

# Implementasi Metode *Fuzzy* Sugeno Pada Prototipe Pendeteksi Banjir

Dirga Rama Setiadi<sup>1</sup>, Ernando Rizki Dalimunthe<sup>2</sup>, Novia Utami Putri<sup>3</sup>, Alfath Zain<sup>4</sup>

Program Studi Teknik Elektro Universitas Teknokrat Indonesia, Bandar Lampung  
Program Studi Teknik Sipil Universitas Teknokrat Indonesia, Bandar Lampung  
Jl. ZA. Pagar Alam No. 9-11, Labuhan Ratu, Kec. Kedaton, Kota Bandar Lampung, Lampung 35132

<sup>1</sup>dirgaaja1999@gmail.com

<sup>2</sup>ernando\_rizki\_dalimunthe@teknokrat.ac.id

<sup>3</sup>noviautami@teknokrat.ac.id

<sup>4</sup>alfath\_zain@teknokrat.ac.id

**Intisari** — Pemantauan ketinggian air sangat penting untuk mencegah kerugian dan korban jiwa akibat banjir. Pengembangan sistem real-time untuk pengambilan keputusan sangat diperlukan dalam konteks ini. Penelitian ini menggunakan metode fuzzy sugeno pada prototipe pendeteksi banjir, dengan ESP 32 sebagai mikrokontroler yang dilengkapi logika fuzzy dan sensor ultrasonik A02YYUW untuk mengukur ketinggian air. Metode ini melibatkan proses fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Pengujian menunjukkan sensor ultrasonik A02YYUW memiliki rata-rata eror sebesar 0,1% dan waktu respon pengambilan keputusan fuzzy sekitar 0,115 detik. Simulasi menggunakan matlab menghasilkan rata-rata eror 0%. Dengan demikian, pendeteksi banjir ini menggunakan sensor ultrasonik A02YYUW dan metode fuzzy sugeno dapat menjadi solusi efektif untuk memantau dan menginformasikan kondisi ketinggian air guna mengurangi resiko banjir. **Kata kunci** — *Fuzzy Sugeno, Esp 32, Sensor Ultrasonik A02YYUW, Matlab.*

**Abstract** — Water level monitoring is very important to prevent losses and casualties due to flooding. The development of a real-time system for decision making is essential in this context. This study uses the fuzzy sugeno method on a flood detector prototype, with ESP 32 as a microcontroller equipped with fuzzy logic and an A02YYUW ultrasonic sensor to measure water levels. This method involves fuzzification, inference, and defuzzification processes. Tests show that the A02YYUW ultrasonic sensor has an average error of 0.1% and a fuzzy decision-making response time of around 0.115 seconds. Simulation using matlab produces an average error of 0%. Thus, this flood detector using the A02YYUW ultrasonic sensor and the fuzzy sugeno method can be an effective solution for monitoring and informing water level conditions to reduce the risk of flooding.

**Keywords** — *Fuzzy Sugeno, Esp 32, Sensor Ultrasonik A02YYUW, Matlab.*

## I. PENDAHULUAN

Musim penghujan dapat memiliki curah hujan yang berlangsung sangat lama. Hujan yang terus menerus meningkatkan volume air, mengakibatkan banjir di beberapa lokasi[1]. Masyarakat akan mengalami kerugian jika terjadi banjir. Namun, masyarakat tidak dapat informasi secara langsung ketika hal itu terjadi. Pencegahan dan mitigasi bencana banjir masih menjadi masalah besar, dalam hal ini peringatan dini sangat penting bagi masyarakat. Sistem peringatan dini yang efektif dapat membantu masyarakat dalam menginformasikan ancaman banjir[2].

Bagi masyarakat yang tinggal di sekitar bantaran sungai biasanya terkena dampak banjir. Jika luapan air sungai terjadi pada siang hari, dampaknya dapat diminimalkan terutama dalam hal korban jiwa karena

masyarakat setempat lebih sadar dan dapat dengan cepat menanggapi banjir. Namun, jika banjir terjadi pada malam hari saat penduduk tertidur lelap, resiko korban jiwa dapat meningkat. Dengan kemajuan teknologi yang pesat, peneliti terus mengembangkan berbagai teknologi baru. Salah satunya adalah teknologi baru yang berpotensi membantu dalam menginformasikan bencana banjir[3].

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Nugraha & Haryanto, pada tahun 2022 yang berjudul Implementasi logika fuzzy untuk sistem deteksi kebakaran pada bangunan berbasis internet of things. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan sistem deteksi kebakaran yang menggunakan metode dan teknologi baru untuk memberikan peringatan dini, membantu mencegah kebakaran, dan meningkatkan keamanan bangunan. Logika

fuzzy digunakan untuk mengembangkan sistem deteksi kebakaran yang dapat memberikan peringatan dini kepada warga dan memantau kondisi kebakaran. Metode ini memanfaatkan konsep kecerdasan buatan untuk mengolah data sensor suhu, sensor api, dan sensor gas guna menghasilkan informasi tingkat kebakaran yang informatif. Penelitian ini menunjukkan bahwa logika fuzzy dapat membantu sistem deteksi kebakaran berbasis internet of things mendeteksi kebakaran dengan lebih baik, sehingga dapat membantu dalam upaya pencegahan dan penanganan kebakaran secara efektif [4].

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Putra, pada tahun 2022. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membuat prototipe pendeteksi banjir berbasis internet of things yang dapat membantu mendeteksi ketinggian air sungai secara real-time. Dengan prototipe ini, diharapkan dapat memberikan informasi yang akurat dan cepat tentang kemungkinan terjadinya banjir, yang memungkinkan tindakan pencegahan yang lebih efektif dan tepat waktu. Hasil pengujian menunjukkan bahwa prototipe dapat memberikan informasi yang akurat terkait tinggi muka air sungai dalam rentang jarak 0 cm - 283 cm, dengan koefisien korelasi sebesar 0,7905. Selain itu, penggunaan webgis dalam prototipe juga terbukti efektif dalam memberikan informasi mitigasi bencana banjir [5].

Pada penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Makin, pada tahun 2023. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan oven pengering ikan asin otomatis yang menggunakan metode fuzzy sugeno berbasis internet of things. Dengan adanya sistem ini, dapat secara otomatis dan efisien mempercepat proses pengeringan ikan asin. Metode fuzzy sugeno digunakan untuk mengontrol suhu dan berat oven pengeringan ikan asin. Alat ini dapat mengeringkan ikan asin secara otomatis dengan menggunakan mikrokontroler ESP 32 dan solid state relay sebagai pengendali pemanas untuk mencapai suhu pengeringan yang ideal. Oven pengeringan ikan asin otomatis dapat mengeringkan ikan asin secara otomatis dengan suhu pengeringan mencapai 65°C. Ini dapat menghemat waktu hingga 8 jam untuk

proses pengeringan, meningkatkan produktivitas dan efisien. Dengan menggunakan thermocouple (sensor suhu) dan load cell (sensor berat), implementasi fuzzy logic pada oven pengering ikan asin menghasilkan hasil yang akurat dengan rata-rata eror 0,06% [6].

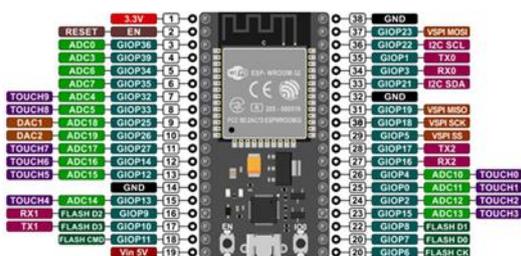
Pada umumnya prototipe pendeteksi banjir melakukan proses dengan cara mengidentifikasi secara manual, yang membuat prototipe pendeteksi banjir belum dikatakan maksimal, saat ini sudah banyak berbagai metode yang dipakai salah satunya dengan menggunakan metode fuzzy untuk pendeteksi banjir. logika fuzzy yang sebagai sistem pendukung keputusan banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari seperti pada sistem pengatur suhu dan ruangan dan sistem pengatur lalu lintas[7]. Dalam hal ini penulis mengimplementasikan logika fuzzy sugeno untuk mengambil keputusan yang tepat pada alat pendeteksi banjir.

Perbedaan dari penelitian yang akan dilakukan dengan penelitian sebelumnya yaitu pada implementasi penerapan metode fuzzy sugeno pada prototipe pendeteksi banjir. Dengan menggunakan fuzzy sugeno pada pendeteksi banjir, sistem pendeteksi banjir dapat mengambil keputusan yang adaptif berdasarkan kondisi aktual yang terukur. Hal ini memungkinkan sistem untuk merespon secara dinamis terhadap perubahan-perubahan yang terjadi dalam lingkungan. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode fuzzy sugeno karena lebih mudah dalam pemodelan dibandingkan dengan metode fuzzy mamdani.

## II. KAJIAN PUSTAKA

### A. ESP 32

Mikrokontroler ESP 32 dikenalkan oleh espressif system dan merupakan penerus dari esp8266. Prosesor Xtensa dual-core 32-bit 1x6 mikroprosesor beroperasi pada 160 MHz atau 240 MHz. ESP 32 memiliki fitur Wifi dan bluetooth, yang akan sangat mempermudah pembuatan sistem internet of things yang membutuhkan koneksi nirkabel[8]. Bentuk fisik dari ESP 32 dapat dilihat pada Gambar 1.

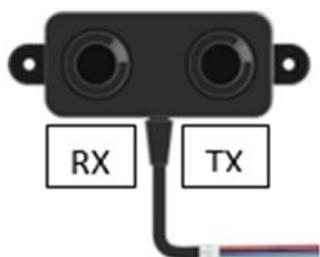


Gbr. 1 ESP 32

ESP 32 memungkinkan pengembangan aplikasi internet of things yang hemat energi karena dirancang untuk menghemat daya. Ia memiliki mode tidur dan fitur manajemen daya yang membantu mengurangi jumlah daya yang digunakan, sehingga cocok untuk proyek yang menggunakan baterai atau memiliki jumlah energi terbatas.

### B. Sensor ultrasonik A02YYUW

Sensor ultrasonik beroperasi pada frekuensi 40 kHz hingga 400 kHz dan dapat mendeteksi objek di depannya dengan menggunakan prinsip pantulan gelombang suara. Sensor ultrasonik tipe A02YYUW dapat digunakan untuk mengukur jarak suatu objek. Sensor ini akan mendeteksi benda pada rentang sudut tertentu. Bentuk fisik dari ESP 32 dapat dilihat pada Gambar 2.



Gbr. 2 Sensor ultrasonik A02YYUW

Perangkat ini memiliki empat pin keluaran yaitu VCC sebagai power *input*, GND sebagai ground, RX sebagai penerima sinyal dan TX sebagai pemancar sinyal[9].

### C. Logika fuzzy

Logika fuzzy pertama kali pada tahun 1965 Zadeh percaya bahwa logika benar dan salah tidak dapat mewakili semua pemikiran manusia. Setelah itu, logika fuzzy dapat digunakan untuk menunjukkan atau mewakili setiap keadaan. Dalam logika fuzzy, keanggotaan elemen dalam himpunan berada di interval 0,1. Dalam logika tegas, elemen

memiliki dua opsi berada dalam himpunan atau memiliki nilai 1, yang berarti benar, dan tidak berada dalam himpunan, yang berarti salah. Dalam logika fuzzy, keanggotaan elemen berada di interval 0,1. Logika fuzzy digunakan karena mudah dipahami karena menggunakan bahasa alami yang telah dipahami manusia[10].

### D. Logika fuzzy sugeno

Penalaran fuzzy sugeno hampir sama dengan penalaran mamdani, tetapi *output* (konsekuen) sistem adalah konstanta atau persamaan linear daripada himpunan fuzzy. Michio Sugeno menyarankan untuk menggunakan singleton sebagai fungsi keanggotaan konsekuen. Singleton adalah himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang memiliki nilai 1 dan 0 di luar titik tertentu. Untuk menerapkan metode sugeno, tahapan yang harus dilakukan berdasarkan model fuzzy[11].

Pembentukan himpunan fuzzy:

Pada tahap ini, variabel yang dimasukkan ke dalam himpunan fuzzy ditransfer dari sistem fuzzy. untuk dapat digunakan untuk menghitung nilai kebenaran premis untuk setiap aturan dalam basis pengetahuan. Oleh karena itu, langkah ini mengambil nilai-nilai tegas dan menentukan seberapa jauh nilai-nilai tersebut termasuk dalam himpunan fuzzy yang sesuai.

Aplikasi fungsi implikasi:

Aturan yang terdiri dari implikasi-implikasi yang tidak jelas yang menunjukkan bagaimana variabel *input* dan variabel *output* berhubungan. Fungsi implikasi metode fuzzy inference systems sugeno adalah Min, dan bentuk umumnya adalah sebagai berikut:

Jika  $a$  adalah  $\tilde{A}$   $i$  dan  $b$  adalah  $\tilde{B}$   $i$ , maka  $c$  adalah  $\tilde{C}$  fungsi matematis dengan  $a$ ,  $b$ , dan  $c$  adalah variabel linguistik;  $\tilde{A}$   $i$  dan  $\tilde{B}$   $i$  adalah himpunan fuzzy ke- $i$  untuk  $a$  dan  $b$ , dan  $\tilde{C}$  adalah fungsi matematis. Jumlah aturan ditentukan oleh jumlah nilai linguistik masing-masing variabel *input*  $t$ . Solusi himpunan fuzzy metode ini diterapkan ke *output* dengan menggunakan operator AND.

Defuzzifikasi:

Data variabel *input*, variabel *output*, dan aturan adalah komponen sistem inferensi fuzzy. *Defuzzifikasi* metode Sugeno dilakukan dengan menghitung *Weight Average (WA)*. Dalam persamaan di atas, defuzzifier didefinisikan sebagai pemetaan himpunan fuzzy B ke dalam V R, yang merupakan *output* dari *inferensi fuzzy*, ke titik tegas  $y * V$ .

$$WA = \frac{m_{1z_1} + a_2 z_2 + a_3 z_3 + \dots + a_n z_n}{a_1 + a_2 + a_3 + \dots + a_n} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

WA = Nilai rata-rata

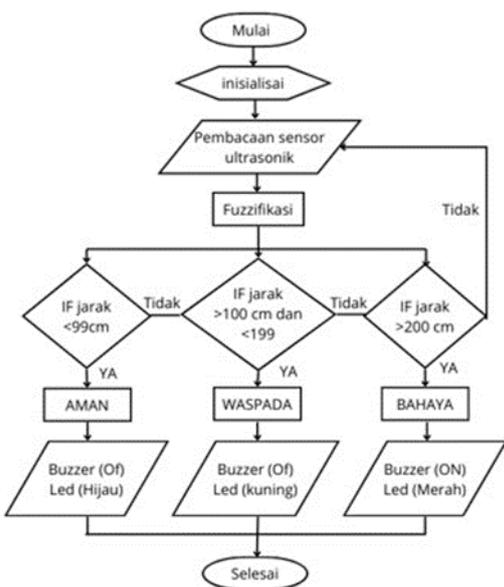
$a_n$  = nilai predikat aturan ke-n

$z_n$  = indeks nilai *output* (konstanta) ke-n

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Diagram Alir Kerja Rangkaian

Diagram alir kerja rangakain dapat dilihat pada Gambar 3.

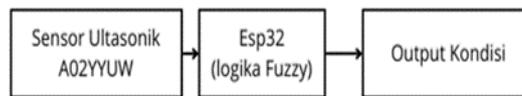


Gbr. 3 Diagram Alir Kerja Rangkaian

Gambar 3 menjelaskan diagram alir ini menggambarkan proses sistem pemantauan ketinggian air yang menggunakan sensor ultrasonik A02YYUW untuk membaca ketinggian air. Dalam prosesnya, sistem ini mengidentifikasi tiga rentang ketinggian air yang berbeda, dalam kategori aman untuk rentang kurang dari 99 cm, rentang waspada lebih dari 100 cm dan kurang dari 199cm, dan untuk kategori bahaya lebih dari 200cm.

B. Perancangan Diagram Alat

Perancangan diagram alat pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.

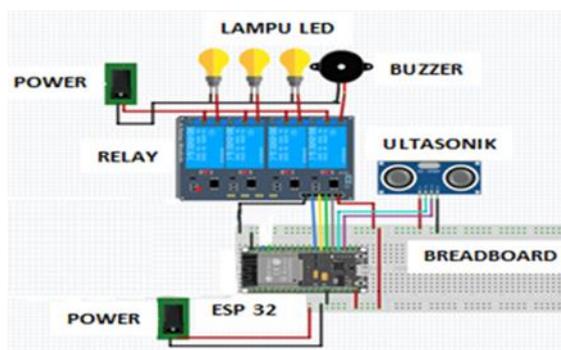


Gbr. 4 Perancangan Diagram Alat

Sistem yang dibangun memiliki 1 jenis *input* berupa data ketinggian air dan 1 jenis *output* yaitu kondisi. Menggunakan sensor ultrasonik A02YYUW untuk mengukur ketinggian air. Hasil *input* akan diproses pada ESP 32 dengan menggunakan logika fuzzy, kemudian hasil *output* akan menampilkan kondisi.

C. Perancangan Hardware

Perancangan hardware merupakan tahapan lanjutan dari pembuatan alat pendeteksi banjir adapun perangkat elektronik yang diperlukan dalam perancangan antara lain mikrokontroler ESP 32, sensor ultrasonik A02YYUW, relay, lampu, dan buzzer. Untuk memudahkan dalam perakitan alat maka dibutuhkan rangkaian skematik yang disesuaikan dengan blok diagram, dengan menggunakan rangkaian skematik juga dapat menghindari kesalahan dalam pemasangan dan perakitan alat. Gambar rangkaian skematik alat dapat dilihat pada Gambar 5.

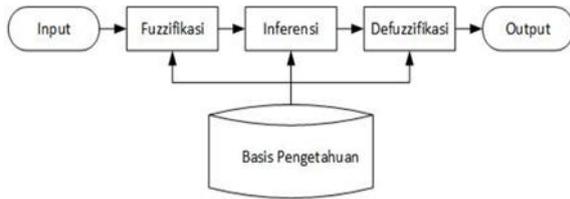


Gbr. 5 Skematik Rangkaian Hardware

D. Fuzzy sugeno

Pada penelitian ini menggunakan metode fuzzy sugeno digunakan sebagai menentukan dan mengambil keputusan kondisi ketinggian air pada alat pendeteksi banjir yang telah ditentukan berdasarkan jarak sebagai sumber inputan serta keluaran berupa kondis air, indikator lampu, dan buzzer sebagai *output*.

Ada beberapa tahapan dalam metode fuzzy sugeno supaya dapat berjalan dengan baik yang dapat dilihat pada Gambar 6.



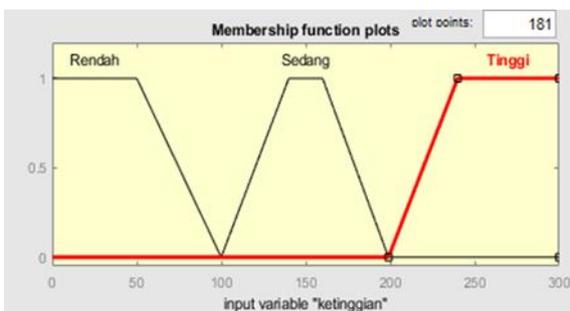
Gbr. 6 Tahapan fuzzy sugeno

**E. Fuzzifikasi**

Fuzzifikasi pada pembangunan alat pendeteksi banjir menggunakan parameter ketinggian sebagai *input* sedangkan *output* berupa kondisi. Setelah mendapat nilai *input* dari sensor, lalu proses dilanjutkan guna memperoleh nilai derajat keanggotaan. Terdapat variabel masukan *input*, maka dari itu dibutuhkan suatu *function* keanggotaan *input*. Di penelitian ini mempunyai dua jenis *function* keanggotaan yaitu *input* sensor dan *output* berupa kondisi. Fungsi keanggotaan *input* sensor yaitu berupa ketinggian yang mempunyai 3 Himpunan fuzzy rendah, sedang serta tinggi. Fungsi keanggotaan *output* yaitu berupa kondisi yang memiliki tiga himpunan fuzzy yaitu aman, waspada dan bahaya.

**F. Input fungsi keanggotaan**

Untuk mendapatkan fungsi keanggotaan pada penelitian ini digunakan variabel ketinggian dengan bentuk gabungan kurva trapesium, kurva linear turun dan kurva linear naik seperti gambar dan untuk mengetahui derajat keanggotaan dari himpunan seperti Gambar 7 dan untuk dapat mengetahui derajat keanggotaan dari himpunan.



Gbr. 7 Input variabel ketinggian

Gambar 7 merupakan domain range *input* ketinggian air dengan fungsi sebagai batasan

nilai yang Akan digunakan pada mikrokontroler untuk mengambil keputusan dari hasil pengukuran sensor A02YYUW dengan batasan range dari 0-300cm

Tabel 1. Domain range input tinggi

No	Membership Functions Input	Range (Tinggi)
1	Rendah	[0-99]
2	Sedang	[100-199]
3	Tinggi	[200-300]

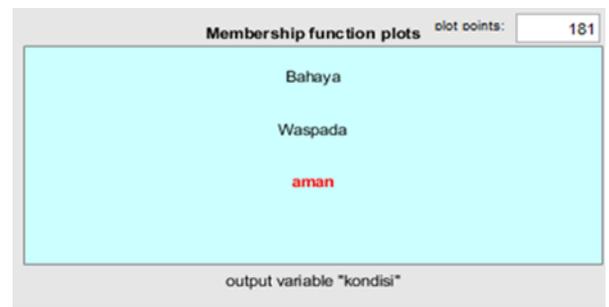
Untuk function keanggotaan *input* di sensor ultrasonik A02YYUW di atas memakai tiga *function* keanggotaan berupa representasi kurva trapesium, linear naik dan linear turun berikut ini perhitungan function keanggotaan.

$$\mu_{Rendah}(x) = \begin{cases} 0; & x \geq 99 \\ \frac{99-x}{99-50}; & 50 \leq x \leq 99 \\ 1; & x \leq 50 \end{cases} \dots\dots\dots (2)$$

$$\mu_{Sedang}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 100 \text{ atau } \geq 199 \\ \frac{x-100}{140-100}; & 100 \leq x \leq 140 \\ 1; & 140 \leq x \leq 160 \\ \frac{199-x}{199-160}; & 160 \leq x \leq 199 \end{cases} \dots (3)$$

$$\mu_{Tinggi}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 200 \\ \frac{x-200}{300-200}; & 200 \leq x \leq 300 \\ 1; & x \geq 300 \end{cases} \dots\dots\dots (4)$$

*Output* fungsi keanggotaan yang digunakan dalam penelitian ini merupakan nilai konstan yang digunakan untuk menentukan kondisi ketinggian air. Berikut adalah tampilan kondisi pada Gambar 8.



Gbr. 8 Membership function output kondisi

Untuk *output* kondisi untuk dibuat fungsi keanggotaan lebih detail, yaitu untuk fungsi keanggotaan aman, waspada, dan bahaya dengan parameter adalah [0-1]. Untuk fungsi keanggotaan aman, waspada dan bahaya tipe

variabelnya adalah constan dengan parameternya untuk aman [0], waspada [0,5] dan bahaya [1].

Tabel 2. Domain *range output* kondisi

No	Output Kondisi	Parameter
1	Aman	[0]
2	Waspada	[0.5]
3	Bahaya	[1]

### G. Basis pengetahuan

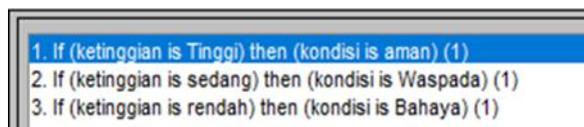
Basis Pengetahuan merupakan himpunan aturan yang digunakan untuk menggambarkan hubungan antara *input* dan *output*. Serta hubungan antara *input* dan *output* dinyatakan melalui IF-THEN. Pernyataan yang mengikuti IF disebut sebagai kondisi awal (anteseden), sementara pernyataan yang mengikuti THEN disebut sebagai konsekuensi. Dengan Cara ini, aturan-aturan dapat diformulasikan, dan hal ini dapat dilihat pada Tabel 3 dan basis aturan pada matlab dapat dilihat pada Gambar 9.

Tabel 3. Basis pengetahuan

Input	Output				
	Kondisi	Hijau	kuning	Merah	Buzzer
Rendah	Aman	On	Off	Off	Off
Sedang	Waspada	Off	On	Off	Off
Tinggi	Bahaya	Off	Off	On	On

### H. Rule base

Rule base pada fuzzy yang dirancang dengan *input* ketinggian air serta *output* kondisi.



Gbr. 9 Rule base fuzzy

Rule 1 = IF ketinggian Air Rendah THEN Kondisi Aman

Rule 2 = IF Ketinggian Air Sedang THEN Kondisi Waspada

Rule 3 = IF Ketinggian Air Tinggi THEN Kondisi Bahaya

### I. Pengujian sensor ultrasonik A02YYUW

Pada pengujian pertama dilakukan Pengujian data sensor ultrasonik bertujuan untuk mengetahui tingkat akurat sensor yang digunakan. Dengan membandingkan hasil pembacaan nilai jarak dari sensor ultrasonik

A02YYUW dengan hasil pembacaan secara manual. Pengujian ini akan dilakukan pada beberapa jarak yang berbeda untuk mengetahui sejauh mana sensor A02YYUW dapat berkerja dengan baik dalam mengukur dan menghasilkan nilai jarak yang akurat. Pengujian sensor ultrasonik A02YYUW dapat dilihat pada Gambar 10 dan Tabel 4.



Gbr. 10 Pengujian sensor ultrasonik A02YYUW

Pengujian sensor ultrasonik A02YYUW pada Gambar 10 didapat hasil pembacaan nilai jarak pada alat ukur yaitu 60cm sementara pembacaan nilai jarak pada sensor ultrasonik A02YYUW yaitu 60cm. Data pengujian sensor dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian sensor

Pengujian	Pengukuran manual	Pengukuran sensor	selisih	Error
1	0 cm	1 cm	1	1%
2	60 cm	60 cm	0	0%
3	96 cm	96 cm	0	0%
4	133 cm	133 cm	0	0%
5	186 cm	189 cm	0	0%
6	228 cm	228 cm	0	0%
Rata-Rata				0,1%

Berdasarkan pembacaan Tabel 4 selisih error terbesar bernilai 1%, dan selisih terkecil bernilai 0, dengan rata-rata error bernilai 0,1%.

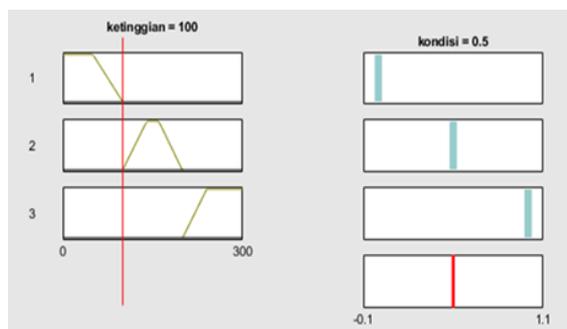
### J. Pengujian fuzzy sugeno

Dalam pengujian metode fuzzy sugeno diperlukan perangkat lunak pendukung yaitu perangkat lunak matlab versi R2023b. Pengujian ini memiliki tujuan untuk membandingkan nilai hasil perhitungan yang diperoleh dari perangkat lunak matlab dengan hasil perhitungan yang telah diatur melalui program di mikrokontroler sebelumnya. Data hasil percobaan perbandingan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengujian fuzzy sugeno

No	Input ketinggian	Output matlab	Output mikrokontroler	kondisi	Eror
1	0 cm	0	0	Aman	0%
2	71 cm	0	0	Aman	0%
3	100 cm	0.5	0.5	Waspada	0%
4	141 cm	0.5	0.5	Waspada	0%
5	183 cm	0.5	0.5	Waspada	0%
6	207 cm	1	1	Bahaya	0%
7	249 cm	1	1	Bahaya	0%

Pada Gambar 11 merupakan simulasi dengan menggunakan sebuah software matlab yang bertujuan untuk mengetahui kondisi ketinggian air dengan informasi awal berupa ketinggian air. Pada simulasi fuzzy yang dilakukan dengan memasukan nilai *input* ketinggian air sebesar 100 cm maka diperoleh hasil nilai *output* sebesar 0,5 dimana nilai 0,5 merupakan informasi kondisi waspada. Hasil simulasi pada matlab dapat dilihat pada Gambar 11.



Gbr. 11 Hasil simulasi matlab

Berdasarkan pengujian tersebut, dapat dianalisis bahwa rumus fuzzy yang digunakan untuk menentukan kondisi ketinggian pada sistem teruji benar dan tepat. Hal ini dapat dilihat dari 7 percobaan dengan *input* yang berbeda memberikan *output* sistem yang sesuai dengan perancangan. Hal tersebut ditunjukkan pada analisis hasil pengujian di Tabel 6.

Tabel 6. Analisis tingkat keakuratan fuzzy

Keterangan	Nilai
Nilai fuzzy sesuai	7
Nilai fuzzy tidak sesuai	0
Tingkat keakuratan perhitungan	100%

Berdasarkan hasil dari pengujian pada Tabel 6 dengan pengujian sebanyak 7 kali maka didapat nilai fuzzy yang sesuai sebesar 7 dan nilai fuzzy tidak sesuai sebesar 0 dengan begitu tingkat keakuratan perhitungan fuzzy sebesar 100%.

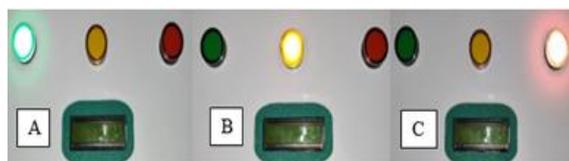
### K. Pengujian keseluruhan

Pengujian sistem secara keseluruhan ditujukan untuk mengetahui bahwa suatu peralatan atau program dapat berjalan dengan baik atau tidak sesuai dengan fungsi kerja dari alat tersebut. Tujuan utama dari diadakannya pengujian untuk mendapatkan kinerja yang lebih baik dengan melakukan perbaikan terhadap rangkaian yang mengalami kekurangan saat dilakukan pengujian. Pada tahap ini dilakukan pengujian ketinggian air apakah sudah sesuai ketentuan yang sudah ditentukan atau tidak. pengujian ini dilakukan sebanyak 7 kali percobaan dengan ketinggian yang berbeda. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Pengujian keseluruhan

No	ketinggian	Pengukuran melalui sensor		Pengukuran melalui matlab		Kondisi	Indikator
		ketinggian	Fuzzy	Ketinggian	Fuzzy		
1	0 cm	0 cm	0	0	0	Aman	Led Hijau
2	71 cm	71 cm	0	71 cm	0	Aman	Led Hijau
3	101 cm	101 cm	0.5	101 cm	0.5	Waspada	Led Kuning
4	141 cm	141 cm	0.5	141 cm	0.5	Waspada	Led Kuning
5	183 cm	183 cm	0.5	183 cm	0.5	Waspada	Led Kuning
6	207 cm	207 cm	1	207 cm	1	Bahaya	Led Merah dan Buzzer
7	249 cm	249 cm	1	249 cm	1	Bahaya	Led Merah dan Buzzer

Berdasarkan pengujian dilakukan sebanyak 7 kali percobaan dengan menggunakan jarak yang di bagi menjadi 7 percobaan yaitu 0cm, 71cm, 101cm, 141cm, 183cm, 207cm. dan 249 cm dan didapat hasil *output* yang sesuai dengan rules yang diinginkan. Adapun indikator yang menunjukkan kondisi ketinggian air yang berupa lampu led dan buzzer sebagai penanda sebuah kondisi ketinggian air dalam status aman, waspada, atau bahaya dapat dilihat pada Gambar 12.



Gbr. 12 Posisi pengujian pada sistem

Dimana pengujian pada sistem ini memiliki 3 buah lampu led yang berbeda dimana pada gambar A saat indikator lampu led warna hijau menyala menandakan kondisi air dalam keadaan aman, sedangkan pada gambar B saat indikator lampu led kuning menyala menandakan kondisi waspada, dan gambar C saat indikator lampu led merah menyala menandakan kondisi bahaya.

#### L. Pengujian kecepatan sistem dalam mengambil keputusan

Pengujian kecepatan sistem fuzzy untuk mengetahui bahwa seberapa cepat sistem fuzzy untuk dapat mengambil keputusan. Pada tahap ini dilakukan pengujian perubahan ketinggian air dari kondisi aman ke waspada, aman ke bahaya, dan waspada ke bahaya untuk dapat mengetahui seberapa cepat respon waktu pengambilan keputusan oleh metode fuzzy. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Data pengujian waktu pengambilan keputusan fuzzy

Pengujian	Waktu perubahan (detik)	Kondisi
1	0,125	Aman – Waspada
2	0,234	Aman – Bahaya
3	0,115	Waspada – Bahaya

Berdasarkan pengujian dilakukan sebanyak 3 kali percobaan dengan menggunakan perubahan ketinggian air dari kondisi aman ke waspada, aman ke bahaya, dan waspada ke bahaya didapat hasil respon waktu pengambilan keputusan oleh sistem fuzzy yang dapat dilihat pada Tabel 8. Pada pengujian ini dilakukan pembacaan waktu respon melalui *serial monitor* arduino dimana pada saat sistem fuzzy dalam kondisi terakhir terbaca oleh *serial monitor* dan perubahan yang baru terbaca oleh *serial monitor*. Maka dapat dilihat respon perubahan waktu yang berada di *serial monitor* yang dapat dilihat pada Gambar 13.

```

Output Serial Monitor x
Message (Enter to send message to 'ESP32 Dev

13:42:29.708 -> Distance: 39
13:42:29.773 -> Defuzifikasi : 0.00
13:42:29.773 -> Distance: 38
13:42:29.888 -> Defuzifikasi : 0.00
13:42:29.888 -> Distance: 35
13:42:29.989 -> Defuzifikasi : 0.00
13:42:30.033 -> Distance: 35
13:42:30.113 -> Defuzifikasi : 0.00
13:42:30.113 -> Distance: 35
13:42:32.445 -> Defuzifikasi : 0.00
13:42:32.492 -> Distance: 102
13:42:32.570 -> Defuzifikasi : 0.50
13:42:32.570 -> Distance: 102
13:42:32.692 -> Defuzifikasi : 0.50
13:42:32.692 -> Distance: 102
13:42:32.809 -> Defuzifikasi : 0.50
13:42:32.809 -> Distance: 102

```

Gbr. 13 Hasil pengujian respon sistem

#### IV. PENUTUP

Pengujian terhadap logika fuzzy sugeno dilakukan perbandingan antara perhitungan manual dengan perhitungan dari sistem dan kecepatan sistem dalam mengambil keputusan oleh metode fuzzy sugeno. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan hasil eror sebesar 0% baik perhitungan secara manual maupun perhitungan dari sistem dan memiliki kecepatan dalam mengambil keputusan dengan waktu rata-rata sebesar 0,115 detik. Hal ini menunjukkan bahwa hasil dari pengujian metode fuzzy sugeno pada sistem sesuai dengan perancangan yang telah dibuat.

Dengan demikian implementasi logika fuzzy sugeno pada pendeteksi banjir lebih baik di dibandingkan dengan metode fuzzy logic konvensional dimana fuzzy sugeno memiliki presentase eror sebesar 0% dibandingkan dengan metode fuzzy logic konvensional yang memiliki presentase eror sebesar 3,72% yang dilakukan oleh Fadillah et al., 2023. Hal demikian juga dibuktikan pada implementasi metode fuzzy sugeno di rancang bangun sistem deteksi dan pemadam kebakaran pada smart home menggunakan metode fuzzy sugeno yang sama memiliki presentasi eror 0%.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ucapkan terimakasih kepada Ernando Rizki Dalimunthe, Novia Utami Putri, Alfath Zain yang telah membantu serta membimbing saya dalam menulis jurnal ini..

#### REFERENSI

- [1] P. Dini *et al.*, "Rancang Bangun Prototype Sistem Informasi," *J. Ilm. Sains dan Teknol.*, vol. 7, pp. 164–170, 2023.
- [2] A. Zain, D. Legono, A. P. Rahardjo, and R. Jayadi, "Review on Co-factors Triggering Flash Flood Occurrences in Indonesian Small Catchments," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 930, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/930/1/012087.
- [3] R. Syam *et al.*, "Implementasi Sistem Pendeteksi Banjir Untuk Masyarakat Jatinegara Kaum, Pulo Gadung, Jakarta," *Pros. Semin. Nas. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 2022, p. 2022, 2022, [Online]. Available: <http://journal.unj.ac.id/unj/index.php/snpp>

- m
- [4] A. R. Nugraha and D. Haryanto, "Implementasi Logika Fuzzy untuk Kebakaran Sistem Deteksi Pada Bangunan Berbasis Internet untuk segala," 2022, doi: 10.14704/NQ.2022.20.16.NQ880132.
- [5] P. A. Putra, "PERANCANGAN PROTOTIPE PENDETEKSI BANJIR BERBASIS INTERNET OF THINGS ( IOT )," vol. 4, pp. 121–129, 2022.
- [6] S. P. Makin, "Penerapan Metode Fuzzy Sugeno pada Otomatisasi Oven Pengering Ikan Asin Berbasis IoT," 2023.
- [7] T. Tamaji and Y. A. K. Utama, "Implementasi Fuzzy Logic Untuk Kualitas Udara, Suhu, Dan Kelembaban Udara Berbasis Iot," *Foristek*, vol. 14, no. 1, 2023, doi: 10.54757/fs.v14i1.249.
- [8] A. Prasetyo, R. Ramadani, M. Y. R, and R. M. Yasi, "Implementasi Sistem Hidroponik Cerdas Pakan Ternak Jagung Menggunakan Esp32," *Transm. J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 25, no. 1, pp. 25–31, 2023, doi: 10.14710/transmisi.25.1.25-31.
- [9] J. Listrik *et al.*, "SENSOR ULTRASONIK WATERPROOF A02YYUW BERBASIS," vol. 2, no. 2, pp. 14–19, 2021.
- [10] A. K. Nisa, M. Abdy, and A. Zaki, "Penerapan Fuzzy Logic untuk Menentukan Minuman Susu Kemasan Terbaik dalam Pengoptimalan Gizi," *J. Math. Comput. Stat.*, vol. 3, no. 1, p. 51, 2020, doi: 10.35580/jmathcos.v3i1.19902.
- [11] Muhammad Alwi Baihaqi and Sriani, "Penerapan Metode Logika Fuzzy Sugeno untuk Optimasi Persediaan Stok Masker pada Apotek Intravena," *J. KomtekInfo*, vol. 10, pp. 141–149, 2023, doi: 10.35134/komtekinfo.v10i4.455.