuzzy logic ppada sistem ini [14]. Serta *buzzer* listrik sebagai output alarm jika terjadi banjir [9]. Dan aplikasi *blink* sebagai penerima notifikasi jika terjadi banjir dan memonitoring tingkat banjir. Di desain untuk mengontrol perangkat jarak jauh, tampilan sensor, penyimpanan data, dan visualisasi [15]. Aplikasi ini memungkinkan pengguna membuat antarmuka grafis proyek tanpa perlu metode kompleks, cukup dengan drag and drop widget [16].

Dengan demikian penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe sistem peringatan dan kontrol banjir IoT untuk petani tambak ikan. Menggunakan sensor ultrasonic HC-SR04 dan sensor *WaterFlow* YF-S201, sistem ini memberikan peringatan dini dan memungkinkan tindakan cepat. *Fuzzy logic* digunakan untuk menilai tingkat banjir. Tujuannya adalah meningkatkan keberlanjutan produksi ikan dan mengurangi kerugian akibat banjir.

2. METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini melibatkan beberapa tahapan yang terstruktur. Alur konseptual penelitian ini mengikuti tahapan-tahapan dalam proses perancangan sistem. Perancangan sistem yang diterapkan dalam penelitian ini mencakup tiga tahapan utama, yaitu perancangan perangkat keras (*hardware*), perancangan perangkat lunak (*software*), dan penerapan metode *fuzzy*.

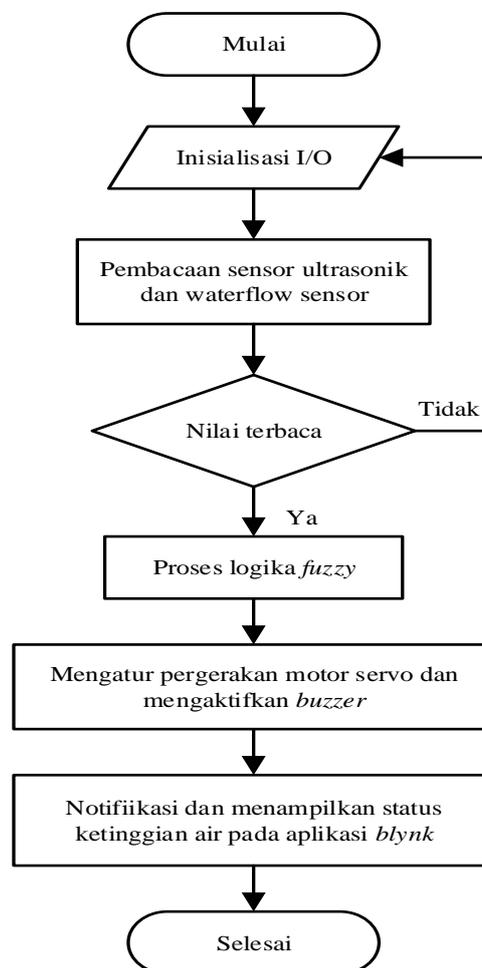
2.1. Diagram Blok Sistem



Gambar 1. Blok Diagram Prototipe Sistem Peringatan dan Kontrol Jaring Otomatis

Blok diagram pada Gambar 1 di atas adalah sebuah gambaran visual yang menyajikan struktur keseluruhan dari komponen yang diperlukan untuk merancang prototipe ini dengan lengkap. Mikrokontroler ESP32, yang berfungsi sebagai pusat pengendalian utama, mengoordinasikan semua operasi dalam sistem. Sumber daya dengan variasi tegangan (3.3 VDC, 5 VDC, dan 12 VDC) diperlukan untuk menjamin kestabilan dan kelancaran operasional sistem. Di sisi output, terdapat beberapa komponen penting. Motor servo digunakan untuk menggerakkan mekanisme tertentu sesuai dengan instruksi yang diberikan. *Buzzer* memberikan umpan balik audio yang diperlukan untuk memberi tahu pengguna tentang status atau perubahan penting dalam sistem, sementara aplikasi *blynk* memungkinkan akses jarak jauh ke sistem melalui jaringan internet. Sensor-sensor juga memainkan peran penting dalam sistem ini. Sensor ultrasonik digunakan untuk mengukur jarak dengan akurasi, sementara sensor aliran air memantau aliran fluida secara terus-menerus. Data yang dikumpulkan oleh sensor-sensor ini diolah oleh mikrokontroler untuk membuat keputusan yang tepat dalam pengaturan sistem. Yang membuat sistem ini lebih cerdas adalah penggunaan metode *fuzzy*. Metode ini memungkinkan sistem untuk memproses data yang tidak pasti atau ambigu, yang sering kali terjadi dalam lingkungan nyata. Dengan menggunakan logika *fuzzy*, sistem dapat membuat keputusan yang lebih adaptif dan responsif terhadap perubahan lingkungan atau situasi yang kompleks. Integrasi semua komponen ini memungkinkan prototipe untuk berfungsi secara efisien, akurat, dan responsif. Diharapkan bahwa dengan kehadiran semua komponen ini, prototipe dapat mencapai tujuan fungsionalitasnya dengan baik.

2.2. Flowchart Sistem

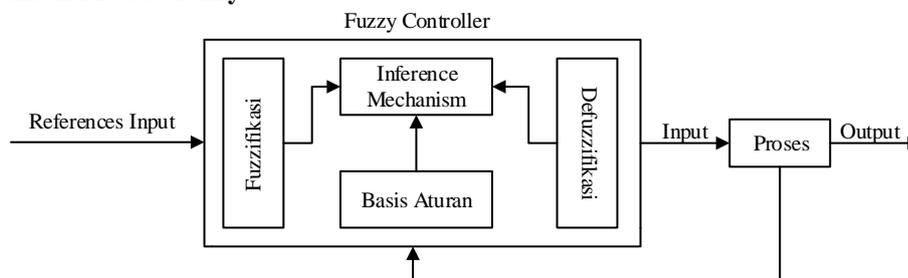


Gambar 2. Diagram Alir Kerja Sistem

Gambar 2 yang disajikan merupakan sebuah diagram alir kerja sistem yang menguraikan secara terperinci proses operasional sistem. Tahapan awal dimulai dengan instalasi Sensor Ultrasonik dan *waterflow* sensor ke mikrokontroler ESP32. Setelah perangkat diaktifkan, langkah pertama adalah menginisiasi proses dengan menekan tombol start. Selanjutnya, Sensor ultrasonik berfungsi secara kontinu untuk memantau tinggi air, sementara *waterflow* sensor mengamati debit air. Langkah berikutnya melibatkan gerakan sudut motor servo secara otomatis, yang dikendalikan oleh level banjir yang telah ditentukan menggunakan metode *fuzzy*.

Ketika sensor ultrasonik mendeteksi perubahan tinggi air, data dalam format centimeter dan liter per menit akan dikirim dan ditampilkan melalui aplikasi *Blynk*. Dengan demikian, sistem ini mengintegrasikan perangkat keras dengan perangkat lunak yang dirancang khusus untuk mencapai fungsionalitas yang diinginkan, memberikan kinerja yang optimal. Melalui serangkaian langkah yang terkoordinasi dengan baik, prototipe ini mampu memberikan informasi yang akurat dan berharga tentang tinggi dan debit air secara *real-time*.

2.3. Perencanaan Metode Fuzzy

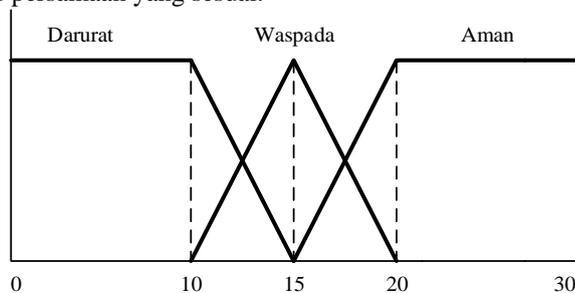


Gambar 3. Blok Diagram Tahapan Metode Fuzzy

Dalam tahapan perancangan logika *fuzzy*, komponen-komponen kunci yang sangat relevan adalah fungsi keanggotaan, basis aturan, dan proses *defuzzifikasi*. Komponen-komponen ini memiliki peran penting dalam mengimplementasikan algoritma pada ESP32, yang pada gilirannya menentukan aksi yang diambil oleh perangkat elektronik dalam sistem yang sedang beroperasi. Fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy*, sebagaimana diuraikan dalam Gambar 4 dan 5, memegang peranan krusial dalam menetapkan tingkat keterkaitan setiap anggota dengan fungsi keanggotaan dalam himpunan *fuzzy* yang relevan. Sementara itu, basis aturan beroperasi dengan bergantung pada nilai-nilai atribut data untuk variabel linguistik yang spesifik, mengatur logika di balik pengambilan keputusan dalam sistem. Proses *defuzzifikasi* kemudian memainkan peran vital dalam mentransformasikan *output fuzzy* yang diperoleh menjadi nilai-nilai yang konkret dan dapat dimengerti, sehingga memungkinkan perangkat elektronik untuk mengambil langkah-langkah yang tepat sesuai dengan kondisi yang diberikan. Dengan demikian, integrasi dari ketiga komponen ini memberikan landasan yang kokoh bagi sistem logika *fuzzy* untuk berfungsi secara efektif dalam konteks implementasi pada ESP32.

2.3.1 Fungsi Keanggotaan Input Dan Output

Untuk menentukan fungsi keanggotaan input ketinggian air dan debit air, serta output motor servo dengan menggunakan rumus persamaan yang sesuai.



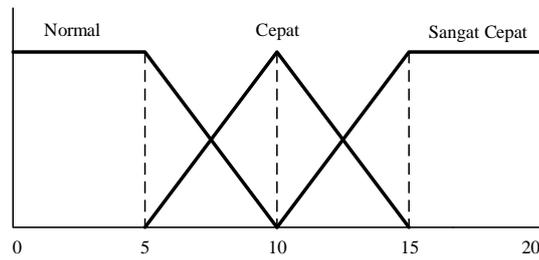
Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Ketinggian Air

Fungsi keanggotaan ketinggian air di tunjukan oleh persamaan (1), (2), (3) di bawah ini :

$$\mu_{\text{Darurat}} [x] = \begin{cases} 1, & x < 10 \\ \frac{15-x}{15-10}, & 10 \leq x \leq 15 \\ 0, & x > 15 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{\text{Waspada}} [x] = \begin{cases} 1; & x = 15 \\ \frac{x-10}{15-10}; & 10 < x < 15 \\ \frac{20-x}{20-15}; & 15 < x < 20 \\ 0; & x \leq 10 \text{ atau } x \geq 20 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu \text{ Aman } [x] = \begin{cases} 1, & x \geq 20 \\ \frac{x-15}{20-15}, & 50 \leq x \leq 20 \\ 0, & x \leq 15 \end{cases} \quad (3)$$



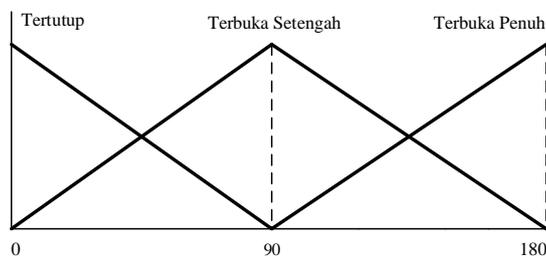
Gambar 5. Fungsi Keanggotaan Debit Air

Fungsi keanggotaan ketinggian air di tunjukan oleh persamaan (4), (5), (6) di bawah ini :

$$\mu \text{ Normal } [x] = \begin{cases} 1, & x < 5 \\ \frac{10-x}{10-5}, & 5 \leq x \leq 10 \\ 0, & x > 10 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu \text{ Cepat } [x] = \begin{cases} 1; & x = 10 \\ \frac{x-5}{10-5}; & 5 < x < 10 \\ \frac{15-x}{15-10}; & 10 < x < 15 \\ 0; & x \leq 5 \text{ atau } x \geq 15 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu \text{ Sangat Cepat } [x] = \begin{cases} 1, & x \geq 15 \\ \frac{x-10}{15-10}, & 10 \leq x \leq 15 \\ 0, & x \leq 10 \end{cases} \quad (6)$$



Gambar 6. Fungsi Keanggotaan Output Motor Servo

Fungsi keanggotaan ketinggian air di tunjukan oleh persamaan (7), (8), (9) di bawah ini :

$$\mu \text{ Tertutup } [x] = \begin{cases} 1, & x < 90 \\ \frac{90-x}{90-0}, & 0 \leq x \leq 90 \\ 0, & x > 90 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu \text{ Terbuka setengah } [x] = \begin{cases} 1; & x = 90 \\ \frac{x-0}{90-0}; & 0 < x < 90 \\ \frac{180-x}{180-90}; & 90 < x < 180 \\ 0; & x \leq 0 \text{ atau } x \geq 180 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu \text{ Terbuka penuh } [x] = \begin{cases} 1, & x \geq 180 \\ \frac{x-90}{180-90}, & 90 \leq x \leq 180 \\ 0, & x \leq 90 \end{cases} \quad (9)$$

2.3.2 Rules Fuzzy

Tabel 1 yang tercantum di bawah ini merangkum serangkaian aturan *fuzzy* yang akan diterapkan pada basis aturan *output*, dengan mempertimbangkan nilai ketinggian air dan debit air. Aturan-aturan ini memberikan kerangka kerja untuk menafsirkan dan merespons kondisi-kondisi tertentu dari ketinggian air dan debit air dalam konteks sistem yang relevan.

Tabel 1. *Rules Fuzzy*

No	IF	Ketinggian Air	AND	Debit Air	THEN	Output (Jaring)
1	IF	Aman	AND	Normal	THEN	Tertutup
2	IF	Aman	AND	Cepat	THEN	Tertutup
3	IF	Aman	AND	Sangat Cepat	THEN	Terbuka Setengah
4	IF	Waspada	AND	Normal	THEN	Terbuka Setengah
5	IF	Waspada	AND	Cepat	THEN	Terbuka Setengah
6	IF	Waspada	AND	Sangat Cepat	THEN	Terbuka Penuh
7	IF	Darurat	AND	Normal	THEN	Terbuka Penuh
8	IF	Darurat	AND	Cepat	THEN	Terbuka Penuh
9	IF	Darurat	AND	Sangat Cepat	THEN	Terbuka Penuh

2.3.3 Defuzzifikasi

Setelah menentukan *rules fuzzy*, proses selanjutnya adalah proses *defuzzifikasi* yang merupakan tahap akhir dalam sistem logika *fuzzy*. Pada tahap ini, keluaran awal yang berupa himpunan *fuzzy* diubah menjadi nilai numerik konkret atau tindakan yang dapat diaplikasikan. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode *centroid* yang menghitung luas dan momen yang ditunjukkan pada persamaan (10) di bawah ini, yang merupakan langkah kritis untuk menghasilkan hasil akhir yang dapat dipahami dan diaplikasikan dalam konteks yang relevan.

Rumus *Defuzzifikasi Metode Centroid* :

$$Z^* = \frac{\int \mu x(z).z dz \rightarrow \text{moment}}{\int \mu x(z) dz \rightarrow \text{luas daerah}} \quad (10)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Perancangan Alat

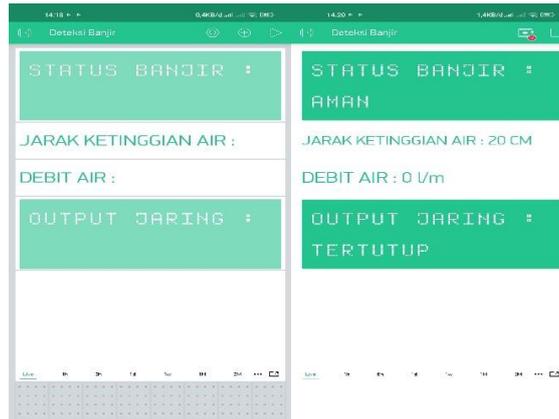
Gambar 7 yang terletak di bawah ini memperlihatkan gambaran hasil instalasi ESP32 yang terkoneksi secara langsung dengan Sensor Ultrasonik, Sensor *Waterlevel*, *buzzer*, dan motor servo. Dalam gambar tersebut, terlihat adanya interkoneksi yang erat antara komponen-komponen tersebut, membentuk sebuah sistem yang terintegrasi dan kompleks.



Gambar 7. Hasil Perancangan Alat

3.2. Hasil Perancangan Sistem Monitoring

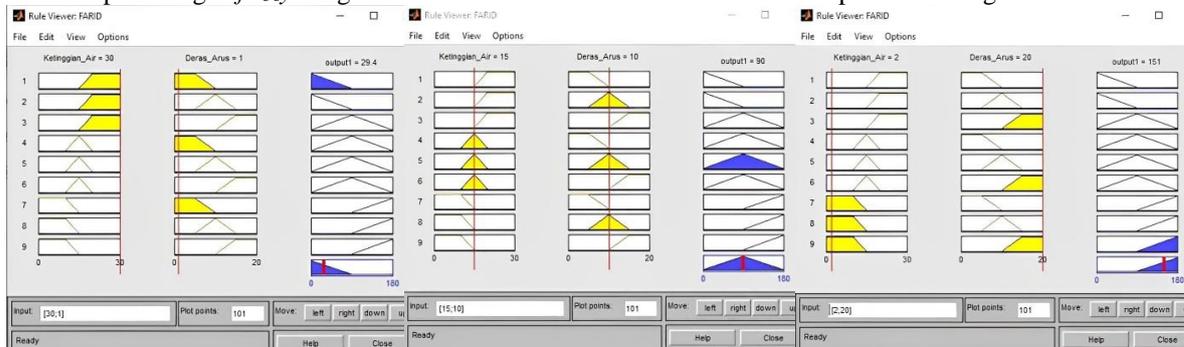
Sistem menggunakan platform *blynk* untuk pemantauan banjir di tambak ikan, dengan antarmuka intuitif. Gambar 8 menunjukkan hasil desain dan pemasangan aplikasi.



Gambar 8. Hasil Desain Dan Instalasi Blynk Pada Smartphone

3.3. Hasil Perhitungan Fuzzy

Dari hasil perhitungan fuzzy dengan simulasi matlab dan metode centroid di dapat hasil sebagai berikut :



Gambar 9. Simulasi 1

Gambar 10. Simulasi 2

Gambar 11. Simulasi 3

Menentukan *output* pergerakan sudut motor servo jika ketinggian air 30 dan debit air 1. Simulasi 1 pada matlab dapat dilihat pada gambar 9. Dengan *rules* 1 berikut

- 1. IF Aman AND Normal THEN Jaring Tertutup

Perhitungan Manual :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= (90 - 0) \times 1 = 90 \\ \text{Moment} &= \int_0^{90} 1 \cdot z \, dz = 4050 \\ z^* &= \frac{4050}{90} = 45 \end{aligned}$$

Jadi *output* sudut pergerakan dari motor servo adalah 45 atau jaring tertutup

Menentukan *output* pergerakan sudut motor servo jika ketinggian air 15 dan debit air 10. Simulasi 2 pada matlab dapat dilihat pada gambar 10. Dengan *rules* 2 berikut

- 2. IF Waspada AND Cepat THEN Jaring Terbuka Setengah

Simulasi 2 pada matlab dapat dilihat pada gambar 10

Perhitungan Manual :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= (180 - 0) \times 1 = 180 \\ \text{Moment} &= \int_0^{180} 1 \cdot z \, dz = 90 \\ z^* &= \frac{16200}{180} = 90 \end{aligned}$$

Jadi *output* sudut pergerakan dari motor servo adalah 90 atau jaring terbuka setengah

Menentukan *output* pergerakan sudut motor servo jika ketinggian air 2 dan debit air 20. Simulasi 3 pada matlab dapat dilihat pada gambar 10. Dengan *rules* 3 berikut

- 3. IF Darurat AND Sangat Cepat THEN Jaring Terbuka Penuh

Perhitungan Manual :

$$\begin{aligned} \text{Luas} &= (180 - 90) \times 1 = 90 \\ \text{Moment} &= \int_{90}^{180} 1 \cdot z \, dz = 12150 \\ z^* &= \frac{12150}{90} = 135 \end{aligned}$$

Jadi *output* sudut pergerakan dari motor servo adalah 135 atau jaring terbuka penuh.

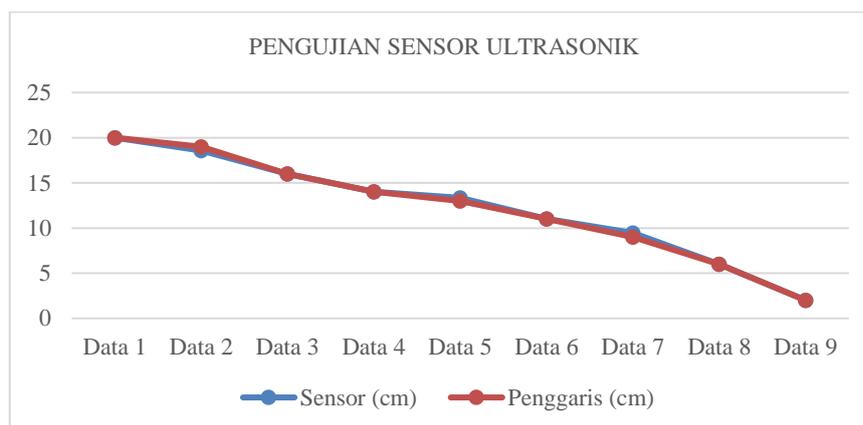
Berdasarkan hasil yang diperoleh, terdapat perbedaan nilai yang kecil antara perhitungan manual menggunakan metode *centroid* dan hasil simulasi pada matlab. Namun, nilai *output* telah menunjukkan kesesuaian dengan aturan yang dirancang ketika diset pada ketinggian air dan debit air. *Output* dari sistem *fuzzy* ini hanya terbagi dalam tiga kategori, yaitu jaring tertutup, jaring terbuka setengah, dan jaring terbuka penuh.

3.4. Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Sensor ultrasonik diuji secara cermat untuk mengevaluasi tingkat akurasi dalam melakukan pengukuran jarak air. Hasil pengujian sensor dibandingkan dengan pengukuran yang dilakukan menggunakan penggaris sebagai acuan untuk menilai keakuratannya.

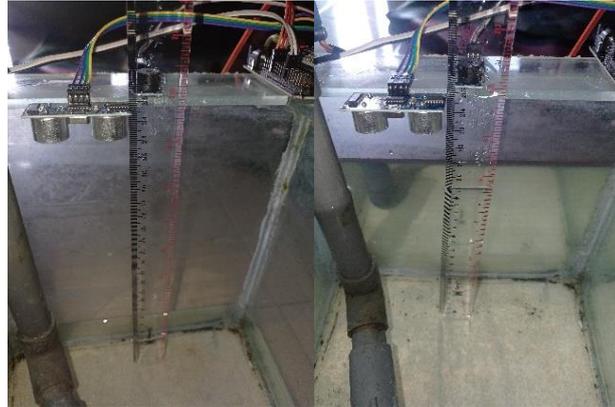
Tabel 2. Pengujian Sensor Ultrasonik

Level Ketinggian Air	Data Pengujian	Nilai Ketinggian Air Pada Sensor (cm)	Penggaris (cm)	Presentase Error %	Akurasi %
Aman	Data 1	20	20	0	100
	Data 2	18,56	19	2,3	97,7
	Data 3	16	16	0	100
Waspada	Data 1	14	14	0	100
	Data 2	13,35	13	2,7	97,3
	Data 3	11	11	0	100
Darurat	Data 1	9,46	9	5,1	94,9
	Data 2	6	6	0	100
	Data 3	2	2	0	100
Rata-Rata				1,12 %	98,87 %



Gambar 12. Grafik Hasil Pengujian Sensor Ultrasonik

Dari data yang tercatat dalam tabel 2 dan gambar 12 yang menunjukkan grafik hasil pengujian sensor ultrasonik di atas, yang dihasilkan setelah menjalani 9 percobaan sensor yang dibandingkan dengan jarak penggaris, terungkap bahwa terdapat tingkat kesalahan sebesar 1,12% dan tingkat akurasi sebesar 98,87%. Analisis ini memberikan gambaran tentang reliabilitas dan ketepatan hasil percobaan sensor dalam membandingkan dengan jarak penggaris, menyoroti tingkat akurasi yang tinggi dengan tingkat kesalahan yang minimal, sebuah indikator penting dalam mengevaluasi kinerja sistem atau perangkat yang terlibat. Selain itu, informasi tersebut dapat dijadikan sebagai dasar bagi pengembangan teknologi sensor yang lebih canggih di masa depan, dengan fokus pada peningkatan akurasi dan mengurangi tingkat kesalahan. Gambar 13 merupakan proses pengujian sensor ultrasonik, yang mencerminkan upaya terus-menerus untuk meningkatkan performa perangkat dalam aplikasi praktis.

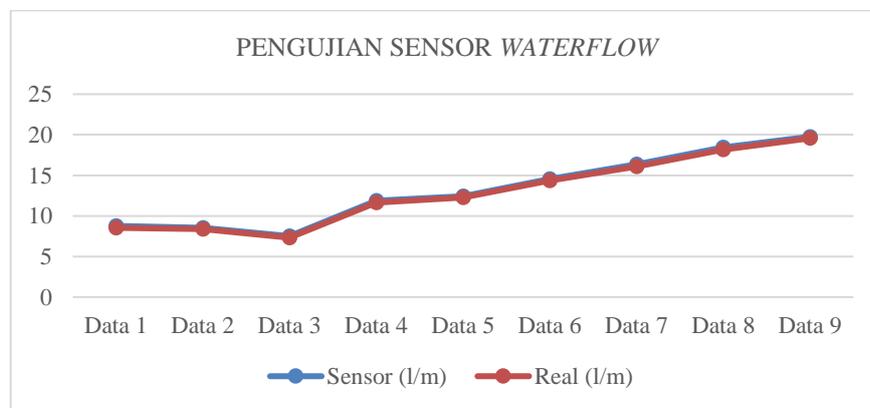


Gambar 13. Pengujian Sensor Ultrasonik

3.5. Hasil Pengujian Sensor *Waterflow*

Tabel 3. Pengujian Sensor *Waterflow*

Level Debit Air	Data Pengujian	Nilai Debit Air Pada Sensor (ml/s)	Real (ml/s)	Presentase Error %	Akurasi %
Normal	Data 1	8,75	8,52	2,6	97,4
	Data 2	8,54	8,36	2,1	97,9
	Data 3	7,51	7,32	2,5	97,5
Cepat	Data 1	11,89	11,65	2,06	97,9
	Data 2	12,43	12,28	1,22	98,78
	Data 3	14,57	14,36	1,46	98,54
Sangat Cepat	Data 1	16,37	16,08	1,80	98,2
	Data 2	18,43	18,18	1,37	98,63
	Data 3	19,76	19,57	0,97	99,03
Rata-Rata				1,86 %	98,2 %

Gambar 14. Grafik Hasil Pengujian Sensor *Waterflow*

Dari data yang tercatat dalam Tabel 3 dan gambar 14 yang menunjukkan grafik hasil pengujian sensor *waterflow* di atas, yang diperoleh setelah melakukan 9 percobaan sensor, diketahui bahwa tingkat kesalahannya sebesar 1,86%, sementara tingkat akurasinya mencapai 98,2%. Informasi ini menyoroti hasil evaluasi yang menunjukkan seberapa baik kinerja sensor dalam menghasilkan data yang akurat dan dapat diandalkan. Dengan tingkat kesalahan yang relatif rendah dan tingkat akurasi yang tinggi, hasil ini menggambarkan reliabilitas sistem yang baik dan memberikan kepercayaan pada data yang dihasilkan oleh sensor tersebut. Gambar 15 merupakan proses pengujian sensor *waterflow*.

Gambar 15. Pengujian Sensor *Waterflow*

3.6. Hasil Pengujian Keseluruhan Alat

Tabel 4. Pengujian Keseluruhan Alat

Data pengujian	Ketinggian air (cm)	Debit Air (ml/s)	Output		Kondisi Jaring	Keterangan
			Motor Servo (Derajat)	Buzzer		
1	19	8	0	Off	Tertutup	Sesuai
2	18	11	0	Off	Tertutup	Sesuai
3	16	16	90	On 1 kali	Terbuka Setengah	Sesuai
4	14	7	90	On 1 kali	Terbuka Setengah	Sesuai
5	12	12	90	On 1 kali	Terbuka Setengah	Sesuai
6	11	17	180	On 2 kali	Terbuka Penuh	Sesuai
7	8	9	180	On 2 kali	Terbuka Penuh	Sesuai
8	5	14	180	On 2 kali	Terbuka Penuh	Sesuai
9	2	20	180	On 2 kali	Terbuka Penuh	Sesuai

Dari data yang tercatat dalam tabel 4, terlihat bahwa output sesuai dengan aturan yang diinginkan, menunjukkan konsistensi dan kecocokan dengan parameter-parameter yang ditetapkan. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa sistem ini memiliki potensi yang cukup baik untuk diaplikasikan dalam kehidupan nyata, dengan harapan dapat memberikan kontribusi yang positif dalam menjawab tantangan atau kebutuhan yang muncul dalam lingkungan yang relevan.

4. KESIMPULAN

Setelah melalui tahapan perencanaan, pengembangan, serta serangkaian pengujian dan analisis, ditemukan bahwa sistem ini menunjukkan hasil yang menjanjikan. Analisis logika *fuzzy* menunjukkan sedikit perbedaan antara perhitungan manual dengan metode *centroid* dan hasil simulasi di Matlab. Namun, nilai *output* sudah sesuai dengan aturan untuk ketinggian dan debit air. Sensor ultrasonik dan sensor aliran air memiliki tingkat kesalahan rendah, masing-masing 1,12% dan 1,86%, serta tingkat akurasi tinggi, yaitu 98,87% untuk sensor ultrasonik dan 98,2% untuk sensor aliran air. Implementasi dan pengujian sistem dilakukan pada miniatur tambak ikan dengan kondisi air statis.

Kesimpulannya, prototipe sistem ini dapat memberikan informasi yang akurat untuk mendeteksi kondisi yang berpotensi menyebabkan lepasnya ikan selama banjir. Implementasi ini membantu petani tambak mengurangi risiko lepasnya ikan akibat banjir, menyediakan peringatan dini, dan mengontrol jaring tambak secara otomatis, sehingga meningkatkan efisiensi dan produktivitas tambak serta mengurangi kerugian akibat kondisi lingkungan ekstrem. Namun, ini masih prototipe dan diuji pada miniatur tambak dengan kondisi air statis. Penelitian selanjutnya diharapkan fokus pada pengembangan dan pengujian sistem pada tambak yang lebih besar untuk menilai keandalan dan efektivitasnya dalam kondisi nyata.

UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti dengan tulus ingin menyampaikan penghargaan yang mendalam kepada semua pihak yang telah turut serta dalam proses penelitian ini. Kami mengucapkan terima kasih atas bimbingan, petunjuk, serta bantuan yang berharga dari berbagai individu dan lembaga, baik dalam hal dukungan moral maupun material. Kerjasama ini tidak hanya memberikan dorongan, tetapi juga menjadi pendorong utama bagi kesuksesan penelitian kami.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Khafid Syaifur Rohman, “KAJIAN RISIKO LAHAN TAMBAK AKIBAT BANJIR DI KECAMATAN KALITENGAH KABUPATEN LAMONGAN,” *Mahasiswa S1 Pendidikan Geografi, Fakultas Ilmu Sosial Dan Hukum, Universitas Negeri Surabaya*, 2021.
- [2] R. Dika Pratama, S. Samsugi, J. Persada Sembiring, J. Z. Pagar Alam No, L. Ratu, and B. Lampung, “ALAT DETEKSI KETINGGIAN AIR MENGGUNAKAN SENSOR ULTRASONIK DENGAN DATABASE,” *Jurnal Teknik dan Sistem Komputer (JTIKOM)*, vol. 3, no. 1, p. 2022.
- [3] A. Prasetyo and R. Rahmat, “REKAYASA SISTEM PERINGATAN DINI BENCANA BANJIR BERBASIS IoT MENGGUNAKAN RASPBERRY PI,” *JURNAL TEKNOLOGI TECHNOSCIENTIA*, pp. 29–35, Sep. 2022, doi: 10.34151/technoscience.v15i1.4035.
- [4] M. N. Bhuiyan, M. M. Rahman, M. M. Billah, and D. Saha, “Internet of Things (IoT): A Review of Its Enabling Technologies in Healthcare Applications, Standards Protocols, Security, and Market Opportunities,” *IEEE Internet Things J*, vol. 8, no. 13, pp. 10474–10498, Jul. 2021, doi: 10.1109/JIOT.2021.3062630.
- [5] R. A. Radouan Ait Mouha, “Internet of Things (IoT),” *Journal of Data Analysis and Information Processing*, vol. 09, no. 02, pp. 77–101, 2021, doi: 10.4236/jdaip.2021.92006.
- [6] K. Shafique, B. A. Khawaja, F. Sabir, S. Qazi, and M. Mustaqim, “Internet of Things (IoT) for Next-Generation Smart Systems: A Review of Current Challenges, Future Trends and Prospects for Emerging 5G-IoT Scenarios,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 23022–23040, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2970118.
- [7] I. Kurniawan and T. Komputer, “Implementasi Internet Of Things (Iot) Dalam Pembelajaran Di Unisnu Jepara,” vol. 2 no. 4, Jun. 2022.
- [8] S. Yuliantika and D. Listya Kartika, “Implementasi Metode Fuzzy Mamdani sebagai Deteksi Awal Banjir Lokal di Bendung Gerak Serayu,” *SQUARE : Journal of Mathematics and Mathematics Education*, vol. 4, no. 1, pp. 17–25, 2022, doi: 10.21580/square.2020.2.1.10783.
- [9] J. Sistem and K. Tgd, “Implementasi Metode Fuzzy Berbasis Internet Of Things (IoT),” vol. 1, no. 1, Feb. 2022. doi: <https://doi.org/10.53513/jursik.v1i1.4805>.
- [10] E. W. Pratama and A. Kiswanto, “Electrical Analysis Using ESP-32 Module In Realtime,” *JEECS (Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences)*, vol. 7, no. 2, pp. 1273–1284, Jan. 2023, doi: 10.54732/jeeecs.v7i2.21.
- [11] P. D. Widayaka, S. Hadi, R. P. M. D. Labib, and K. Marzuki, “Komparasi Performansi Sensor sebagai Perangkat Pengukuran Ketinggian Air pada Sistem Notifikasi Banjir,” *Jurnal Bumigora Information Technology (BITE)*, vol. 4, no. 1, pp. 37–48, Jun. 2022, doi: 10.30812/bite.v4i1.1997.
- [12] R. Dias Valentin, M. Ayu Desmita, and A. Alawiyah, “Implementasi Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Untuk Sistem Peringatan Dini Banjir,” *Jimel*, vol. 2, no. 2, pp. 2723–598, 2021, doi: 10.33365/jimel.v1i1.
- [13] J. Sistem and K. Tgd, “Implementasi Metode Fuzzy Pada Sumur Serapan Otomatis Berbasis Mikrokontroler,” vol. 2, no. 1, pp. 43–52, 2023, [Online]. Available: <https://ojs.trigunadharma.ac.id/index.php/jskom>
- [14] A. Andrian, R. Rahmadewi, and I. A. Bangsa, “ARM ROBOT PEMINDAH BARANG (AtwoR) MENGGUNAKAN MOTOR SERVO MG995 SEBAGAI PENGGERAK ARM BERBASIS ARDUINO,” *Electro Luceat*, vol. 6, no. 2, pp. 142–155, Nov. 2020, doi: 10.32531/jelekn.v6i2.226.
- [15] R. P. Gozal, A. Setiawan, and H. Khoswanto, “Aplikasi SmartRoom Berbasis Blynk untuk Mengurangi Pemakaian Tenaga Listrik,” vol. 8, no. 1, 2020.
- [16] M. Husein, M. Akbar, A. Sobri, and M. Akbar, “ALAT MONITORING SISTEM PENDETEKSI KETINGGIAN BENCANA BANJIR DENGAN SENSOR ULTRASONIK BERBASIS IOT,” 2023.

