

SISTEM PERINGATAN DINI BANJIR MENGGUNAKAN LOGIKA *FUZZY*

Ryan Septianto ¹⁾, Wahyu Widji Pamungkas ²⁾, M Arif Yuana ³⁾

^{1,2,3} Universitas Borobudur, Jl. Raya Kalimalang No. 1 Jakarta Timur

² email : wahyu_widji@borobudur.ac.id, ³ arifyuana33@gmail.com

Abstract. *Indonesia is a country that has high intensity rainfall. Rainfall with high intensity can cause flooding especially in densely populated urban areas such as those that occur in Jakarta. The amount of development carried out by the government makes at least land that absorbs or water catchment areas. So that triggered stagnant water in large volumes and cause flooding. The lack of information obtained by the community when a flood will occur, makes the community unable to prepare themselves. This requires a monitoring and warning system for the officer in charge of this, so that the officer can immediately convey the information to the community around the river or river. With the existence of a monitoring and early warning system the information obtained should be easier and more acceptable anywhere and at any time so that the community can prepare themselves for the coming flood. The author uses several methods of collecting observation data and study literature. The study uses Arduino and Ultrasonic Sensors to detect water levels at times. The method used in this study is Fuzzy Logic.*

Keywords: *Monitoring and warning system, Arduino, Ultrasonic Sensor, Fuzzy Logic.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki curah hujan dengan intensitas yang tinggi. Musim hujan biasanya berlangsung sampai dengan 4 bulan, hal ini sebenarnya menjadi sebuah keuntungan dikarenakan air merupakan kebutuhan pokok dan penunjang kehidupan bagi makhluk hidup terutama manusia.

Banyaknya pembangunan yang dilakukan pemerintah tanpa mempertimbangkan lingkungan. Banyak hutan, dan pekarangan disulap menjadi gedung-gedung bertingkat, perkantoran, mall dan hotel. Kondisi demikian menjadikan sedikitnya lahan tanah yang menyerap atau sedikitnya daerah resapan air. Sehingga memicu air tergenang dalam volume banyak dan menyebabkan banjir. Banjir mungkin sudah dianggap sebagai hal yang biasa bagi masyarakat di Indonesia terutama didaerah perkotaan yang padat penduduk. Minimnya informasi yang didapat masyarakat saat akan terjadinya banjir, membuat masyarakat tidak dapat mempersiapkan diri. Banyak harta benda yang belum sempat diselamatkan dan terlebih lagi ada kemungkinan jatuhnya korban jiwa saat peristiwa ini.

Dalam melakukan penyampaian informasi yang bersifat darurat, dibutuhkan sebuah sistem pemantauan dan peringatan untuk petugas yang bertanggung jawab akan hal tersebut, supaya petugas bisa segera menyampaikan informasi tersebut ke masyarakat disekitaran kali atau kali. Dengan adanya sistem pemantauan dan peringatan ini seharusnya informasi yang diperoleh menjadi lebih mudah dan dapat diterima dimana saja dan kapan saja agar masyarakat dapat mempersiapkan diri menghadapi banjir yang akan datang. Maka melihat pemandangan ini dibuatlah penelitian yang berjudul “Pengembangan Sistem Peringatan Dini Banjir Menggunakan Logika *Fuzzy*.”

LANDASAN TEORI

Pengertian Peringatan Dini Bencana

Peringatan dini adalah serangkaian kegiatan pemberian peringatan sesegera mungkin kepada masyarakat tentang kemungkinan terjadinya bencana pada suatu tempat oleh lembaga yang berwenang. Informasi peringatan dini bencana mengacu pada empat level peringatan sebagai berikut :

- 1) Normal adalah kondisi aman, kondisi keseharian rata-rata dari ancaman yang diketahui dari berbagai data ilmiah termasuk melalui pengalaman atau data sejarah perilaku fenomena ancaman tersebut.
- 2) Waspada terjadi peningkatan ancaman dan risiko yang dibuktikan dari hasil analisis data-data dan informasi ilmiah yang menunjukkan aktivitas ancaman di atas rata-rata dari kondisi normal.
- 3) Siaga terjadi peningkatan ancaman dan risiko yang signifikan tetapi masih dapat dikendalikan sehingga sewaktu-waktu jika terjadi status kedaruratan dinaikkan pada level tertinggi, maka seluruh sumber daya dapat segera dikerahkan untuk melakukan penyelamatan dan evakuasi masyarakat serta pengamanan asset. Tindakan yang dilakukan adalah dengan mendekati sumber daya ke lokasi aman terdekat dari skenario ancaman serta memastikan seluruh peralatan dan sistem pengamanan dan penyelamatan berfungsi dengan baik.
- 4) Awas tingkat ancaman dan risiko sedemikian tinggi sehingga membahayakan masyarakat. Tindakan yang diambil adalah melakukan upaya evakuasi.
- 5) Status Siaga. Status siaga 4 sampai siaga 1 yang kerap diberitakan terkait hujan dan banjir diukur berdasarkan tinggi permukaan sungai-sungai di lokasi pemantauan. Namun, acuan peningkatan statusnya pun tak sama. Urutan status terkait hujan dan banjir ini dimulai dari angka besar dulu, Siaga 4. Kondisi paling darurat adalah Siaga 1.

Pada penelitian ini, acuan peringatan dini sendiri terutama pada status siaga 1, siaga 2, siaga 3, waspada, awas dan bencana hanya sebagai parameter data untuk mengambil keputusan dalam penelitian menggunakan logika *fuzzy* pada inferensi pertama dan kedua. Berikut ini penjelasan mengenai siaga 1, siaga 2, siaga 3, waspada, awas dan bencana :

- 1) Siaga 1. Nilai dari *output* keanggotaan terendah dengan domain 0 - 50.
- 2) Siaga 2. Nilai dari *output* keanggotaan sedang dengan domain 50 - 100.
- 3) Siaga 3. Nilai dari *output* keanggotaan tertinggi dengan domain 100 - 150.
- 4) Waspada. Nilai dari rentang waktu kenaikan air antara 7,2 - 14,4 jam dalam kurun waktu 24 jam.
- 5) Awas. Nilai dari rentang waktu kenaikan air antara 2,4 – 7,2 jam dalam kurun waktu 24 jam.
- 6) Bencana. Nilai dari rentang waktu kenaikan air antara 0,6 – 2,4 jam dalam kurun waktu 24 jam.

Logika Fuzzy

Logika *fuzzy* merupakan sebuah logika yang memiliki nilai kabur atau samar dalam menentukan antara benar dan salah. Logika *fuzzy* adalah kebalikan dari logika tegas. Logika tegas merupakan logika yang hanya memiliki dua kemungkinan himpunan yaitu himpunan iya dan tidak, himpunan satu (1) dan nol (0), sedangkan logika *fuzzy* memiliki nilai antara nol (0) hingga satu (1) sesuai nilai derajat keanggotaan yang dimilikinya. Logika tegas sangat baik diterapkan pada himpunan yang jelas batas-batasnya, seperti laki-laki atau perempuan sedangkan logika *fuzzy* digunakan untuk himpunan yang memiliki nilai samar seperti suhu rendah, sedang, tinggi. Kelebihan logika *fuzzy* dibandingkan dengan logika tegas adalah

kemampuannya dalam proses penalaran yang menggunakan bahasa dan tidak memerlukan persamaan matematika yang rumit sehingga mudah dimengerti.

Konsep Logika Fuzzy

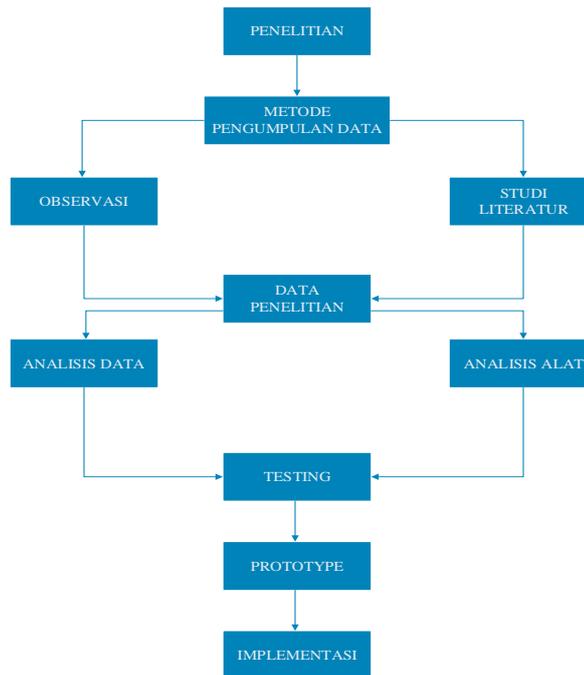
Logika *fuzzy* diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh pada tahun 1965 (Sri Kusumadewi, 2013:1) merupakan metode yang mempunyai kemampuan untuk memproses variabel yang bersifat kabur atau yang tidak dapat dideskripsikan secara eksak atau pasti seperti misalnya tinggi, lambat, bising, dan lain-lain. Kelebihan dari logika *fuzzy* adalah dalam perancangannya tidak memerlukan persamaan matematis yang kompleks dari objek yang akan dikendalikan. Prediksi banjir dengan pengaruh tinggi muka air merupakan metode yang sering digunakan dalam kondisi daerah yang data kuantitasnya pasti dengan satu pengaruh. Pemodelan dengan logika *fuzzy* menjadi alat sederhana prediksi banjir dengan data tidak pasti dan dipengaruhi dari beberapa kondisi. Prediksi datangnya banjir dalam kasus ini setidaknya dipengaruhi oleh beberapa kondisi misalnya luas penampang, kemiringan lereng daerah aliran kali, intensitas curah hujan, debit air dikali dan aspek fisik lainnya yang bisa mempengaruhi risiko banjir (Risma, 2014). Hal – hal yang perlu diketahui dalam memahami sistem *fuzzy*, antara lain :

1. Variabel *fuzzy*. Variabel *fuzzy* merupakan variabel yang akan digunakan dalam suatu sistem *fuzzy*, seperti jarak, skor, waktu.
2. Himpunan *fuzzy*. Himpunan *fuzzy* merupakan suatu grup yang mewakili suatu keadaan tertentu dalam sebuah variabel *fuzzy* seperti, variabel jarak terbagi menjadi tiga himpunan *fuzzy* yaitu himpunan jarak dekat, himpunan jarak sedang dan himpunan jarak jauh.
3. Semesta pembicaraan. Semesta pembicaraan merupakan keseluruhan nilai yang diperbolehkan untuk dioperasikan dalam suatu variabel *fuzzy* dan merupakan himpunan bilangan real yang dapat berupa bilangan positif maupun bilangan *negative*, seperti semesta pembicaraan untuk variabel jarak [0-100].
4. Domain. Domain himpunan *fuzzy* adalah keseluruhan nilai yang diizinkan dalam semesta pembicaraan yang dioperasikan dalam suatu himpunan *fuzzy* dan dapat berupa bilangan positif maupun negatif, seperti domain himpunan *fuzzy* : dekat [0-15], sedang [15-30], jauh [25-50].

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

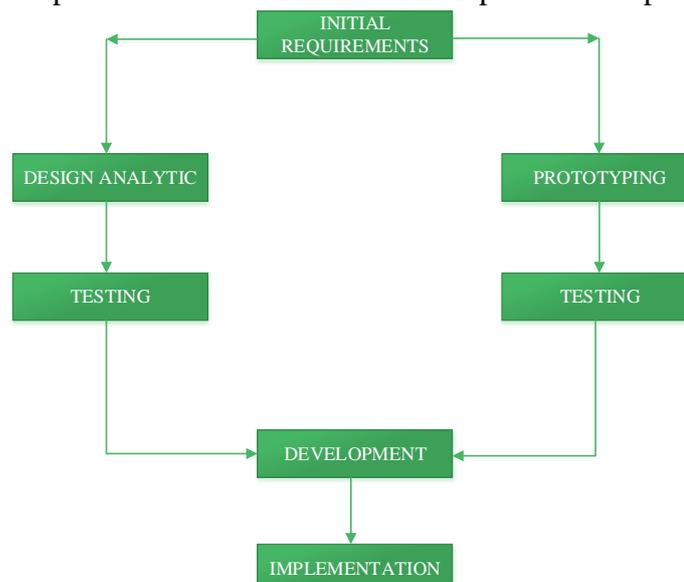
Hal pertama yang dilakukan adalah melakukan pengumpulan data terlebih dahulu untuk mendapatkan pengetahuan yang lebih mendalam tentang pengembangan sistem peringatan dini banjir menggunakan logika *fuzzy*. Selanjutnya mengumpulkan data curah hujan dari BMKG, data mengenai media/lokasi yang akan diteliti dan data debit melalui miniatur kali berupa kolam ikan yang sudah disesuaikan dengan ukuran kali yang sebenarnya. Selanjutnya, melakukan perhitungan dengan menggunakan metode logika *fuzzy*. Lalu membuat *prototype* untuk memeriksa kembali secara keseluruhan baik pada program maupun perangkat keras. Langkah terakhir adalah implementasi menggunakan miniatur kali.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

Kerangka Berpikir

Initial Requirements pertama yang dilakukan adalah menyiapkan data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian sesuai dengan judul “Pengembangan Sistem Peringatan Dini Banjir Menggunakan Logika *Fuzzy*” dengan dua konsep yang berbeda yaitu Analisis Desain dan Prototipe. Analisis Desain untuk menentukan metode yang akan digunakan, sedangkan prototipe untuk menentukan komponen alat yang akan digunakan dalam penelitian. Dari dua konsep tersebut masing-masing akan dilakukan pengujian terlebih dahulu untuk mendapatkan sebuah keputusan yang layak atau tidaknya untuk dilanjutkan ke fase pembuatan metode penelitian. Setelah fase pembuatan selesai maka telah siap untuk diimplementasikan.



Gambar 2. Kerangka Berpikir

Pendekatan Penelitian

Dalam penelitian ini, menggunakan pendekatan *research & development* untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk. Untuk dapat menghasilkan produk tertentu digunakan penelitian yang bersifat analisis kebutuhan (digunakan metode *survey* atau kualitatif) untuk menguji keefektifan produk tersebut supaya dapat berfungsi dimasyarakat luas, maka diperlukan metode eksperimen dalam menguji keefektifan produk.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Observasi

Setelah melakukan pengamatan dipinggiran Kali pejuang Harapan Indah persisnya didepan sekolahan Taman Harapan 1:



Gambar 3. Kali Pejuang Harapan Indah Bekasi

Pengukuran dilakukan dengan perkiraan antara tinggi dan lebar kali dan mendapatkan data tinggi kali 3 meter sampai ke dasar dan lebarnya adalah 3,5 meter dan panjang 4 meter sebagai ukuran aslinya.

Pengukuran Volume

Untuk mendapatkan *Volume* daya maksimal tampung air kali, maka digunakan media miniatur kali berupa akuarium, yang dimana sudah dirancang dengan metode perbandingan 1:10 dalam pembuatannya. Untuk menentukan *Volume* kapasitas air menggunakan rumus sebagai berikut:

Volume

$Volume = Panjang \times Lebar \times Tinggi \text{ Permukaan}$

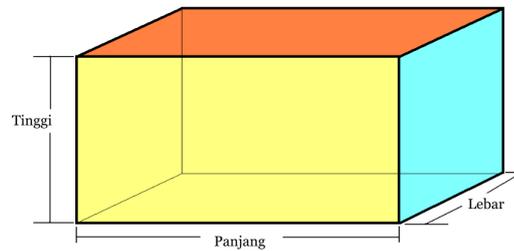
Debit

$$Debit = \frac{volume}{waktu} = D = \frac{V}{t}$$

Waktu

$$Waktu = \frac{volume}{Debit} = D = \frac{V}{t}$$

Dimana kita akan mencari tahu debitnya menggunakan beberapa rumus diatas.



$$\text{Volume Balok } V = p \times l \times t$$

Gambar 4. Gambar Akuarium

Yang pertama adalah mencari *volume* dari akuarium.

Diketahui:

Tinggi Kali = 3 m → menjadi 30 cm

Panjang Kali = 4 m → menjadi 40 cm

Lebar Kali = 3,5 m → menjadi 35 cm

Ditanya:

Volume akuarium = ?

Jawab:

Maka *volume* akuarium = 40 cm x 35 cm x 30 cm = 42.000 cm³/ml

$$= \frac{42.000}{1000} = \underline{42} \text{ L} = 42 \text{ dm}^3$$

Jadi, *volume* air dalam akuarium adalah 42 liter.

Dikarenakan menggunakan perbandingan 1:10 maka dapat disimpulkan untuk kapasitas *volume* sebenarnya adalah 42000 liter.

Hasil Studi Literatur

Data Curah Hujan

Data curah hujan didapat dari internet dengan mengunjungi website resmi BMKG pada tanggal 20 Februari 2020 untuk mendapatkan data probabilitistik curah hujan selama 24 jam di wilayah Kota Bekasi berdasarkan prediksi data numerik. Satu milimeter hujan berarti air hujan yang turun di wilayah seluas satu meter persegi akan memiliki ketinggian satu milimeter jika air hujan tidak meresap, mengalir, atau menguap. Ambang batas nilai yang digunakan untuk menentukan intensitas hujan sebagai berikut:

0 mm/hari: Berawan

0.5 – 20 mm/hari: Hujan ringan

20 – 50 mm/hari: Hujan sedang

50 – 100 mm/hari : Hujan lebat

100 – 150 mm/hari: Hujan sangat lebat

>150 mm/hari: Hujan ekstrem

Pada umumnya untuk curah hujan wilayah di Indonesia ada pada intensitas hujan ringan hingga sedang walupun hujan lebat juga terkadang terjadi tetapi tidak semua wilayah Indonesia hanya di wilayah tertentu.

Menentukan Waktu Prediksi Banjir

Diketahui bahwa tren curah hujan berdasarkan klasifikasi Hujan Ringan, Hujan Sedang, Hujan Tinggi adalah (0-50 mm/hari, 50-100 mm/hari, 100-150 mm/hari).

Perhitungan curah hujan 1 milimeter hujan menjadi 1 liter:

$$V = \text{curah hujan (1 mm)} \times \text{panjang (1 m)} \times \text{lebar (1 m)}$$

$$V = 0,001 \text{ m} \times 1 \text{ m}^2$$

$$V = 0,001 \text{ m}^3$$

$$V = 1 \text{ liter}$$

Dengan kondisi pada point diatas jika dianalogikan secara aplikatif untuk jumlah curah hujan 50 mm yang jatuh pada luasan 1400 m² maka diperoleh sebagai berikut :

Diketahui :

$$\text{Tinggi} = 0.05 \text{ meter}$$

$$\text{Panjang} = 40 \text{ meter}$$

$$\text{Lebar} = 35 \text{ meter}$$

Ditanya : liter/jam?

Jawab:

$$\begin{aligned} * \text{ Panjang} \times \text{ lebar} &= 40\text{m} \times 35\text{m} \\ &= 1400 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} *V &= 50\text{mm/hari} = 0,05 \text{ m} \\ &= 0.05 \times 1400 \times 1000 \\ &= 70000 \text{ liter/hari} \end{aligned}$$

Menentukan sekala waktunya :

$$700/24 \text{ jam} = 2916,6 \text{ liter/jam}$$

$$\text{Diketahui volume daya tampung kali adalah } 42000/2916,6 = 14,4 \text{ jam}$$

Jadi, dalam satuan waktu untuk curah hujan diambil nilai tertinggi dari masing tren adalah sebagai berikut :

$$0 - 50 \text{ mm/hari} = 14,4 \text{ jam.}$$

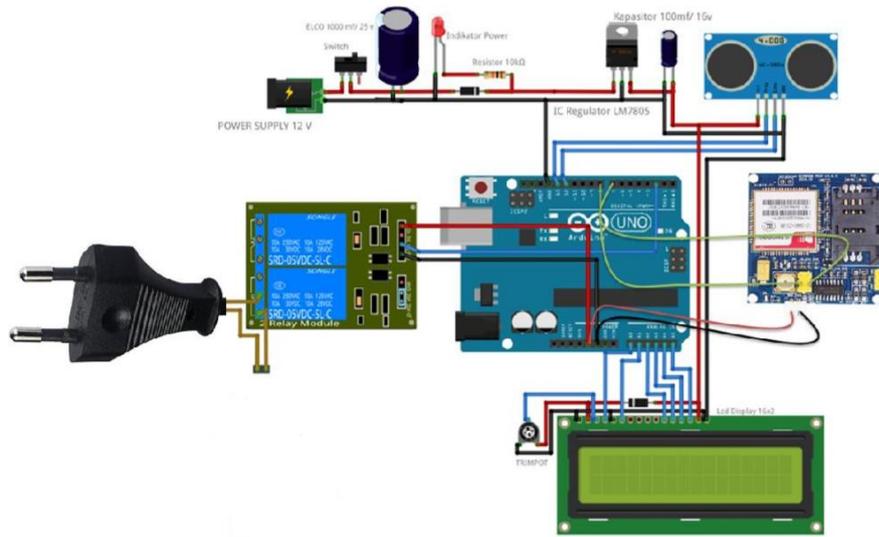
$$50 - 100 \text{ mm/hari} = 7,2 \text{ jam.}$$

$$100 - 150 \text{ mm/hari} = 4,8 \text{ jam.}$$

Penjelasan dari nilai diatas adalah 0 - 50 mm/hari = 14,4 jam artinya air akan meluap pada kondisi hujan ringan ke sedang membutuhkan waktu sekitar 14,4 jam, sedangkan untuk 50 - 100 mm/hari = 7,2 jam artinya air akan meluap pada kondisi hujan lebat membutuhkan waktu sekitar 7,2 jam dan untuk 100 - 150 mm/hari = 4,8 jam artinya air akan meluap pada kondisi hujan sangat lebat membutuhkan waktu sekitar 4,8 jam.

Skematik Alat

Skematik dari Sistem

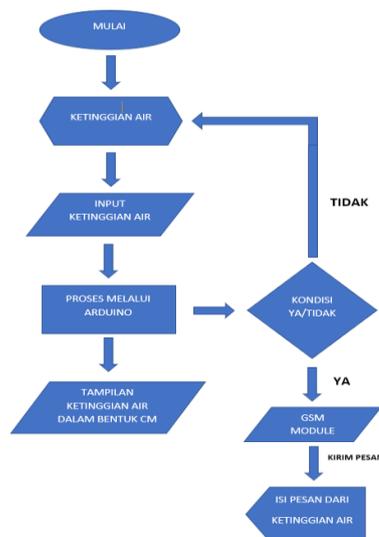


Gambar 5. Skematik Alat

Penjelasan gambar diatas:

1. Jalur hitam merupakan jalur ground.
2. Jalur merah merupakan jalur tegangan positif.
3. Jalur biru merupakan jalur data.
4. Jalur hijau pada pin 8 arduino merupakan jalur Rx arduino dan Tx untuk GSM Modul/Sim900.
5. Jalur hijau pada pin 7 arduino merupakan jalur Tx arduino dan Rx untuk GSM Modul/Sim900.
6. Jalur coklat adalah jalur dimana arus listrik untuk digunakan sebagai power mesin pompa.

Sistem Kerja Alat



Gambar 6. Sistem Kerja Alat

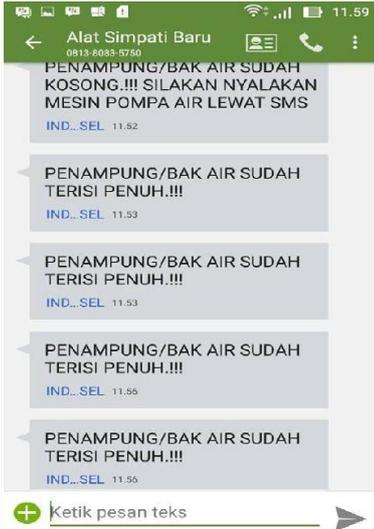
Gambar diatas adalah sistem kerja alat yang dibuat menggunakan program-program dibawah. Pertama adalah menyalakan alat pendeteksi ketinggian air. Alat tersebut mendapat *input* dari sensor kemudian diproses melalui Arduino dan menghasilkan dua keputusan dimana keputusan tersebut akan ditampilkan pada layar LCD. Jika keputusan tidak, maka akan kembali ke proses mendeteksi ketinggian air. Jika keputusan ya, maka proses akan diteruskan ke GSM Module dengan mengirimkan sebuah pesan ke nomor yang sudah didaftarkan berupa SMS.

Testing Program

Melakukan testing program bertujuan untuk memeriksa kembali program yang dibuat telah berjalan sesuai yang dibuat dengan metode *black box testing* yang hanya mengamati hasil eksekusi melalui data uji dan memeriksa fungsi dari perangkat lunak.

Tabel 1. Black Box Testing

No.	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Kesimpulan
1.	Testing ketinggian air dengan sensor Ultrasonik.	Mendapatkan data ketinggian air. Hasil pengujian : 	Valid
2.	Testing Arduino Atmega 328.	Memproses data inputan dan menghasilkan output. Hasil Pengujian : 	Valid
3.	Testing LCD untuk memonitor ketinggian	Menampilkan data ketinggian air dari inputan sensor ultrasonik yang diproses oleh arduino.	Valid

No.	Skenario Pengujian	Hasil yang diharapkan	Kesimpulan
		<p>Hasil Pengujian :</p> 	
4.	Testing Modul GSM	<p>Menerima notifikasi SMS mengenai ketinggian air yang dikirimkan melalui <i>GSM Module</i>.</p> <p>Hasil Pengujian :</p> 	Valid

SIMPULAN

Dari hasil pembahasan diatas, dapat disimpulkan bahwa Sistem Peringatan Dini Banjir Menggunakan Logika *Fuzzy* dapat menentukan prediksi rentang waktu mengenai kenaikan air dan mengurangi resiko kerugian yang lebih besar akibat banjir. Adapun sistem yang dibuat masih terdapat kekurangan dan juga kelebihan. Kekurangan dari sistem yang dibuat antara lain data yang dikirimkan hanya data ketinggian air, untuk data input masih manual ke dalam *fuzzy*, belum ter-integrasi antara data curha hujan, alat dan sistem *fuzzy* secara otomatis. Sedangkan kelebihannya antara lain bisa memantau Ketinggian air jarak jauh melalui pesan SMS, dapat memprediksi rentang waktu terjadinya banjir, dan mengurangi dampak kerugian yang lebih besar akibat banjir

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, Saiful. 2015. Implementasi Logika *Fuzzy* Mamdani Untuk Mendeteksi Kerentanan Daerah Banjir Di Semarang Utara. Jurusan Matematika FMIPA Universitas Negeri Semarang
- Bahtiar A, Arham dan Wibowo, Priyo Hadi. 2010. Simulasi Pemilihan Desain Dan Perencanaan Teknis Retarding Pond Di Kelurahan Mintaragen Kota Tegal (The Simulation of Design selection and Technic Specification of Retarding pond in Mintaragen Village Tegal City). FAKULTAS TEKNIK. UNIVERSITAS DIPONEGORO
- Dewanto, Wahyu Kurnia, dkk. 2013. Rancang Bangun Model Potensi Banjir pada Jalan Arteri di Kota Malang Menggunakan Logika *Fuzzy*. Jurnal EECCIS Vol. 7, No. 1, Juni 2013
- Gani, Ernawatil, dkk. 2016. Pemanfaatan Logika *Fuzzy* Untuk Sistem Prediksi Banjir. JURNAL MIPA UNSRAT ONLINE 5 (2) 81–84. Manado
- Harys, Hafidzilhaj, dkk. 2017. Aplikasi Logika *Fuzzy* Untuk Prediksi Kejadian Hujan. Dosen Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Riau, Pekanbaru 28293
- Kusumadewi, S. & Purnomo, H. (2004). Aplikasi Logika *Fuzzy* Untuk Pendukung Keputusan. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Much. Djunaidi, dkk. 2005. PENENTUAN JUMLAH PRODUKSI DENGAN APLIKASI METODE *FUZZY* – MAMDANI. Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Vol. 4, No. 2, Des 2005, hal. 95 – 104
- Setiawan, Agustinus Eko. Analisa Metode *Fuzzy* Mamdani Dan Sugeno Untuk Deteksi Daerah Rentan Banjir: Studi Kasus Kecamatan Pringsewu. Aisyah Journal of Informatics and Electrical Engineering
- Yiliawiyata, Rana 2013. Prototipe Sistem Pengukuran Ketinggian Dan Debit Air Pada sungai Berbasis Mikrokontroler Atmega16. Program Studi Teknin Informatika Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta