

Perancangan Early Warning System Bencana Banjir Menggunakan Metode *Fuzzy Logic Control*

Gamma Aditya Rahardi¹, Wahyu Muldayani^{2*}, Sumardi³ dan Mochamad Diki Ari Wijaya⁴

Teknik Elektro, Universitas Jember

Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Krajan Timur, Sumbersari, Kec. Sumbersari, Kabupaten Jember, Jawa Timur

wahyumuldayani.teknik@unej.ac.id²

Abstrak

Indonesia adalah salah satu negara berkembang yang rentan akibat berbagai bencana alam, terutama banjir merupakan salah satu fenomena alam yang terjadi akibat intensitas curah hujan yang tinggi dimana terjadi kelebihan air yang tidak tertampung oleh jaringan saluran air pada suatu wilayah. Oleh karena itu, di perlukan sistem peringatan dini dengan menggunakan metode *fuzzy logic control* sebagai pengambilan keputusan agar dapat menanggulangi bencana sehinggaantisipasi warga dalam menghadapi bencana akan meningkat. Dari hasil penelitian yang dilakukan pada sensor HCSR04 untuk pembacaan ketinggian air dengan rata - rata *Error* persen sebesar $\pm 0,50\%$, sensor *Rain gauge* untuk pembacaan curah hujan dengan rata - rata *Error* persen sebesar $\pm 0,73\%$, dan sensor *Turbidity* dengan rata - rata *Error* persen sebesar $\pm 12,2\%$. Pada pengujian alat ini menggunakan parameter ketika ketinggian air 0-40 cm, intensitas curah hujan sebesar 0-100mm dan kekeruhan air terbaca 0-200 NTU maka akan menampilkan kondisi aman. Ketika ketinggian air 41-80 cm, intensitas curah hujan sebesar 101-300mm dan kekeruhan air terbaca 201-467 NTU maka akan menampilkan kondisi waspada dan memberikan peringatan dengan sirine menyala sebanyak tiga kali, ketika ketinggian air 81-100 cm, intensitas curah hujan sebesar 301-500mm dan kekeruhan air terbaca 468-700 NTU maka akan menampilkan kondisi bahaya dan memberikan peringatan dengan sirine menyala terus menerus.

Kata Kunci — banjir, *fuzzy logic*, hcsr04, *rain gauge*, *turbidity*.

Abstract

Indonesia is one of the developing countries that is vulnerable to various natural disasters, especially flooding is a form of natural phenomenon that occurs due to high rainfall intensity where there is excess water that is not accommodated by the water channel network in an area. Therefore, an early warning system is needed using the *fuzzy logic control* method as a decision maker in order to cope with disasters so that the anticipation of residents in dealing with disasters will increase. From the results of research conducted on the HCSR04 sensor for water level readings with an average percent error of $\pm 0.50\%$, the *Rain gauge* sensor for rainfall readings with an average percent error of $\pm 0.73\%$, and the *Turbidity* sensor with an average - Average percent error is $\pm 12.2\%$. In testing this tool using parameters when the water level is 0-40 cm, the rainfall intensity is 0-100mm and the water turbidity reads 0-200 NTU it will display safe conditions. When the water level is 41-80 cm, the rainfall intensity is 101-300mm, and the water turbidity reads 201-467 NTU, it will display an alert condition and give a warning with

the siren on three times when the water level is 81-100 cm, the rainfall intensity is 301-500mm and the turbidity of the water reads 468-700 NTU, it will display a dangerous condition and give a warning with the siren on continuously.

Keywords — *flood*, *fuzzy logic*, hcsr04, *rain gauge*, *turbidity*.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang banyak dilanda bencana. Selama periode 2000 sampai 2011, dari sekian banyak bencana secara nasional, 77 persen bencana yang terjadi merupakan bencana hidrometeorologi. yaitu banjir, angin puting beliung, longsor. Akibat bencana tersebut dapat menimbulkan kerugian yang tidak sedikit bahkan sampai menimbulkan korban jiwa, misalnya, bencana banjir di Indonesia telah menimbulkan kerugian triliunan rupiah dengan korban jiwa sebanyak 4.246 meninggal, 6.635 luka-luka, dan sekitar 7 juta menderita serta 324.559 rumah mengalami kerusakan. Perkiraan kerugian tersebut belum memperhitungkan bencana banjir dalam skala kecil, kerugian immaterial dan kerugian tidak langsung yang tidak sedikit jumlahnya [1].

Indonesia adalah salah satu negara berkembang yang rentan akibat berbagai bencana alam, terutama banjir. Banjir sudah biasa melanda Indonesia, terutama pada musim hujan. Hal ini mengakibatkan dampak yang sangat buruk pada kehidupan manusia, ekonomi, dan lingkungan. Banjir disebabkan oleh 2 (dua) kategori, yaitu banjir akibat alami dan banjir akibat aktivitas manusia. Banjir akibat alami dipengaruhi oleh curah hujan, fisiografi, erosi dan sedimentasi, kapasitas sungai, kapasitas drainase dan pengaruh air pasang. Sedangkan banjir akibat aktivitas manusia disebabkan karena ulah manusia yang menyebabkan perubahan-perubahan lingkungan, seperti perubahan kondisi Daerah Aliran Sungai (DAS), kawasan permukiman di sekitar bantaran, rusaknya drainase lahan, kerusakan bangunan pengendali banjir, rusaknya hutan (vegetasi alami), dan perencanaan sistem kontrol banjir yang kurang/tidak tepat [2].

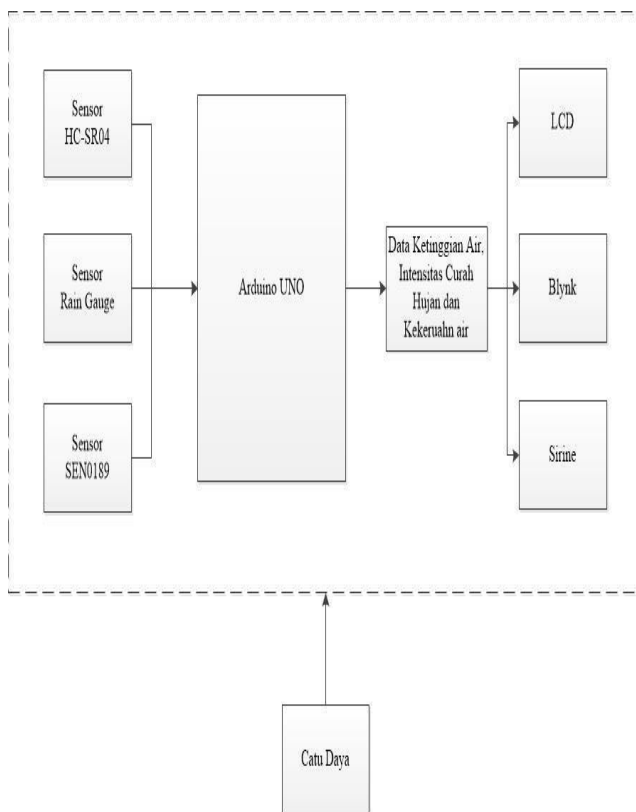
Banjir merupakan salah satu bentuk fenomena alam yang terjadi akibat intensitas curah hujan yang tinggi dimana terjadi kelebihan air yang tidak tertampung oleh jaringan saluran air pada suatu wilayah. Peningkatan intensitas curah hujan secara dinamis dan signifikan yang terjadi pada umumnya disebabkan oleh peningkatan gejala dari pemanasan global

berupa kenaikan suhu permukaan bumi yang disebabkan oleh aktivitas yang terjadi di permukaan bumi. Kerentanan wilayah banjir pada umumnya terjadi karena pertumbuhan pembangunan yang meningkat disebabkan oleh penduduk yang terus bertambah dimana menyebabkan perubahan fungsi lahan dari daerah resapan air menjadi berkurang, pada akhirnya membuat peningkatan aliran permukaan dan daya infiltrasi wilayah terhadap air semakin rendah.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Blok Sistem

Pembuatan dan perancangan alat ini sesuai dengan blok diagram pada gambar 1. Metode kontrol logika *fuzzy* sangat bergantung pada aturan-aturan atau rule base yang akan di terapkan [3], maka dari itu peranan dalam pembuatan *rule base* sangat penting sehingga di butuhkan data agar *rule base* akurat.

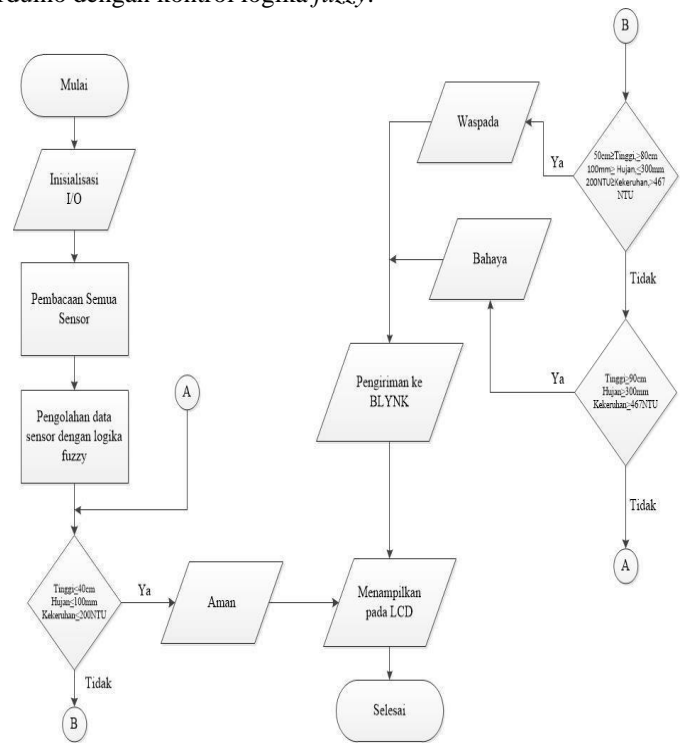


Gbr 1 Blok Diagram Alat

Secara garis besar pada gambar 1 blok diagram perancangan alat Early Warning System Bencana Banjir membutuhkan beberapa komponen berupa sensor *Ultrasonic* HC-SR04, sensor *Rain gauge*, dan sensor kekeruhan air (SEN0189), LCD 16x4, *Relay 1 channel*, modul *wifi* ESP8266, Sirene, Mikrokontroler berupa *Arduino UNO* dan Baterai 12V 3,5A [4][5].

B. Flowchart Sistem

Sistem Peringatan Dini (Early Warning System) adalah suatu sistem yang dirancang untuk mendeteksi dan memberikan peringatan mengenai ancaman atau bahaya potensial agar orang-orang yang terkena dampak dapat mengambil tindakan preventif atau evakuasi sebelum bencana terjadi [6]. Gambar 2 *flowchart* sistem dapat dilihat bagaimana cara kerja dari sistem berjalan, dimana proses utama dari sistem tersebut yaitu berada setelah data di proses pada arduino dengan kontrol logika *fuzzy*.



Gbr 2. Flowchart Sistem



Gbr 3. Deain Perancangan Alat

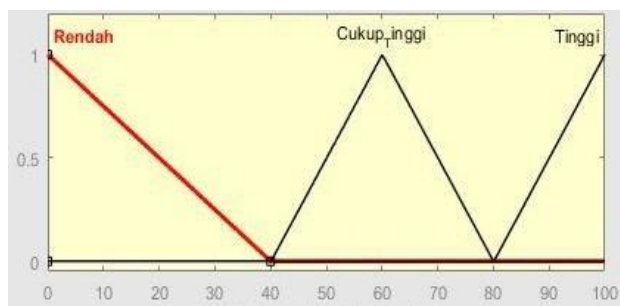
Keterangan :

1. Sensor Curah Hujan *Rain gauge*
2. Sensor HC-SR04
3. LCD 16x4
4. *Arduino UNO*
5. Baterai
6. Sirine
7. Sensor Kekeruhan Air SEN0189
8. Pipa PVC

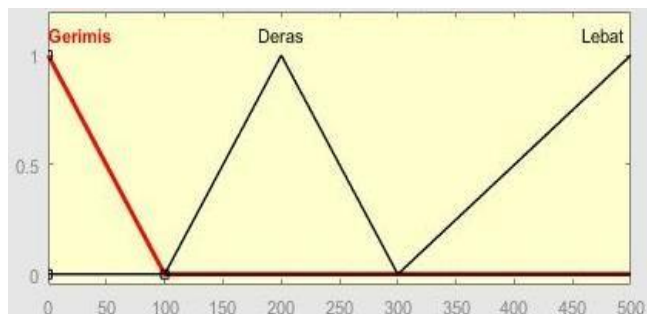
Secara garis besar sistem akan menampilkan kondisi pada LCD kemudian mengirimkan pesan melalui aplikasi blynk pada android ketika sistem mulai mendeteksi adanya banjir yaitu ketika sistem kondisi waspada dan bahaya apabila kondisi menyatakan waspada maka sirine akan berbunyi tiga kali dan apabila dalam kondisi bahaya maka sirine akan berbunyi secara terus menerus. Sedangkan jika sistem memutuskan kondisi aman maka sistem tidak akan mengirimkan pesan. Alat ini dibuat menggunakan panel box sebagai tempat control dan juga pipa pvc sebagai tempat sensor *Ultrasonic* dan *hcsr04* seperti yang terlihat pada gambar 3.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kontrol logika Fuzzy memiliki beberapa tahapan yakni *fuzzyfikasi*, pembentukan aturan *fuzzy* atau *rule base*, dan yang terakhir *defuzzyfikasi*. Proses pertama yakni *fuzzyfikasi* atau disebut juga fungsi keanggotaan dimana pada penelitian ini menggunakan 3 parameter maka dilakukan 3 proses *fuzzyfikasi* yang pertama yaitu fungsi keanggotaan ketinggian air

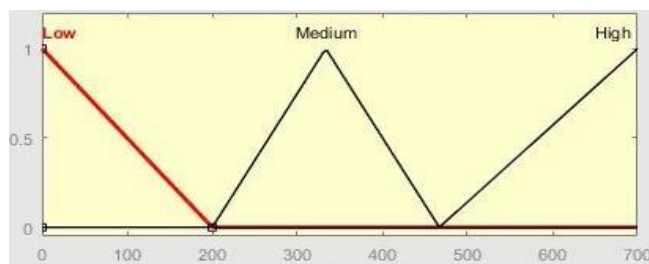


Gbr 4. Fungsi keanggotaan ketinggian air



Gbr 5. Fungsi keanggotaan Intensitas curah hujan

Gambar 4 menunjukkan bahwa pengelompokan ketinggian air di bagi menjadi 3 yakni untuk rendah (0 – 40 cm), cukup tinggi (41 – 80 cm), dan tinggi (81 – 100 cm). Selanjutnya yaitu fungsi keanggotaan intensitas curah hujan. Gambar 5 dapat dilihat untuk pengelompokan intensitas curah hujan di bagi menjadi 3 yakni untuk gerimis (0 – 100 mm), cukup tinggi (101 – 300 mm), dan tinggi (301 – 500 mm). Fungsi keanggotaan yang terakhir yaitu fungsi keanggotaan kekeruhan air



Gbr 6. Fungsi keanggotaan kekeruhan air

gambar 3.7 dapat dilihat untuk pengelompokan intensitas curah hujan di bagi menjadi 3 yakni untuk low (0 – 200 NTU), cukup tinggi (201 – 467 NTU), dan tinggi (468 – 700 NTU). Setelah menentukan nilai tegas ke dalam fungsi keanggotaan himpunan fuzzy, maka rule base fuzzy dapat di rumuskan sebagai berikut:

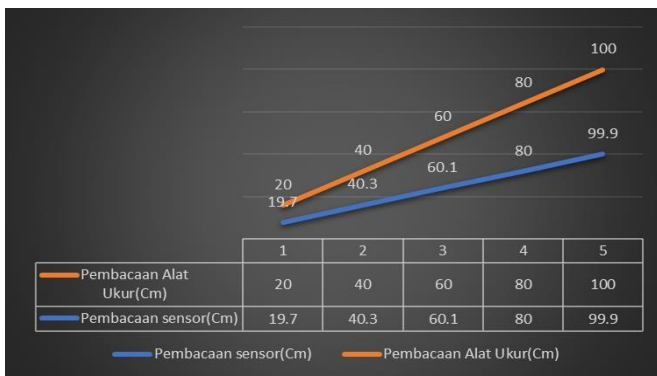
Tabel 1 *Rule Base*

No	Tinggi air	Curah hujan	Kekeruhan air	Hasil
1	Rendah	Gerimis	Low	Aman
2	Rendah	Gerimis	Medium	Aman
3	Rendah	Gerimis	High	Aman
4	Rendah	Deras	Low	Aman
5	Rendah	Deras	Medium	Aman
6	Rendah	Deras	High	Aman
7	Rendah	Lebat	Low	Aman
8	Rendah	Lebat	Medium	Aman
9	Rendah	Lebat	High	Aman
10	Cukup tinggi	Gerimis	Low	Aman
11	Cukup tinggi	Gerimis	Medium	Aman
12	Cukup tinggi	Gerimis	High	Waspada
13	Cukup tinggi	Deras	Low	Waspada
14	Cukup tinggi	Deras	Medium	Waspada
15	Cukup tinggi	Deras	High	Waspada

16	Cukup tinggi	Lebat	Low	Waspada
17	Cukup tinggi	Lebat	Medium	Waspada
18	Cukup tinggi	Lebat	High	Waspada
19	Tinggi	Gerimis	Low	Waspada
20	Tinggi	Gerimis	Medium	Waspada
21	Tinggi	Gerimis	High	Waspada
22	Tinggi	Deras	Low	Waspada
23	Tinggi	Deras	Medium	Bahaya
24	Tinggi	Deras	High	Bahaya
25	Tinggi	Lebat	Low	Bahaya
26	Tinggi	Lebat	Medium	Bahaya
27	Tinggi	Lebat	High	Bahaya

Tahapan terakhir dalam suatu sistem logika fuzzy dimana bertujuan untuk mengkonversi setiap hasil dari *inference* dalam bentuk *rule base* kedalam suatu bilangan real dan hasil dari konversi tersebut adalah sebuah keputusan kontrol. Metode *defuzzifikasi* yang di gunakan merupakan metode *centroid*

Penelitian ini menggunakan 3 sensor sehingga di perlukan pengujian sensor untuk mengetahui tingkat akurasi sensor dalam membaca parameter-parameter yang di perlukan, yang pertama yakni sensor *Ultrasonic* pengujian di lakukan dengan membandingkan hasil nilai pengukuran sensor dengan hasil nilai pengukuran alat ukur jarak, pengujian sensor sendiri menggunakan sensor HCSR04 dan menggunakan alat ukur meteran, sehingga di dapatkan data sebagai berikut:

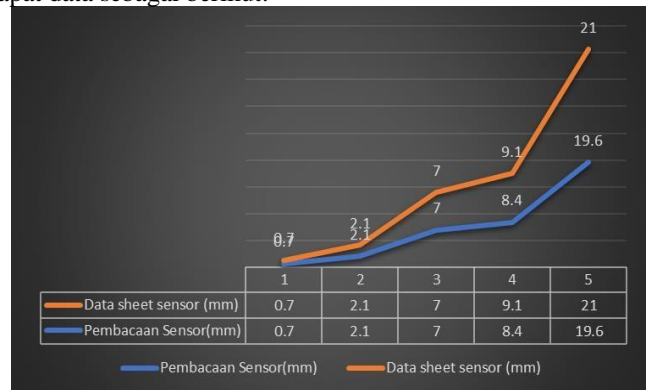


Gbr 7. Grafik pengujian sensor *Ultrasonic*

Gambar 7 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian sensor *Ultrasonic* dan meteran. Pengujian di lakukan dengan 5 variasi jarak dan dengan nilai rata-rata presentase error 0,50%.

Pengujian yang kedua yakni pengujian sensor *Rain gauge* yang di lakukan untuk mendapatkan hasil pembacaan sensor yang akurat. Pengujian ini di lakukan dengan membandingkan

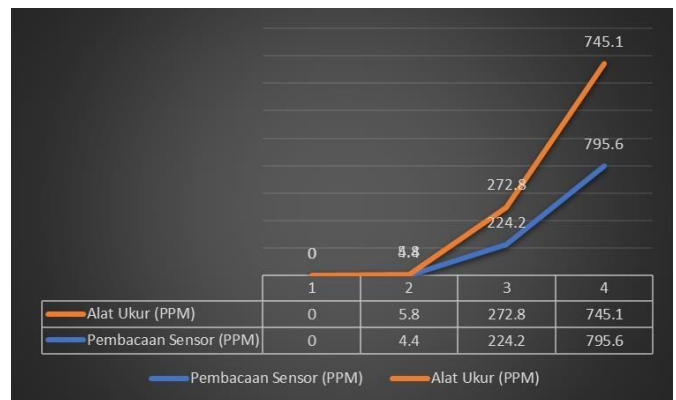
hasil pembacaan sensor *Rain gauge* dengan jumlah air pada setiap 1 tip yang terbuang, dimana jumlah air pada setiap 1 tip yang terbuang sama dengan 0.70 mm air hujan. sehingga di dapat data sebagai berikut:



Gbr 8. Grafik pengujian sensor *Rain gauge*

Gambar 8 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian sensor *Rain gauge*. Pengujian di lakukan dengan 5 variasi sampel dan dengan nilai rata-rata presentase error 0,73%.

Selanjutnya yakni pengujian sensor *Turbidity* dimana pengujian ini dilakukan dengan membandingkan nilai hasil dari pembacaan sensor dengan nilai terbaca oleh alat ukur, sehingga di dapatkan hasil sebagai berikut:



Gbr 9. grafik pengujian sensor *Turbidity*

Gambar 9 merupakan grafik perbandingan hasil pengujian sensor *turbidity* dengan alat ukur yaitu *spektrofotometer* bisa di lihat bahwa dari 4 pengujian mendapatkan rata-rata error persen yang tinggi yakni 12,2 %. Pengujian alat di lakukan menggunakan 1 buah sensor HCSR04, 1 buah sensor *Rain gauge*, dan 1 buah sensor *Turbidity* dimana nilai pembacaan dari sensor *Ultrasonic* tersebut akan di rata-rata terlebih dahulu sehingga hasil dari nilai rata-rata tersebut akan di gunakan sebagai nilai masukan untuk metode *fuzzy logic control*. Begitu pula dengan nilai curah hujan dan kekeruhan air yang akan dipakai pada metode *fuzzy logic control* yaitu dengan cara menggunakan rata-rata nilai yang terbaca dari pembacaan sensor *Rain gauge* dan *Turbidity* yang terpasang.

Setelah di lakukan pengujian maka di dapatkanlah data seperti pada tabel 1 berikut:

Tabel 2. Pengujian Alat

No	Waktu	Jarak (cm)	Hujan (mm)	Kekeruhan Air(NTU)	Kondisi
1	23:22:25	19	0	198,34	Aman
2	23:22:29	4	0	198,34	Aman
3	23:22:33	13	0	198,34	Aman
4	23:22:39	21	0	198,34	Aman
5	23:22:41	22	0	198,34	Aman
6	23:23:29	23	210	198,34	Aman
7	23:23:40	32	238	198,34	Aman
8	23:23:46	87	238	198,34	Waspada
9	23:26:29	14	364	478,03	Aman
10	23:26:33	58	378	478,03	Waspada
11	23:26:37	51	378	478,03	Waspada
12	23:26:41	86	378	478,00	Bahaya
13	23:26:43	87	378	478,00	Bahaya

1. Sensor HCSR04 dan *Rain gauge* yang di gunakan sudah cukup akurat karena memiliki tingkat rata-rata error persen kurang dari 1 % hal ini dapat di buktikan pada pengujian sensor HCSR04 memiliki nilai rata-rata error persen sebesar 0,50 %, dan pada sensor *Rain gauge* sebesar 0,73 %.
2. Pada proses *fuzzy logiccontrol* menggunakan 27 rule base, dengan ini keluaran kondisi kebencanaan dari setiap kemungkinan yang ada sudah terpenuhi, sehingga kemungkinan kesalahan dalam memutuskan kondisi kebencanaan sangat kecil.

REFERENSI

- [1] Rosyidie, A. (2013). Banjir: Fakta dan Dampaknya, Serta Pengaruh dari Perubahan Guna Lahan. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*.
- [2] Prihartanto. (2017). Pola Fluktuasi Kekeruhan Air Di Area Potensial Banjir Sungai Ciujung Kecamatan, Kragilan, Kabupaten Serang. *Jurnal Alami*.
- [3] Faisal Wahab, dkk. (2017). Desain dan Purwarupa Fuzzy Logic Control untuk Pengendalian Suhu Ruangan. *Jurnal Teknologi Rekayasa*, Vol. 2, No. 1, Juni 2017, Hal. 1-8.
- [4] Ahmad Kurnia, dkk. (2022). Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Dalam Pencegahan Banjir Akibat Luapan Sungai Berbasis Arduino Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Journal Informatics And Electronics Engineering*, Vol. 02, No. 02.
- [5] Riyanto, dkk. (2012). Sistem Peringatan Dini Banjir Lahar Dingin Dengan Indikator Signal Suara Dan Tinggi Muka Air. *Seminar Nasional Informatika 2012 (semnasIF 2012)*.
- [6] Ryan Septianto, dkk. (2023). Sistem Peringatan Dini Banjir Menggunakan Logika Fuzzy. *JUPITER : Jurnal Penerapan Ilmu-ilmu Komputer*. Vol. 8, No. 1.

IV. KESIMPULAN

. Dari keseluruhan penelitian yang telah di lakukan dapat di tarik kesimpulan bahwa:

