

Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini dan Pencegahan Banjir pada Bendungan Menggunakan Metode *Fuzzy*

Zahirulhaq^{1*}, Sidik Nurcahyo², Imam Saukani³

^{1,2,3}Politeknik Negeri Malang, Malang

*Penulis Korespondensi, email: zahirhaqi77@gmail.com

Received: 23/08/2024

Revised: 11/09/2024

Accepted: 04/10/2024

Abstract. To reduce the risk and impact of flooding in Indonesia, dams must have an early warning and flood prevention system. The fuzzy method is used in this research to design a system that can automatically monitor and control the water level in dams. The system utilises an HC-SR04 ultrasonic sensor to measure the water level and a rain sensor to monitor rainfall. The ESP32 Devkit V1 microcontroller processes the data from both sensors and displays it in real-time on the 16x2 LCD screen and the IoT-based Blynk application. The MG996R servo motor, which is controlled by fuzzy logic, controls the opening and closing of the ball valve faucet. This regulates the water flow and keeps the water level within safe limits. Test results show the system can monitor and control the water level well. The overall system test shows the flood potential resulting from defuzzification is very close to the Matlab simulation results, with an average error of 7.54%. For example, in the fifth test, an average rainfall trend of 3.78 mm/sec and an average water level rise of 0.14 cm/sec resulted in a flood potential of 80%, with an error of 3.03% compared to the Matlab results.

Keywords: Early warning system, Flood prevention, Fuzzy method, Ultrasonic sensor HC-SR04, Raindrop sensor, ESP32 devkit V1, Servo motor MG996R, Blynk, Ball valve faucet.

Abstrak. Untuk mengurangi risiko dan dampak banjir di Indonesia, bendungan harus memiliki sistem peringatan dini dan pencegahan banjir. Metode *fuzzy* digunakan dalam penelitian ini untuk merancang sistem yang dapat secara otomatis memantau dan mengontrol ketinggian air di bendungan. Sistem memanfaatkan sensor ultrasonik HC-SR04 untuk mengukur ketinggian air dan sensor hujan untuk memantau curah hujan. Mikrokontroler ESP32 Devkit V1 memproses data dari kedua sensor dan menampilkannya secara *real-time* pada layar LCD 16x2 dan aplikasi Blynk berbasis IoT. Motor servo MG996R, yang dikendalikan oleh logika *fuzzy*, mengontrol buka-tutup kran *ball valve*. Ini mengatur aliran air dan menjaga ketinggian air tetap di batas aman. Hasil pengujian menunjukkan sistem dapat memantau dan mengontrol ketinggian air dengan baik. Pengujian sistem keseluruhan menunjukkan potensi banjir yang dihasilkan dari defuzzifikasi sangat dekat dengan hasil simulasi Matlab, dengan *error* rata-rata 7.54%. Misalnya, pada pengujian kelima, rata-rata tren curah hujan sebesar 3.78 mm/detik dan rata-rata kenaikan level air sebesar 0.14 cm/detik menghasilkan potensi banjir 80%, dengan *error* sebesar 3.03% dibandingkan hasil Matlab.

Kata Kunci: Sistem peringatan dini, Pencegahan banjir, Metode *fuzzy*, Sensor ultrasonik HC-SR04, *Raindrop* sensor, ESP32 devkit V1, Motor servo MG996R, Blynk, Kran *ball valve*.

I. PENDAHULUAN

Di Indonesia terdapat dua musim, yaitu musim penghujan dan musim kemarau. Berdasarkan prakiraan BMKG, musim hujan tahun 2023/2024 diperkirakan akan dimulai pada Oktober hingga Desember 2023 dan mencapai puncaknya pada Januari dan Februari 2024. Musim hujan di Pulau Jawa diperkirakan akan mencapai puncaknya antara Oktober 2023 dan Januari 2024. Pada saat-saat ini, kemungkinan banjir meningkat, dan banjir sering terjadi di beberapa wilayah Indonesia [1].

Banjir merupakan suatu keadaan dimana suatu area tergenang oleh air dalam jumlah besar. Jika bendungan tidak dapat menampung volume air tersebut, banjir dapat meningkat, yang berdampak negatif pada banyak aspek dan lingkungan sekitarnya. Banjir dapat menyebabkan kerusakan pada bendungan secara fisik karena mengancam keberlanjutan infrastruktur yang bertanggung jawab untuk menyediakan air dan memenuhi kebutuhan energi. Dengan melihat begitu banyaknya dampak dari banjir pada bendungan, perlu adanya rancang

bangun sistem peringatan dini dan pencegahan banjir yang dapat memantau dan mengatur ketinggian air bendungan agar tetap stabil [2].

Sistem ini sangat diperlukan dalam menghadapi curah hujan yang tidak konsisten di masing-masing wilayah. Hingga saat ini, banyak sistem buka tutup pintu air bendungan yang masih dioperasikan secara manual dan perlu banyak pertimbangan untuk dapat melaksanakan sistem tersebut. Oleh karena itu, untuk menyikapi hal tersebut diperlukan sebuah *prototype* yang dapat memberikan solusi berupa pantauan curah hujan dan ketinggian air secara *real-time* serta kontrol buka tutup kran *ball valve* secara otomatis. Keberadaan sebuah *prototype* dapat meminimalisir kegagalan dan kesalahan kemudian memungkinkan untuk mendapatkan umpan balik yang maksimal dari pengembang.

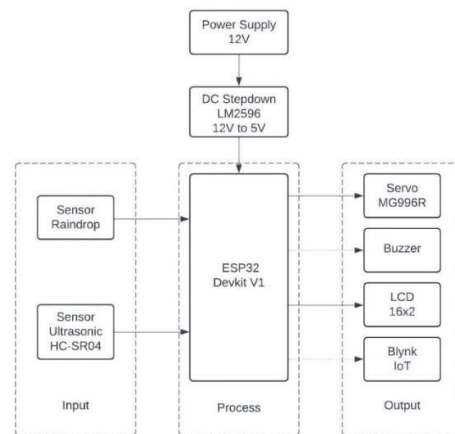
Pada penelitian ini akan dirancang sebuah sistem peringatan dini dan pencegahan banjir menggunakan metode *fuzzy*. Sistem tersebut dapat memonitor curah hujan dan ketinggian air yang disimulasikan menggunakan Pompa Air DC pada bendungan secara *real-time* kemudian menampilkan informasi pada LCD display 16x2 dan aplikasi android yaitu Blynk yang berbasis IoT. Untuk pembacaan curah hujan memakai *Raindrop* Sensor kemudian untuk pembacaan ketinggian air menggunakan Sensor Ultrasonik HC-SR04 serta Motor Servo MG996R untuk menggerakkan kran *ball valve* bendungan. Sehingga diharapkan dengan adanya rancang bangun sistem ini dapat membantu masalah dan kekhawatiran masyarakat terhadap banjir yang bisa dating secara tiba – tiba serta mendapat umpan balik yang maksimal dari para pengembang [3][4].

II. METODOLOGI

Pada bab ini akan membahas tahapan untuk membuat sistem peringatan dini dan pencegahan banjir pada bendungan menggunakan metode *fuzzy*.

A. Diagram Blok Sistem dan Kontrol

Untuk membuat sistem peringatan dini dan pencegahan banjir ini, berikut adalah diagram blok sistem pada sistem yang akan dibuat:



Gambar 1. Diagram blok sistem

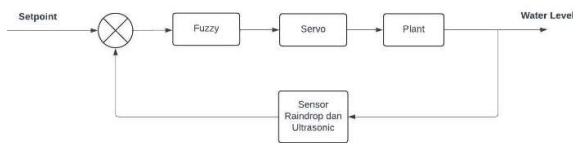
Berdasarkan gambar diatas berikut adalah penjelasan dari setiap komponen yang akan digunakan:

1. *Power Supply* 12V, Sistem ini menggunakan sumber daya 12V untuk menjalankan semua komponennya.
2. *DC Stepdown* LM2596, berfungsi menurunkan tegangan dari 12V ke 5V untuk menyediakan daya yang sesuai dengan komponen yang memerlukan tegangan 5V.
3. *Sensor Raindrop*, berfungsi mendeteksi tren curah hujan yang dapat berubah – ubah, kemudian hasil pembacaannya akan diproses pada ESP32 Devkit V1. Sensor ini diletakkan di bagian tepi kanan atau kiri atas pada *prototype* bendungan tersebut.
4. *Sensor Ultrasonic*, HC-SR04 berfungsi mendeteksi tren kenaikan level air yang dapat berubah-ubah, kemudian hasil pembacaannya akan diproses pada ESP32 Devkit V1. Sensor ini diletakkan di bagian tepi kanan atau kiri atas pada *prototype* bendungan tersebut.
5. ESP32, berfungsi sebagai kontrol sistem pada *prototype* bendungan tersebut, mikrokontroler ini diletakkan dalam box panel yang terletak di sebelah pojok kiri atas *prototype* tersebut.
6. Motor Servo MG966, ini merupakan keluaran yang berfungsi untuk mengatur sudut buka tutup kran *ball valve* sesuai dengan *fuzzy* yang ditentukan, Motor Servo

MG996R ini diletakkan di atas kran bersama holdernya.

7. *Buzzer*, berfungsi sebagai peringatan apabila ketinggian air sudah sampai pada set point yang ditentukan, kemudian *buzzer* di letakkan dalam box panel yang terletak di sebelah pojok kiri atas *prototype* tersebut.
8. Blynk IoT, berfungsi untuk menampilkan hasil monitoring dari kedua sensor diatas yaitu *Ultrasonic* HC-SR04 dan *Raindrop* secara *real-time* dan dapat diakses di handphone.
9. LCD 16x2, berfungsi untuk menampilkan hasil monitoring dari kedua sensor diatas yaitu *ultrasonic* dan *raindrop* secara *real-time*. LCD 16x2 ini di letakkan dalam box panel yang terletak di sebelah pojok kiri atas *prototype* tersebut

Selanjutnya adalah gambar dibawah ini adalah diagram blok kontrol yang menggambarkan sistem otomatis untuk mengatur level air menggunakan kontrol logika *fuzzy*, *Raindrop* Sensor dan *Ultrasonic* Sensor HC-SR04. Berikut adalah gambar diagram blok kontrol:



Gambar 2. Diagram blok kontrol

Kontrol logika *fuzzy* menerima *input* dari *Raindrop* Sensor untuk tren curah hujan dan *Ultrasonic* Sensor untuk tren kenaikan level air. Berdasarkan data ini, logika *fuzzy* menentukan Tindakan yang harus diambil. Berdasarkan keputusan dari logika *fuzzy*, motor servo MG996R dikendalikan untuk membuka atau menutup Kran *Ball valve*. Kran *Ball valve* membuka atau menutup aliran air untuk menjaga level air dalam rentang yang aman. *Raindrop* Sensor terus mendeteksi tren curah hujan dan memberikan data ke logika *fuzzy*, sementara *Ultrasonic* Sensor HC-SR04 terus mendeteksi tren kenaikan level air ke logika *fuzzy*.

Tren Curah Hujan diukur menggunakan *Raindrop* Sensor, yang memberikan data intensitas curah hujan dalam bentuk per tip dan sebagai *input*

untuk sistem kontrol *fuzzy*. Perubahan intensitas curah hujan dapat diukur menggunakan rumus kecepatan sebagai berikut :

$$Tren\ Curah\ Hujan(v_r) = \frac{\Delta CH}{\Delta t} \quad (1)$$

Keterangan :

- a. v_r adalah tren curah hujan
- b. ΔCH adalah perubahan intensitas curah hujan
- c. Δt adalah selang waktu pengukuran

Tren Kenaikan Level Air diukur menggunakan *Ultrasonic* Sensor HC-SR-04, yang memberikan data jarak air dari sensor dan sebagai *input* untuk sistem kontrol *fuzzy*. Perubahan level air dapat diukur menggunakan rumus kecepatan sebagai berikut :

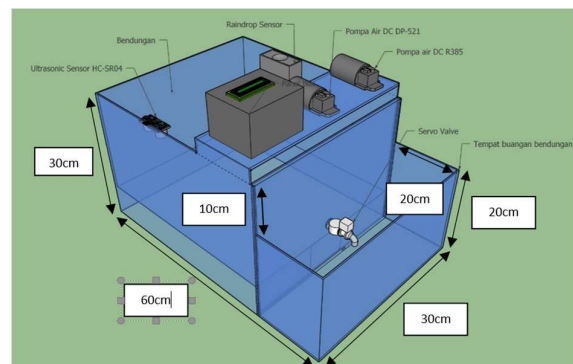
$$Tren\ Kenaikan\ Level\ Air(v_w) = \frac{\Delta KLA}{\Delta t} \quad (2)$$

Keterangan :

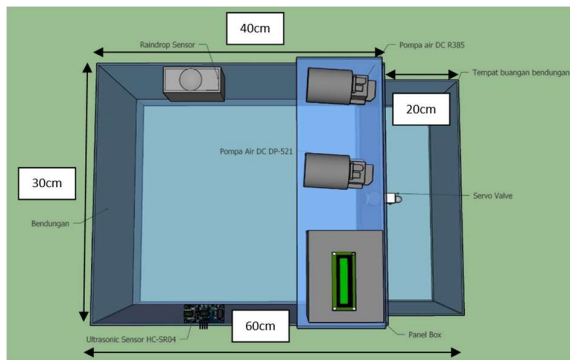
- a. v_w adalah tren kenaikan level air
- b. ΔKLA adalah perubahan level air
- Δt adalah selang waktu pengukuran

B. Perancangan Mekanik

Berikut adalah gambar desain alat dari *prototype* yang dibuat:



Gambar 2. *Prototype* bendungan tampak samping



Gambar 3. *Prototype bendungan tampak atas*

Berikut adalah spesifikasi mekanik dari desain alat diatas:

1. Bahan Alat : Akrilik
2. Ukuran *prototype* keseluruhan :
 - a. Panjang : 60 cm
 - b. Lebar : 30 cm
 - c. Tinggi : 30 cm

C. Perancangan Sistem

Logika *fuzzy* diciptakan oleh Lothfi A. Zadeh. Ini adalah struktur matematis yang memetakan sebuah variabel yang dimasukkan ke dalam proses dan menghasilkan keluaran dengan menggunakan aturan *IF-THEN* [5]. Metode *fuzzy* pada penelitian sebelumnya yang membahas mengenai kontrol ketinggian air bendungan berbasis logika *fuzzy* memiliki *error steady state* atau *Ess* sebesar 3% dengan *set point* sebesar 14cm. . Saat *set point* 10 cm *error steady state* nya sebesar 2,6 %. Saat *set point* 12 cm *error steady state* nya sebesar 2,84 %. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan *Fuzzy Logic Control* memberikan *respons* ketinggian air yang lebih mendekati nilai *setpoint* yang ditetapkan [2].

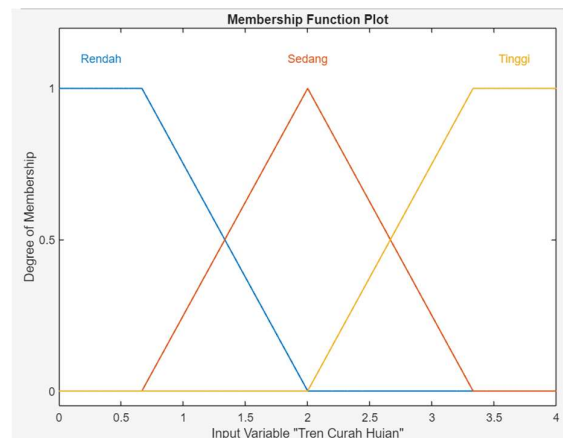
Lalu, pada implementasi sistem pengendalian otomatis untuk mengatur debit air pada prototipe bendung sebagai pencegahan banjir yang menggunakan metode *fuzzy* dapat menunjukkan hasil dari sistem yang dapat bekerja otomatis dengan akurasi sebesar 99,7%. Kesalahan dipengaruhi oleh sensor *ultrasonic* sebesar 5,61% dan sensor *water flow* sebesar 4,83%. Manfaat dari sistem ini adalah mudah dikendalikan dan dipantau, aliran air didistribusikan secara merata, dan memberikan informasi peringatan dini untuk mengantisipasi banjir [6]. Sehingga dapat diaktakan

metode *fuzzy* adalah metode kontrol yang efektif untuk sistem pendeteksi banjir [7][8][9][10].

Berikut adalah perancangan metode kontrol *fuzzy*:

1. Keanggotaan *Input* Tren Curah Hujan

Keanggotaan *Input* Tren Curah Hujan memiliki rentang 0-4 mm/detik, dan memiliki tiga fungsi keanggotaan yang mendefinisikan Tingkat curah hujan. Pertama, Curah Hujan Rendah yang bertipe trapezoidal dengan fungsi keanggotaan ini memiliki nilai keanggotaan penuh dari 0 hingga 0.667, dan menurun hingga 0 pada nilai 2. Kedua, Curah Hujan Sedang yang bertipe triangular dengan fungsi keanggotaan ini memiliki puncak keanggotaan penuh pada nilai 2, dan menurun dari nilai 0.667 hingga 3.33. Ketiga, Curah Hujan Tinggi yang bertipe trapezoidal fungsi keanggotaan ini memiliki nilai keanggotaan penuh dari 3.33 hingga 4, dan meningkat dari nilai 2 hingga 3.33.



Gambar 5. Keanggotaan *input* tren curah hujan

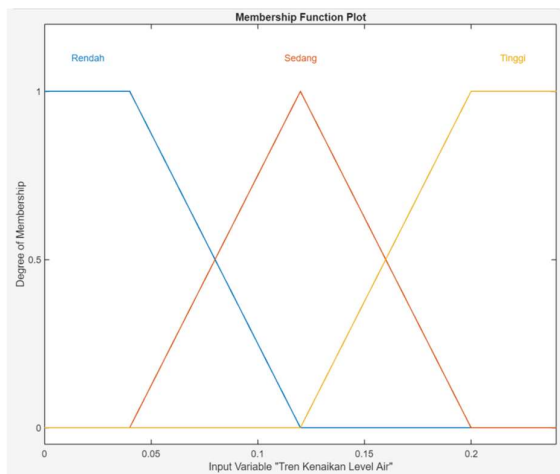
Berikut adalah tabel variabel longuistik curah hujan:

Tabel 1. Variabel linguistik curah hujan

No	Variabel Linguistik	Domain Himpunan Fuzzy (mm/detik)
1	Tren Curah Hujan Rendah	0 – 2
2	Tren Curah Hujan Sedang	0.667 – 3.33
3	Tren Curah Hujan Tinggi	2 - 4

2. Keanggotaan *Input* Tren Kenaikan Level Air

Keanggotaan *Input* Tren Kenaikan Level Air memiliki rentang dari 0 hingga 0.24 cm/detik, dan memiliki tiga fungsi keanggotaan yang mendefinisikan Tingkat kenaikan level air sebagai berikut. Pertama, Level Air Rendah yang bertipe trapezoidal. Fungsi keanggotaan ini memiliki nilai keanggotaan penuh dari 0 hingga 0.04, dan menurun hingga nol pada nilai 0.12. Kedua, Level Air Sedang yang bertipe triangular dengan fungsi keanggotaan ini memiliki puncak keanggotaan penuh pada nilai 0.12, dan menurun dari nilai 0.04 hingga 0.2. Ketiga, Level Air Tinggi yang bertipe trapezoidal dengan fungsi keanggotaan ini memiliki nilai keanggotaan penuh dari 0.2 hingga 0.24, dan meningkat dari nilai 0.12 hingga 0.2.



Gambar 4. Keanggotaan *input* tren kenaikan level air.

Berikut adalah tabel variabel *linguistic* level air:

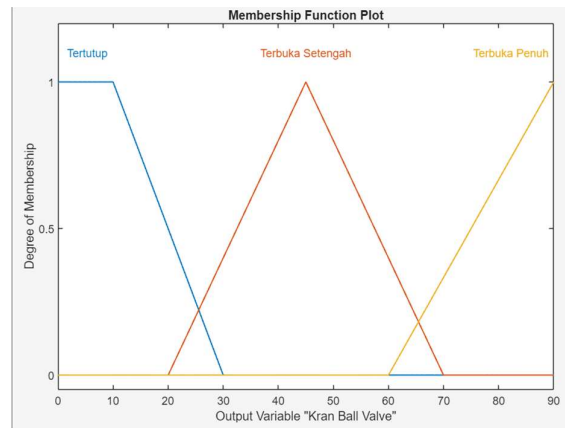
Tabel 2. Variabel linguistik level air

No	Variabel Linguistik	Domain Himpunan Fuzzy (cm/detik)
1	Tren Level Air Rendah	0 – 0.12
2	Tren Level Air Sedang	0.04 – 0.2
3	Tren Level Air Tinggi	0.12 – 0.24

3. Keanggotaan Output Kran *Ball valve*

Keanggotaan *output* kran *ball valve* memiliki rentang dari 0 hingga 90 derajat, dan memiliki tiga fungsi keanggotaan yang mendefinisikan posisi bukaan kran *ball valve* sebagai berikut. Pertama,

Tertutup yang bertipe trapezoidal dengan fungsi keanggotaan ini memiliki nilai keanggotaan penuh dari 0-20, dan menurun hingga 0 pada nilai 30. Kedua, Terbuka Setengah yang bertipe triangular fungsi keanggotaan ini memiliki puncak keanggotaan penuh pada nilai 45, dan menurun dari nilai 20 hingga 70. Ketiga, Terbuka Penuh yang bertipe trapezoidal dengan fungsi keanggotaan ini memiliki nilai keanggotaan penuh dari 70 hingga 90, dan meningkat dari nilai 60 hingga 70.



Gambar 5. Keanggotaan *output* kran *ball valve*

Berikut adalah tabel dari variabel linguistik kran *ball valve*:

Tabel 3. Variabel linguistik kran *ball valve*

No	Variabel Linguistik	Domain Himpunan Fuzzy (°)
1	Tertutup	0 - 30
2	Terbuka Setengah	20 - 70
3	Terbuka Penuh	60 - 90

4. Rule base

Berikut adalah *rule base* berdasarkan keanggotaan *input* dan *output* yang telah dibuat:

Tabel 4. Rule base

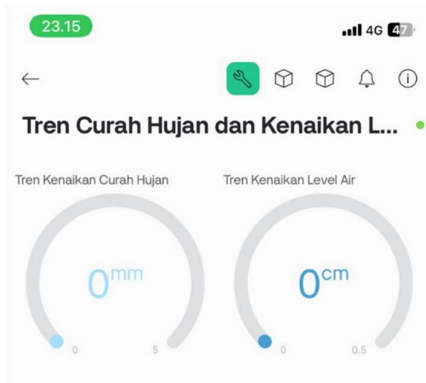
		Tren Kenaikan Level Air		
		Rendah	Sedang	Tinggi
Tren Curah Hujan	Rendah	Tertutup	Terbuka Setengah	Terbuka Penuh
	Sedang	Terbuka Setengah	Terbuka Penuh	Terbuka Penuh
	Tinggi	Terbuka Penuh	Terbuka Penuh	Terbuka Penuh

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

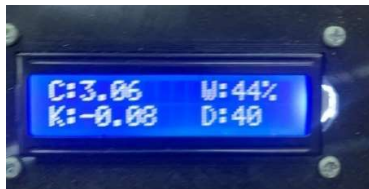
Berdasarkan perancangan yang telah dibuat berikut adalah hasil dari sistem keseluruhan:



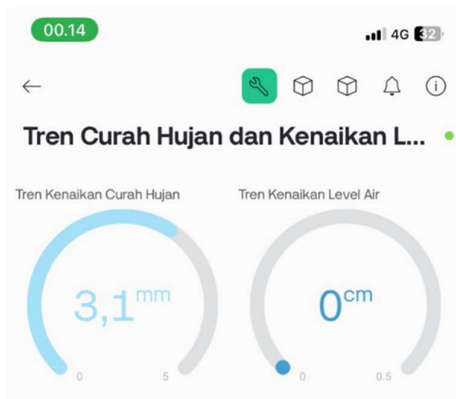
Gambar 8. Hasil pengujian sistem keseluruhan



Gambar 9. Hasil monitoring di aplikasi Blynk pada Handphone



Gambar 10. Hasil pengujian sistem keseluruhan



Gambar 11. Hasil monitoring di aplikasi Blynk pada Handphone

Tabel 5. Hasil pengujian sistem keseluruhan

No.	Tren Curah Hujan (mm/detik)	Tren Kenaikan Level Air (cm/detik)	Kondisi Buzzer	Potensi Banjir (%)	Defuzzifikasi (Pengujian)	Defuzzifikasi (Matlab)	Error (%)
1	0	0	Mati	5%	5	5.6	10.7%
2	0	0					
3	0	0					
	0	0					
4	0.90	0.12	Mati	44%	40	45	11.1%
5	1.98	0.04					
6	3.06	0.01					
	1.98	0.057					
7	0.36	0.00	Mati	25%	23	25	8%
8	2.52	0.12					
9	0.36	0.00					
	1.08	0.043					
10	2.16	0.00	Mati	50%	47.5	47.1	0.8%
11	2.16	0.09					
12	1.98	0.00					
	2.1	0.03					
13	3.60	0.21	Menyala	80%	80	82.5	3.03%
14	3.78	0.13					
15	3.96	0.10					
	3.78	0.14					

Pada pengujian pertama memiliki rata-rata tren curah hujan sebesar 0 mm/detik dan rata-rata kenaikan level air sebesar 0 cm/detik. Hasil defuzzifikasi menunjukkan potensi banjir sebesar 5% dengan hasil pengujian 5 dan hasil Matlab 5.6, menghasilkan *error* sebesar 10.7%. Berdasarkan fungsi keanggotaan, tren curah hujan dan tren kenaikan level air keduanya termasuk dalam kategori rendah. Menurut *rule base*, kran *ball valve* seharusnya tertutup dan *buzzer* dalam keadaan mati. *Error* sebesar 10.7% menunjukkan adanya perbedaan yang cukup signifikan antara hasil pengujian dan Matlab, mengindikasikan bahwa model *fuzzy* sudah mendekati akurat walaupun masih terdapat *error* untuk data dengan kombinasi tren curah hujan tinggi dan kenaikan level air rendah.

Pengujian kedua menunjukkan rata-rata tren curah hujan sebesar 1.98 mm/detik dan rata-rata kenaikan level air sebesar 0.057 cm/detik. Potensi banjir yang dihasilkan adalah 44%, dengan hasil defuzzifikasi pengujian 40 dan hasil Matlab 45, menghasilkan *error* sebesar 11.1%. Berdasarkan fungsi keanggotaan, tren curah hujan masuk kategori sedang dan tren kenaikan level air kategori rendah. Menurut *rule base*, kran *ball valve* seharusnya terbuka setengah dan *buzzer* dalam

keadaan mati. *Error* sebesar 11.1% menunjukkan perbedaan signifikan antara hasil pengujian dan Matlab, yang mengindikasikan bahwa model *fuzzy* sudah mendekati akurat walaupun masih terdapat *error* untuk data dengan kombinasi tren curah hujan tinggi dan kenaikan level air rendah.

Pengujian ketiga memiliki rata-rata tren curah hujan sebesar 1.08 mm/detik dan rata-rata kenaikan level air sebesar 0.04 cm/detik. Potensi banjir yang dihasilkan adalah 25%, dengan hasil defuzzifikasi pengujian 23 dan hasil Matlab 25, menghasilkan *error* sebesar 8%. Berdasarkan fungsi keanggotaan, tren curah hujan dan tren kenaikan level air keduanya masuk kategori rendah. Menurut *rule base*, Kran *Ball valve* seharusnya tertutup dan *buzzer* dalam keadaan mati. *Error* sebesar 8% menunjukkan adanya perbedaan yang lebih besar antara hasil pengujian dan Matlab, menandakan bahwa model *fuzzy* sudah mendekati akurat walaupun masih terdapat *error* untuk data dengan tren curah hujan dan kenaikan level air yang rendah.

Pengujian keempat menunjukkan rata-rata tren curah hujan sebesar 1.08 mm/detik dan rata-rata kenaikan level air sebesar 0.043 cm/detik. Potensi banjir yang dihasilkan adalah 50%, dengan hasil defuzzifikasi pengujian 47.5 dan hasil Matlab 47.1, menghasilkan *error* sebesar 0.8%. Berdasarkan fungsi keanggotaan, tren curah hujan kategori sedang dan tren kenaikan level air kategori rendah. Menurut *rule base*, Kran *Ball valve* seharusnya terbuka setengah dan *buzzer* dalam keadaan mati. Hasil defuzzifikasi pengujian dan Matlab sangat dekat, menunjukkan kesesuaian yang sangat baik dengan *error* sebesar 0.8%, mencerminkan akurasi yang tinggi dari sistem *fuzzy* pada data ini.

Pengujian kelima menunjukkan rata-rata tren curah hujan sebesar 3.78 mm/detik dan rata-rata kenaikan level air sebesar 0.14 cm/detik. Potensi banjir yang dihasilkan adalah 80%, dengan hasil defuzzifikasi pengujian 80 dan hasil Matlab 82.5, menghasilkan *error* sebesar 3.03%. Berdasarkan fungsi keanggotaan, tren curah hujan kategori tinggi dan tren kenaikan level air kategori sedang. Menurut *rule base*, kran *ball valve* seharusnya terbuka penuh dan *buzzer* dalam keadaan menyala.

Hasil defuzzifikasi pengujian dan Matlab yang sangat dekat menunjukkan akurasi yang baik. *Error* sebesar 3.03% menunjukkan sedikit perbedaan antara hasil pengujian dan Matlab.

Secara keseluruhan, proses rata-rata sebelum *input* ke sistem *fuzzy* memberikan hasil yang cukup akurat, terutama untuk data dengan tren curah hujan dan kenaikan level air yang lebih tinggi. Pada beberapa pengujian menunjukkan bahwa model *fuzzy* sudah mendekati akurat walaupun masih terdapat *error*. Integrasi fungsi keanggotaan dan *rule base* membantu dalam memahami bagaimana *input* dipetakan ke output dan bagaimana prediksi dilakukan berdasarkan data *input* yang diberikan. Meskipun ada beberapa perbedaan yang memerlukan penyempurnaan, sistem ini sudah menunjukkan kinerja yang baik dalam beberapa kasus.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian ini, telah berhasil dirancang dan dibangun sebuah sistem peringatan dini dan pencegahan banjir pada bendungan menggunakan metode *fuzzy*. Sistem ini memanfaatkan *raindrop* Sensor dan *ultrasonic* Sensor HC-SR04 yang diintegrasikan dengan mikrokontroler ESP32 Devkit V1 untuk memonitor tren curah hujan dan tren kenaikan level air. Sistem ini dilengkapi dengan aplikasi Blynk IoT dan LCD 16x2 sebagai media menampilkan hasil monitoring dan kontrol kran *ball valve* menggunakan motor servo MG996R.

Dari hasil pengujian yang dilakukan, sistem menunjukkan kinerja yang baik dalam mendeteksi tren curah hujan dan tren kenaikan level air, serta memberikan respon yang baik dalam mengatur buka tutup kran *ball valve* berdasarkan logika *fuzzy* yang diterapkan. Sistem ini dapat meminimalisir risiko banjir dengan memberikan peringatan dini dan tindakan pencegahan yang adaptif dan responsif. Implementasi sistem ini diharapkan dapat memberikan solusi terhadap masalah banjir yang sering terjadi di bendungan, serta memberikan umpan balik yang maksimal dari para pengembang untuk penyempurnaan lebih lanjut.

Menggunakan sensor dengan akurasi dan ketahanan yang lebih tinggi, serta penambahan

sistem cadangan daya agar sistem tetap beroperasi saat terjadi pemadaman listrik.

1. Mengintegrasikan sistem dengan platform lainnya untuk memungkinkan pemantauan dan pengendalian dari berbagai perangkat dan lokasi yang lebih luas.
2. Mengembangkan dan mengoptimalkan kontrol *fuzzy* yang digunakan untuk meningkatkan ketepatan dalam mengambil keputusan.
3. Mempertimbangkan variabel lain untuk menambah keakuratan pengambilan keputusan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat-Nya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terima kasih kepada keluarga dan sahabat atas dukungan moral yang tak ternilai, serta seluruh dosen dan staf Politeknik Negeri Malang yang telah membekali kami dengan ilmu dan dukungan selama masa studi. Kami juga berterima kasih kepada teman-teman seperjuangan atas kerja sama dan semangat yang telah dibagikan sepanjang proses penelitian ini. Semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

REFERENSI

- [1] A. F. Radjab dan Supari, *Prakiraan Musim Hujan 2023/2024 Di Indonesia*. 2023.
- [2] S. B. Sudaryoto dan M. S. Zuhrie, "Rancang Bangun Sistem Kontrol Ketinggian Air Bendungan Berbasis *Fuzzy Logic Controller*," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 8, no. 2, 2019.
- [3] S. Nduru, A. Al Hafiz, dan D. H. Pane, "Implementasi Metode *Fuzzy* Berbasis Internet Of Things (IoT) Untuk Peringatan Dini Banjir," *Jurnal Sistem Komputer Triguna Dharma (JURSIK TGD)*, vol. 1, no. 1, 2022, doi: 10.53513/jursik.v1i1.4805.
- [4] T. A. Firmansah dan K. E. Susilo, "Prototype Sistem Monitoring dan Kontroling Banjir Berbasis Internet of Things Menggunakan ESP32," *Techno Xplore : Jurnal Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi*, vol. 5, no. 1, 2020.
- [5] G. J. Klir dan Bo. Yuan, *Fuzzy sets and fuzzy logic : theory and applications*. Prentice Hall PTR, 1995.
- [6] G. G. Maulana, S. Pancono, dan A. Mia, "Desain dan Implementasi Sistem Pengendalian Otomatis untuk Mengatur Debit Air Pada Prototipe Bendung sebagai Pencegahan Banjir," *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 4, no. 3, 2018.
- [7] W. A. Wicaksono dan L. M. Silalahi, "Rancang Bangun Alat Pendeteksi Banjir Menggunakan Arduino Dengan Metode *Fuzzy Logic*," *Jurnal Teknologi Elektro*, vol. 11, no. 2, 2020, doi: 10.22441/jte.2020.v11i2.005.
- [8] M. Ferdiansyah, S. Ahzan, dan D. Pangga, "Pengembangan alat pengukur ketinggian permukaan air pada bendungan berbasis kontroller sebagai peringatan dini terjadinya banjir," *Jurnal Ilmiah IKIP Mataram*, vol. 9, no. 2, 2022.
- [9] A. Kurnia, R. Mustafa, dan R. Listiana, "Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Dalam Pencegahan Banjir Akibat Luapan Sungai Berbasis Arduino Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*," *Journal of Informatics And Electronics Engineering*, vol. 2, no. 2, 2022.
- [10] R. Dias Valentin, M. Ayu Desmita, dan A. Alawiyah, "Implementasi Sensor Ultrasonik Berbasis Mikrokontroler Untuk Sistem Peringatan Dini Banjir," *Jimel*, vol. 2, no. 2, 2021.