

# Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Dalam Pencegahan Banjir Akibat Luapan Sungai Berbasis Arduino Menggunakan Metode *Fuzzy Logic*

Ahmad Kurnia<sup>1</sup>, Rivaldi Mustafa<sup>2</sup>, Reni Listiana<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Teknik Elektronika ,

<sup>2,3</sup> Program Studi Teknik Otomasi- Politeknik TEDC Bandung

Jl. Politeknik-Pesantren KM2 Cibabat Cimahi Utara – Cimahi Jawa Barat - Indonesia

[akurnia@poltektedc.ac.id](mailto:akurnia@poltektedc.ac.id), [rivaldimustafa6270@gmail.com](mailto:rivaldimustafa6270@gmail.com), [renilistiana@poltektedc.ac.id](mailto:renilistiana@poltektedc.ac.id)

*Abstrak*— Peristiwa banjir adalah bencana dari alam, salah satu penyebabnya adalah karena luapan air dari sungai. Oleh sebab itu dalam upaya pencegahan banjir akibat luapan air sungai, perlu pemantauan dan pencegahan aliran sungai yang berpotensi menyebabkan banjir. Tujuan penelitian ini adalah pertama melakukan pemantauan dan monitoring serta memberikan informasi sebagai peringatan dini kepada masyarakat disekitar aliran sungai bila ada potensi air sungai akan meluap ; dan kedua membuat alat rancang bangun atau *proptotype* sistem pengontrolan pencegahan meluapnya air sungai dengan simulasi buka tutup pintu air. Pengontrolan dengan mikrokontroler berbasis Arduino uno menggunakan metode *fuzzy logic*. Parameter utama aliran sungai penyebab banjir adalah ketinggian permukaan air sungai dan kecepatan alirannya. Alat rancang bangun bekerja menggunakan dua sensor, yakni sensor Ultrasonik untuk memantau ketinggian aliran air sungai dan *water flow sensor* untuk memantau kecepatan alirannya. Saat kedua sensor mendeteksi nilai yang melebihi *set point* yang ditentukan, aktuator motor DC akan berputar untuk mengangkat pintu air. Data nilai sensor ditampilkan oleh LCD, *buzzer* dan lampu indikator sebagai penanda peringatan. Pada saat sistem bekerja, operator pemantau akan mengetahui *level* dan kecepatan aliran sungai, dan saat permukaan air sungai naik dapat dideteksi sebelum terjadi luapan yang berakibat banjir. Hasil perancangan dalam penelitian ini bahwa kecepatan buka tutup pintu air sesuai dengan data dari kedua sensor. Dilengkapi dengan perangkat android, sistem dapat mendeteksi sampai 15 meter bila tidak ada penghalang, sehingga secara keseluruhan sistem dapat bekerja dengan baik. Dengan demikian, hasil perancangan sistem peringatan dini dan pengontrolan menggunakan sensor ultrasonik, *water flow sensor* dengan metode *fuzzy logic* dalam perancangan dan penelitian ini merupakan solusi yang tepat dalam perencanaan pencegahan luapan sungai yang berakibat banjir.

*Kata Kunci*—Banjir, Arduino UNO, Sensor ultrasonik, *Water Flow Sensor*, *Fuzzy logic*, Sistem peringatan dini.

*Abstract*— *Flood events are catastrophic from nature, one of the causes of which is due to the overflow of water from rivers.*

*Therefore, in an effort to prevent flooding due to river overflow, it is necessary to monitor river flow conditions that can provide information about the river water level and its flow speed. In this study, a design tool and proptotype of a flood early warning system based on Arduino uno has been designed using the fuzzy logic method. This tool works using two sensors, namely the Ultrasonic sensor to monitor the height of the river water flow and the water flow sensor to monitor the flow speed. When both sensors detect a value that exceeds the specified set point, the DC motor actuator will rotate to lift the sluice. The sensor value data will also be displayed by the LCD, then the buzzer and indicator light as warning markers. When the system works, the operator who maintains it will know the level and speed of the river flow when the river water rises, so that it can be detected before an overflow occurs which results in flooding. The design results in this study have been as expected that the rotational speed of the resulting motor is influenced by the data detected from both sensors. When the system works, the operator who maintains it will know the level and speed of the river flow when the river water rises, so that it can be detected before an overflow occurs which results in flooding. The design results in this study have been as expected that the rotational speed of the resulting motor is influenced by the data detected from both sensors. Equipped with android device, it can detect up to 15 meters when there is no obstruction, so that overall the system can work properly. Thus, the results of designing an early warning system using ultrasonic sensors, water flow sensors with the fuzzy logic method in this design and research are the right solution in planning the prevention of river overflows that result in floods.*

*Keywords*—*Flood, Arduino UNO, Ultrasonic sensor, Water Flow Sensor, Fuzzy logic, Early warning system.*

## I. PENDAHULUAN

Bencana banjir selalu dikaitkan dengan musim hujan serta aliran sungai bagi masyarakat yang berada di sekitar sungai. Curah hujan yang tinggi, banyaknya sampah pada aliran sungai sehingga terjadi penyumbatan, merupakan masalah umum dalam peristiwa banjir karena luapan air sungai. Banjir datang tidak terduga, sehingga diperlukan peringatan dini pada masyarakat di sekitar sungai rawan banjir. Peringatan

Dini atau *Early Warning System* sudah merupakan sistem yang baku dalam melakukan tindakan pemberian informasi dan peringatan dengan menggunakan bahasa yang mudah difahami masyarakat. Bila dalam kondisi darurat atau segera harus memberikan informasi, maka dapat menggunakan pengeras suara, sirine dan lainnya yang suaranya sampai ke masyarakat sekitar.

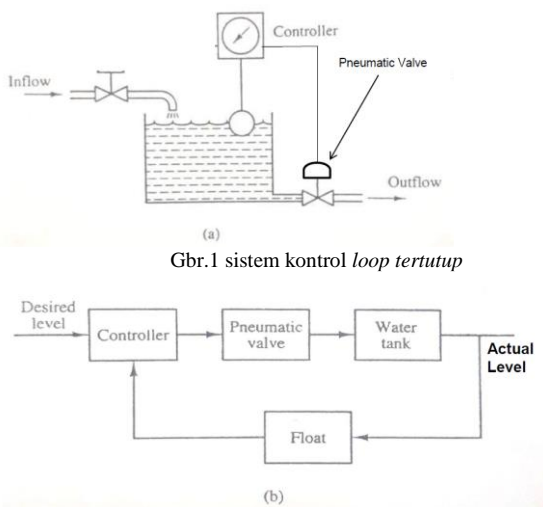
Banjir tentunya membuat kerugian baik harta ataupun jiwa. Ada beberapa yang tidak dapat diubah dalam menangani banjir disekitar sungai seperti dataran sungai yang rendah dan curah hujan yang tinggi. Tulisan ini membuat simulasi perancangan untuk peringatan dini dan pencegahan banjir akibat luapan air sungai.

Dalam pemantauan luapan air sungai, dapat dilakukan diantaranya dengan memantau parameter penyebab meluapnya air sungai seperti ketinggian air sungai kecepatan alirannya. Bila batas ketinggian air sungai yang aman terlampaui, dipastikan terjadi luapan air sungai. Maka oleh sebab itu diperlukan alat atau sensor untuk memantau ketinggian air sungai dan kecepatan alirannya. Dalam tulisan ini sensor ketinggian air sungai menggunakan sensor ultrasonik<sup>[7]</sup> dan aliran sungai menggunakan sensor *water flowrate*. Kedua sensor tersebut penempatannya pada tepi sungai.

## II. LANDASAN TEORI

Dalam rancang-bangun informasi peringatan dini akan terjadinya banjir akibat luapan sungai, dilakukan pengontrolan terhadap parameter utama aliran sungai, yakni parameter ketinggian permukaan air sungai dan parameter kecepatan aliran sungai sebagai referensi.

Gambar 1 dibawah adalah gambaran contoh sistem kontrol *loop tertutup*<sup>[2][3]</sup> kendali ketinggian air sederhana yang menggunakan pelampung dan Gambar 2 adalah blok diagramnya.



Gbr.1 sistem kontrol *loop tertutup*

Gbr. 2 Sistem Kontrol Ketinggian Air<sup>[11]</sup>

- (a) Sketsa Sistem
- (b) Blok Diagram

Terlihat bila air sudah mencapai ketinggian tertentu sesuai batas maksimal yang diinginkan (*set-point*), maka pelampung (*float*) akan naik, kemudian pengendali katup pneumatik akan membuka Katup/keran keluaran air (*outflow*) sebagai pintu air, sehingga air akan keluar dari pintu air dengan debit yang lebih tinggi. Dalam perancangan, sensor ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik. Ultrasonik adalah gelombang mekanik longitudinal suara yang memiliki frekwensi tinggi diatas ambang batas frekwensi pendengaran manusia 20.000 Hz<sup>[6]</sup>. Sedangkan sensor ultrasonik adalah sensor jarak dengan metode selisih selang waktu antara pancaran dan pantulan gelombang. Sensor ultrasonik yang digunakan adalah HC-SR04. Obyek yang dapat diukur jaraknya oleh sensor ini dalam rentang 2 cm – 400 cm dengan keakuratan 3 mm, yang berarti memiliki kesalahan rata-rata sekitar 5 %

Untuk memantau aliran sungai, sensor aliran yang digunakan adalah *Water flow-rate meter*<sup>[9]</sup> model YF-9201 yang dapat bekerja pada rentang aliran 1 - 20 liter/menit. Blok diagram sama seperti gambar 1(b), hanya mengganti pelampung dengan *flow-meter*. Bedanya *flow-meter* disini tidak bertujuan untuk mengendalikan kecepatan aliran sungai, tetapi untuk memantau aliran dengan tujuannya yang sama dengan sensor ultrasonik yakni mengendalikan ketinggian air sungai.

Pinsip kerja dari *Flow-meter* sama dengan prinsip kerja generator listrik yakni ggl (gaya gerak listrik) induksi. Bagian-bagian dari Flow-meter adalah katup, magnet, rotor air, dan sensor efek hall. Aliran sungai akan menyebabkan berputarnya rotor dalam medan magnet yang menimbulkan tegangan ggl induksi pada keluaran *flow-meter*. Besarnya tegangan ggl induksi disini hanya tergantung pada gerak motor karena aliran sungai. Dengan sensor efek hall yang terdapat pada alat sensor, akan membaca sinyal berupa tegangan yang di ubah menjadi pulsa dan dikirim ke mikrokontroler Arduino Uno, untuk kemudian diolah sebagai data debit air yang mengalir.

Aktuator dalam gambar 1(b) adalah katup pneumatik yang bergerak menutup dan membuka saluran air pada *outflow*. Pada perancangan dalam tulisan ini, aktuator yang digunakan adalah motor DC yang menggerakkan pintu air untuk membuka dan menutup aliran air sungai<sup>[4]</sup>. Bila parameter khususnya parameter ketinggian air sungai terlampaui, aktuator motor DC menggerakkan pintu air untuk membuka *outflow* (aliran air sungai).

Sistem kontrol seperti ini yang pengontrolan-nya hanya ON-OFF perlu dilengkapi dengan sistem *Fuzzy Logic*<sup>[8]</sup>. Logika Fuzzy membawa batasan minimal dan maksimal dalam pengontrolan. Contoh sederhana tangki air dengan pelampung yang terhubung dengan pompa air otomatis. Bila

tangki air penuh, pelampung naik dan katup menutup, pompa mati. Bila sedikit saja air tangki turun karena air mengalir kecil misalnya, katup membuka, pompa jalan dalam waktu sebentar kemudian mati lagi. Ini tidak praktis dalam pengontrolan. Maka perlu sistem *Fuzzy Logic*, yang dalam contoh sederhana ini menggunakan 2 pelampung ; satu ditempatkan pada batas atas air diatas dan satu lagi pada batas bawah ketinggian air. Ketika mengisi air tangki sampai batas penuh, pelampung 1 bekerja menutup katup, pompa berhenti (OFF). Ketika air tangki turun, walaupun pelampung 1 turun dan katup terbuka, pompa masih tetap OFF. Setelah ketinggian air sampai batas bawah, pelampung 2 bekerja menghidupkan pompa. Ini contoh penggunaan *Fuzzy Logic* sederhana. Dalam pemrograman komputer, dalam proses inferensinya biasanya menggunakan aturan atau bahasa IF-THEN . Prof. L. A. Zadeh yang memperkenalkan Logika Fuzzy ini pada tahun 1965. Dalam perancangan pada tulisan ini, Logika Fuzzy dipogram sebagai kontrol oleh program MATLAB.

Rangkaian utama elektronik dan software dalam perancangan pada tulisan ini diantaranya adalah :

#### A. Arduino Uno <sup>[5]</sup>

Berupa *board* atau card elektronik yang dapat diprogram. Bersifat *open source* dengan rancangan khusus agar mudah digunakan baik di bidang rekayasa dan teknik ataupun bidang lainnya. Berbagai sensor dapat berinteraksi dengan perangkat ini. *Board* ini merupakan mikrokontroler.

Atmega -328 adalah prosesor utama Arduino UNO yang memiliki 14 pin input/output. Ada 6 pin output sebagai PWM (digital), kemudian 6 input analog. Board dilengkapi dengan sebuah Kristal 16 MHz sebagai osilator, kemudian koneksi USB, ICSP header 1 buah, Power jack 1 buah dan tombol reset. Semua yang diperlukan dalam menunjang mikrokontroler tersedia pada Arduino Uno. Selain itu juga mudah berinteraksi dengan komputer melalui USB. Untuk sumber tenaganya, dapat menggunakan adaptor atau baterai.

#### B. NodeMcu Esp8266

Untuk menghubungkan dengan internet, *board* NodeMCU ini adalah pengembangan *Internet of Things* (IoT) berbasis Firmware eLua dan chip WiFi TCP/IP lengkap. Program pada ESP8266 memerlukan beberapa teknik untuk pengkabelan dan tambahan modul USB ke *serial port* bila mengunduh program. Paket SP8266 dalam *board* ini menjadikan tambah kompak dan memiliki berbagai fitur sehingga sama dengan mikrokontroler yang canggih ditambah lagi dengan mudahnya berkomunikasi dengan internet dan komunikasi USB ke serial. Pemilihan *board* NodeMCU ESP8266 dalam perancangan ini karena sederhana, cukup dengan kabel USB untuk memprogramnya. Selain itu, pin I/O yang dimilikinya mudah dan memadai dalam mengakses ke jaringan Internet melalui koneksi Wifi.

#### C. Modul Relay

Berupa saklar dan dioperasikan secara elektrik. Relay adalah perangkat agar memungkinkan seseorang menghidupkan atau mematikan sirkuit tegangan tinggi secara tidak langsung. Selain itu Relay dapat melindungi rangkaian satu dengan yang lainnya. Umumnya dalam modul ini ada tiga koneksi yakni NC, COM, dan NO. Koneksi NC dan NO dalam relay digunakan untuk menghubungkan sumber listrik (kabel fasa) dan terminal relay.

*Normally Closed* (NC) merupakan kontak yang dipakai pada perangkat ini agar pada kondisi normal, koneksi dari sumber ke terminal relay tertutup, dan sebaliknya otomatis terputus pada saat *arus berlebih*.

#### D. Blynk

Blynk merupakan software, yang digunakan untuk program dan aplikasi pada iOS dan OS Android. Tujuannya untuk mengendalikan perangkat Arduino dan NodeMCU serta perangkat lainnya melalui Internet. Dengan aplikasi pada perangkat hardware ini, dalam menampilkan data sensor, menyimpan data, visualisasi dan lain-lain, dapat dikendalikan. Ada 3 komponen dalam aplikasi Blynk, yaitu Program, Server, dan Libraries. Untuk semua komunikasi antara smartphone dengan perangkat hardware, menggunakan Blynk Server.

Aplikasi Blynk menyediakan Widget yakni Button, Value Display, History Graph, Twitter, dan Email. Blynk ini tidak terikat dengan berbagai mikrocontroller asal ada hardware yang tepat untuk mendukungnya. Jadi dalam perancangan ini, aplikasi Blynk akan dibuat online agar dapat dipakai untuk *Internet of Things* .

### III. METODE PENELITIAN

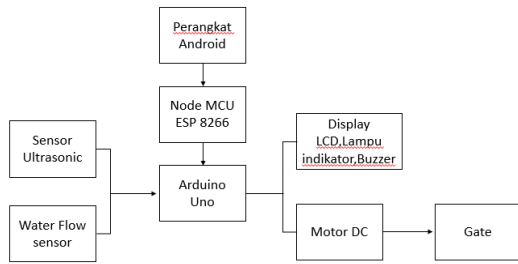
Tahapan dan metode dalam penelitian ini diantaranya adalah :

#### A. Identifikasi Masalah

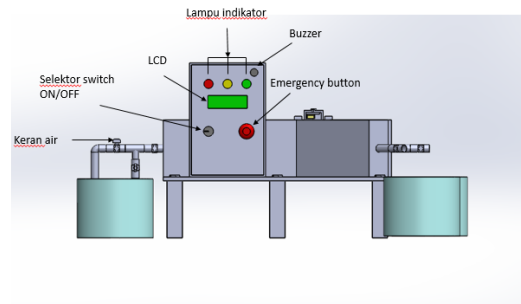
Pada bagian ini peneliti mengidentifikasi permasalahan apa saja yang kerap terjadi pada system peringatan dini yang ada di sungai. Maka dengan mengidentifikasi masalah kita dapat mengetahui apa saja solusi untuk mengatasi permasalahan tersebut.

#### B. Perancangan Program dan Sistem Alat

Rancangan dimulai dari membuat bagan *flowchart* dan alur kerja alat yang akan dibuat. Untuk mencapai fungsi dari alat, cara kerja alat dirumuskan baik dari *software* maupun *hardware*. Sehingga kita bisa mengetahui apa saja komponen yang dipakai dalam perancangan sistem ini. Berikut bagan atau *flowchart* sistem Rancang Bangun upaya peringatan dini dalam pencegahan luapan air sungai yang mengakibatkan banjir.

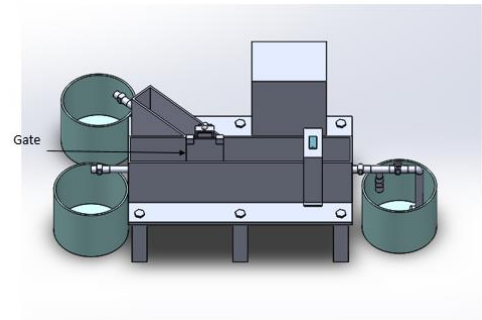


Gbr.3 Blok Diagram Arsitektur Proses Kerja

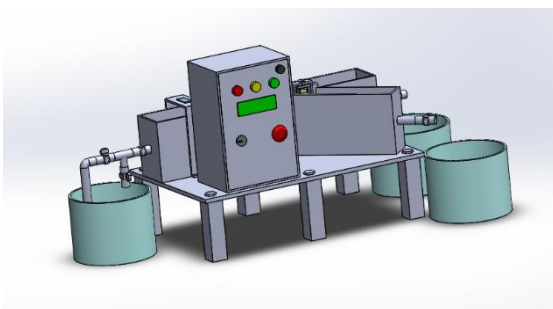


Gambar 5. Desain Tampak Depan

Dari gambar blok diagram di atas dijelaskan bahwa, terdapat input berupa Sensor ultrasonik dan sensor *Water Flow*, serta proses yang dilakukan oleh mikrokontroller, kemudian terdapat output berupa Motor Dc, *buzzer*, lampu indikator dan LCD *Display*, dimana lampu indikator akan menyala sesuai dengan tingkat ketinggian yang sudah ditentukan, kemudian *buzzer* akan berbunyi apabila *level* sudah menunjukkan tingkat *high* dan motor DC akan berputar untuk membuka gerbang, kemudian Perangkat Android disini dipergunakan untuk keadaan penting dimana Android berfungsi sebagai tombol manual untuk membuka gerbang.

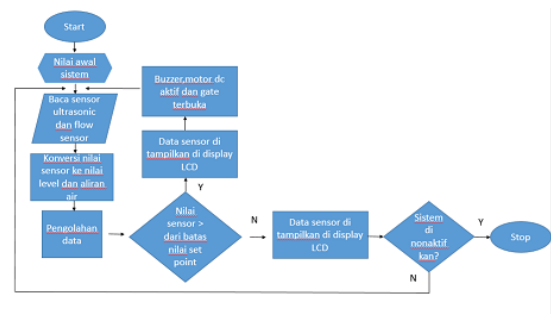


Gbr.7 Desain Tampak Belakang (sumber : dokumen pribadi)

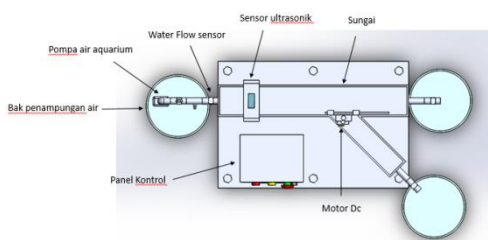


Gbr.4 Desain Keseluruhan (sumber : dokumen pribadi)

Gambar 8 dibawah adalah desain *flowchart* keseluruhan dari perancangan sistem peringatan dini dalam upaya pencegahan banjir akibat luapan air sungai berbasis Arduino menggunakan metode *fuzzy logic*.

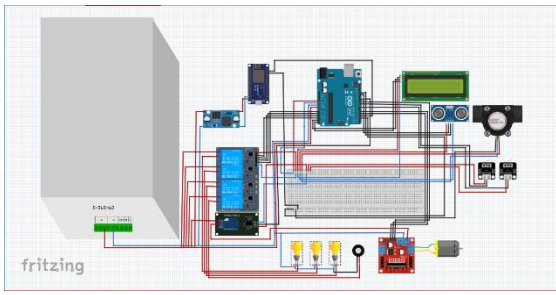


Gbr.8 Diagram Alir Sistem Algoritma



Gbr. 5 Desain Tampak Atas

Gambar di atas menjelaskan cara kerja alat ini, sensor memberikan data ke Arduino berupa *level* air dan kecepatan aliran air sungai, data yang terolah merupakan data perintah sesuai dengan yang telah ditentukan (*set point*) akan berupaya membuka gerbang dengan menggunakan metode *fuzzy logic* untuk menyalurkan air ke suatu waduk atau tempat penampungan air, gerbang (motor) akan tertutup sesuai dengan *level* air mendekati titik aman.



Gbr.9 Wiring setiap Komponen dalam Sistem

C. Pengujian Alat

Setelah alat selesai dibuat, alat akan diuji sesuai dengan fungsi kerjanya. Dilakukan simulasi sebagai langkah awal setelah alat dirancang. Simulasi berguna untuk menguji apakah alat yang telah kita rancang sudah berfungsi dengan baik atau belum. Simulasi juga dapat disebut sebagai uji coba alat.

D. Menganalisa dan Mengevaluasi Alat

Setelah dilakukan pengujian, maka alat akan dievaluasi dan dianalisa kembali baik dari cara kerja, ketahanan alat dan kesesuaian dengan yang diharapkan. Hasil dari evaluasi akan jadi bahan untuk melakukan perbaikan dan penyempurnaan pada alat yang telah dibuat.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berikut adalah hasil dari serangkaian pengujian dalam perancangan prototype sistem untuk peringatan dini dalam upaya pencegahan meluapnya air sungai yang berakibat banjir berbasis Arduino, menggunakan metode *fuzzy logic*.

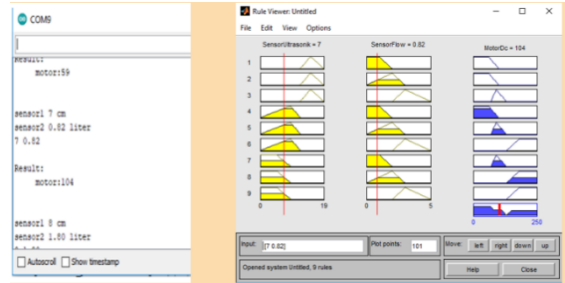
1. Hasil Pengujian Kecepatan Putaran Motor DC

TABEL I  
HASIL PENGUJIAN KECEPATAN MOTOR DC

Jarak dan Flow	Hasil Aktual	Hasil Simulasi Matlab	Keterangan:
Jarak = 7cm Flow = Rendah	104 Rpm	104 Rpm	<ul style="list-style-type: none"> <li>Set point level air 7 cm</li> <li>Flow rendah = 0-2 L/m</li> <li>Flow normal = 2-3 L/m</li> <li>Flow kencang = 3-5 L/m</li> </ul>
Jarak = 7cm Flow = Normal	167 Rpm	168 Rpm	
Jarak = 7cm Flow = kencang	194 Rpm	195 Rpm	

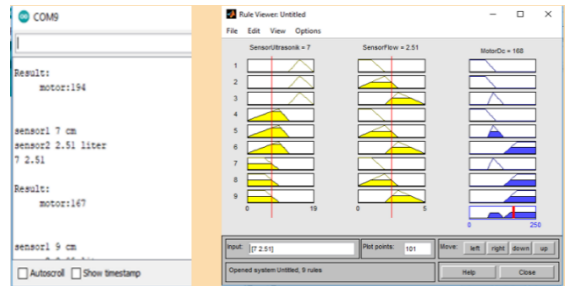
Pada table 1 di atas terdapat jarak dan *flow*, jarak menunjukkan level ketinggian level air yang terdeteksi oleh sensor ultrasonik dan jarak menunjukkan kecepatan aliran air

yang terdeteksi oleh *water flow sensor*. Kemudian hasil aktual menunjukkan hasil yang sesungguhnya atau hasil nyata yang diuji pada alatnya secara langsung. Kemudian hasil dengan simulasi matlab, menunjukkan hasil yang ditampilkan pada desain sistem *fuzzy logic* pada aplikasi matlab.



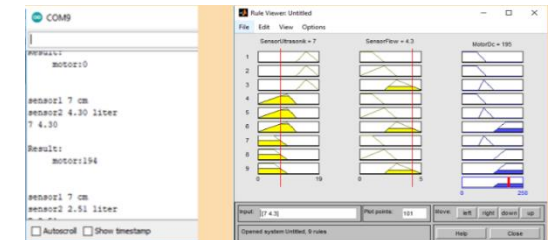
Gbr.10 Hasil pengujian pada serial monitor dan matlab untuk *flow* rendah

Terlihat pada Gambar 9 , untuk *flow* rendah (yang diperlihatkan pada grafik tengah), dengan pengontrolan sistem, ketinggian air dibuat tetap (7 cm), batas-batas kerja logika *Fuzzy* adalah bentuk segitiga atau persegi warna kuning. Logika *Fuzzy* untuk grafik sebelah kanan warna biru adalah grafik pembukaan pintu air yang cenderung berada disebelah kiri, yang berarti pembukaan pintu air kecil atau pintu air sering dalam kondisi hampir tertutup.



Gbr.11 Hasil pengujian pada serial monitor dan matlab untuk *flow* normal

Demikian pula pada Gambar 10 , untuk *flow* normal (grafik tengah), ketinggian air dikontrol tetap (7 cm), terlihat dari beberapa pengujian, grafik kanan warna biru cenderung ke sebelah kanan, artinya pembukaan pintu air relatif banyak terjadi.



Gbr.12 Hasil Pengujian pada serial motor dan matlab untuk *flow* kencang

Pada Gambar 11, untuk *flow* tinggi (grafik tengah), ketinggian air dikontrol tetap (7 cm), terlihat pada grafik kanan warna biru, pembukaan pintu air dari berbagai percobaan seluruhnya berada disebelah kanan yang berarti pembukaan selalu terjadi sampai maksimal 25 cm.

## 2. Hasil Pengujian Waktu pada saat Membuka Gerbang

TABEL II  
HASIL PENGUJIAN WAKTU SAAT MEMBUKA GERBANG

Jarak dan Flow	Waktu membuka gate
Jarak = 7 cm Flow = Rendah	3.19 detik
Jarak = 7 cm Flow = Normal	2.94 detik
Jarak = 7 cm Flow = Kencang	2.52 detik

Tabel 2 menunjukkan waktu membuka saat aliran rendah maka waktu yang dibutuhkan untuk membuka *gerbang* tentunya akan lama. Sebaliknya ketika alirannya kencang maka waktu yang dibutuhkan untuk membuka gerbang akan lebih cepat.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Rancang bangun atau disain sistem peringatan dini banjir akibat luapan air sungai serta pengontrolannya untuk pencegahan banjir dalam penelitian ini dengan menggunakan metode *fuzzy logic*, telah dapat bekerja dengan baik. Sistem berhasil memantau dan mengukur ketinggian air sungai serta kecepatan alirannya. Kemudian kecepatan putaran motor untuk membuka *gerbang* memiliki respon waktu yang cukup baik.

Sistem pada perancangan yang telah dilakukan, diperoleh bahwa *fuzzy logic* sebagai suatu sistem pada perancangan ini dapat menentukan *output* yang dihasilkan dari kedua masukan sensor yang dihasilkan. Perancangan dilakukan dengan tahapan *wiring hardware* berupa sensor ultrasonik, *sensor flow rate*, Arduino uno, node mcu8266, I2c LCD display serta terkonfigurasi melalui software Arduino Ide dan Solidwork untuk desain alat secara detail. Dari hasil analisa didapat bahwa penggunaan *fuzzy logic* pada sistem rancang bangun ini dapat memberikan respon pada *output* yang baik untuk mengurangi potensi luapan air sungai penyebab banjir. Metode *fuzzy logic* ini dapat mengatur agar air di sungai ini tetap stabil. Menggunakan metode *fuzzy logic* pada sistem rancang bangun ini merupakan solusi yang tepat untuk mencegah terjadinya luapan sungai yang berakibat banjir.

Perancangan dan hasil pengujian serta analisa pada *prototype* sistem peringatan dini dalam upaya pencegahan

luapan sungai berbasis arduino dengan metode *fuzzy logic*, perlu diaplikasikan pada aliran sungai sebenarnya. Diperlukan skala perbandingan bukan saja ukuran, tetapi energi yang diperlukan untuk putaran motor DC yang besar yang dapat mengangkat dan menurunkan pintu air sebenarnya.

## REFERENSI

- [1] Katsuhiko Ogata, *Modern Control Engineering*, Third Edition; Prentice-Hall International, Inc., New York, 1997.
- [2] S. Pakpahan, Ir., *Kontrol Otomatik, Teori dan Penerapan*, Penerbit Erlangga, 1994
- [3] Stefano, Jareth PhD, *Feedback & Control Systems Application to Engineering*; Schaum Outline Series, McGraw Hill Co. 1986
- [4] Dede Iwan Saputra dkk; *Pemodelan dan Simulasi Sistem Kendali Volume Air Pada Process Plant Dengan Metode State Feedback*, Jurnal Otomasi, Kontrol dan Instrumentasi, Vol 14 (1), Unjani tahun 2022
- [5] Muhammad Syahwil, S.T., M.T., *Panduan Mudah Belajar Arduino menggunakan Simulasi Proteus*. Penerbit Andi, 2017..
- [6] Paul E. Tippens (Southern Polytechnic State University), *"Physics"*, Seven Edition, McGraw-Hill, 2007.
- [7] Abdurrahmad Rasyid, S.Pd.. *Pengertian Sensor Ultrasonik*. Diambil dari <https://www.samrasyid.com/2019/08/pengertian-sensor-ultrasonik.html>, 2019
- [8] Afan Galih Salman ST. M.Si., *Pemodelan dasar sistem Fuzzy*. Diambil dari <https://socs.binus.ac.id/2012/03/02/pemodelan-dasar-sistem-fuzzy/>, 2012
- [9] Agus Faudin. (2017). *Tutorial arduino mengakses water flow sensor*. Diambil dari <https://www.nyebarilmu.com/tutorial-arduino-mengakses-water-flow-sensor/#:~:text=Water%20Flow%20sensor%20adalah%20sensor,air%2C%20dan%20sensor%20hall%20efek>, 2017