

## Prototipe Alat Pemantauan dan Pengendalian Level Air Waduk Berbasis IoT

Bakti Viyata Sundawa<sup>1</sup>, Ida Susanti<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Politeknik Negeri Medan

Jalan Almamater No.1 Kampus USU Medan, Indonesia

e-mail: [baktisundawa@polmed.ac.id](mailto:baktisundawa@polmed.ac.id)<sup>1</sup>, [idasusanti@polmed.ac.id](mailto:idasusanti@polmed.ac.id)<sup>2</sup>

**Abstrak**— Pembangunan waduk dapat mendorong pemerataan ekonomi dan kesejahteraan, meningkatkan kedaulatan pangan serta untuk pengendalian banjir. Namun banyak waduk yang jebol di Indonesia disebabkan oleh wadah penampung (dead storage) waduk yang semakin kecil akibat dari sedimentasi sehingga naiknya permukaan air waduk dan keluar dari jalur tumpahannya (*spillway*). Pentingnya dilakukan monitoring terhadap naiknya permukaan air sebagai tindakan pertama untuk pencegahan bencana jebolnya tanggul waduk. Pendeteksian ketinggian air dapat menggunakan sensor ultrasonik. Dalam hal ini, sensor ultrasonik ditempatkan di atas permukaan air. Parameter yang diukur yaitu jarak deteksi terhadap permukaan air secara vertikal. Berdasarkan hasil pengukuran, sensor ultrasonik JSN-SR04T dapat mengukur sampai di atas 200 cm terhadap permukaan air. Pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali dengan hasil rata-rata error rate 3,21%. Pembacaan data dilakukan dalam 5 level ketinggian air. Digunakan logika fuzzy untuk menentukan klasifikasi ketinggian permukaan air. Berdasarkan hasil penelitian, jarak deteksi rata-rata 209,14 cm  $\alpha$ -predikat 1 status “Air rendah”, jarak deteksi rata-rata 181,17 cm  $\alpha$ -predikat 0,2 status “Air rendah”, jarak deteksi rata-rata 154,83 cm  $\alpha$ -predikat 0,2 status “Air agak rendah”, jarak deteksi rata-rata 128,05 cm  $\alpha$ -predikat 0,2 status “Air sedang”, jarak deteksi rata-rata 102,29 cm  $\alpha$ -predikat 0,2 status “Air tinggi”.

**Kata kunci** : Sensor Ultrasonik, Mikrokontroler ESP32, Level Air

**Abstract**— Development of dams can encourage economic equality and prosperity, increasing of food sovereignty and flooding control. However, many dams have collapsed in Indonesia due to smaller dead storage because of sedimentation. So that reservoir water level rise up and come out from spillway. The importance of monitoring for water level as the first action to prevent of disaster from breaking the reservoir embankment. Detection of water level can use ultrasonic sensors. In this case, the ultrasonic sensor is placed above the water surface. The parameter measured is distance to water surface by vertically. Based on measurement results, JSN-SR04T ultrasonic sensor can measure up to 200 cm above water surface. Measurements were carried out 10 times with an average error rate of 3.21%. Data reading is carried out in 5 water levels. Fuzzy logic is used to determine classification of water level. According to data average distance 209,14 cm  $\alpha$ -predikat is 1 status “low”, average distance 181,17 cm  $\alpha$ -predikat is 0,2 status “low”, average distance 154,83 cm  $\alpha$ -predikat is 0,2 status “less low”, average distance 128,05 cm  $\alpha$ -predikat is 0,2 status “moderate”, average distance 102,29 cm  $\alpha$ -predikat is 0,2 status “high”.

**Keywords** : Ultrasonic Sensor, Microcontroller ESP32, Water Level

### I. PENDAHULUAN

Pemerintah melalui Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) terus melakukan percepatan pembangunan waduk di Sumatera Utara. Hal ini dilakukan untuk mendorong pemerataan ekonomi dan kesejahteraan, meningkatkan kedaulatan pangan serta untuk pengendalian banjir. Kementerian PUPR telah menyelesaikan pembangunan Waduk Sidilitano di Tapanuli Utara, Waduk Lau Simeme di Deli Serdang dan akan membangun 15 waduk baru hingga tahun 2023 [1]. Namun sepanjang tahun 2020 telah banyak waduk yang jebol di Indonesia seperti Waduk Glapan di Grobogan Jawa Tengah, dan lain-lain. Jebolnya waduk bisa disebabkan oleh faktor curah hujan yang tinggi, usia

bangunan waduk yang tua dan saluran pembuangan air yang semakin menyempit [2]. Penyebabnya juga dapat dilihat dari aspek tekanan hidrostatis, aspek sedimentasi, aspek piping dan aspek hidrologi [3]. Penyebab waduk jebol lainnya adalah wadah penampung (dead storage) waduk yang semakin kecil akibat dari sedimentasi sehingga ketinggian permukaan air naik dan meluap [4]. Naiknya permukaan air waduk menyebabkan keluar dari jalur tumpahan (spillway) dan sering dituding menjadi penyebab jebolnya tanggul waduk.

Pentingnya dilakukan pendeteksian terhadap naiknya permukaan air sebagai tindakan pertama untuk pencegahan dan pengendalian bencana jebolnya tanggul waduk. Penelitian terkait monitoring permukaan air yang telah dilakukan yaitu sistem monitoring ketinggian air sebagai pendeteksi banjir berbasis IoT [5]. Hasil penelitian ini adalah penggunaan sensor ultrasonik sebagai pendeteksi permukaan air. Percobaan pendeteksian dilakukan sebanyak 100 kali dengan error rate 6%. Waktu kirim data hasil pengukuran sensor ke database sebesar 5 detik. Penelitian terkait berikutnya adalah pembuatan water level detection dengan sensor ultrasonik berbasis fuzzy logic [6]. Pada penelitian ini menggunakan logika fuzzy untuk menentukan set point ketinggian air yang dikehendaki. Setiap level memiliki indikator warning LED dan buzzer yang menandakan tingkatan informasi dan mitigasi yang berbeda. Penelitian terkait selanjutnya yaitu monitoring dan kontrol ketinggian air berbasis Arduino Uno menggunakan LCD LM016L [7]. Pada penelitian ini, kondisi monitoring bersifat toggle yaitu level low dan high. Kondisi-kondisi ini akan dimanfaatkan untuk menghidupkan dan mematikan pompa air ke bak penampungan air secara otomatis.

Prototipe alat pengendalian ketinggian air menggunakan sensor ultrasonik akan dikembangkan pada penelitian ini. Mikrokontroler ESP32 akan digunakan sebagai pengontrol utama. Mikrokontroler ini mempunyai spesifikasi untuk mendukung konsep Internet of Things (IoT) dengan koneksi wi-fi dan bluetooth. Diharapkan penelitian ini dapat mendesain prototipe alat pengendalian ketinggian air yang dapat memberikan presisi pengukuran yang tinggi dan selanjutnya akan diimplementasikan sebagai pengendali ketinggian air waduk. Data hasil pengukuran ketinggian air dapat diakses via laptop dari jarak yang jauh.

## II. STUDI PUSTAKA

### A. Sensor Ultrasonik JSN-SR04T

Sensor ultrasonik adalah jenis sensor yang menggunakan pantulan gelombang suara. Fungsi dari sensor ini adalah untuk mendeteksi sesuatu atau benda yang ada di depannya. Gelombang ultrasonik dapat merambat melalui media padat, cair dan gas. Sensor tipe ini bisa berfungsi sebagai pengirim, penerima dan pengontrol gelombang. Gambar 1. merupakan tampilan dari sensor ultrasonik JSN-SR04T.

Jika ada suatu benda/objek dalam jangkauan gelombang tersebut maka gelombang ultrasonik akan memantulkan kembali. Hal tersebut menandakan bahwa ada objek disekitarnya. Gelombang yang diterima oleh penerima tersebut akan membuat diafragma bergetar sehingga dengan efek piezoelectric menghasilkan sebuah frekuensi yang sama. Tabel 1. merupakan spesifikasi dari sensor ultrasonik JSN-SR04T.

Dengan prinsip tersebut, besaran waktu yang dibutuhkan adalah dua kali jarak deteksi sensor terhadap benda/objek. Jarak deteksi sensor dapat dihitung dengan persamaan 1 berikut ini :

$$S=(v \cdot t)/2.....(1)$$

Sebagai keterangan :

S = jarak (cm)

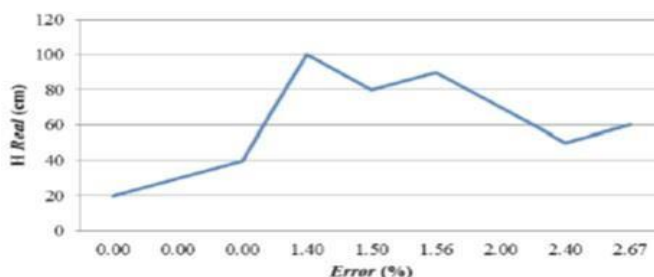
v = kecepatan suara (344 m/s)

t = waktu ( $\mu$ s)

Untuk menentukan besar presisi dari sensor JSN-SR04T dapat dihitung melalui persamaan 2 berikut ini :

$$\text{Presisi}=100\%-\text{error presisi (e)}.....(2)$$

Error presisi (e) adalah suatu kegagalan sensor dalam menampilkan nilai pengukuran jarak yang sama pada kondisi yang sama. Berdasarkan penelitian, persentasi presisi dari sensor JSN-SR04T ditunjukkan dengan grafik error seperti pada Gambar 1. Nilai error presisi tersebut menunjukkan bahwa sensor ultrasonik tipe JSN-SR04T mampu memberikan hasil pengukuran jarak yang hampir sama pada saat pendeteksian objek.



Gambar 1. Grafik Error Sensor Ultrasonik Tipe JSN-SR04T [8]

### B. Mikrokontroler ESP32

Mikrokontroler adalah mikrokomputer yang dikemas dalam bentuk chip. Pada pengoperasiannya, mikrokontroler memerlukan kode-kode program yang ditanam didalamnya. Mikrokontroler ESP32 merupakan generasi penerus dari mikrokontroler ESP8266 yang diproduksi oleh *Espressif System*.

Pada perancangan sistem kontrol, akan lebih mudah dan efisien jika menggunakan mikrokontroler ESP32 [9]. Mikrokontroler ESP32 telah mendukung koneksi wi-fi yang cepat, bluetooth, pin input output yang lebih banyak dibandingkan dengan mikrokontroler ESP8266 dan hemat daya [10]. Maka pada penelitian ini akan digunakan mikrokontroler ESP32 sebagai pengendali utama rangkaian sensor ultrasonik. Selain itu, mikrokontroler ESP32 banyak digunakan untuk koneksi *Internet of Things* [11]. Gambar 2 merupakan tampilan mikrokontroler ESP32.



Gambar 2. Mikrokontroler ESP32

Tabel 1. Data Spesifikasi Mikrokontroler ESP32

No	Atribut	Keterangan
1	Tegangan	3,3 V
2	Processor	Tensilica L108 32 bit
3	Kecepatan Processor	160 MHz
4	RAM	520 K
5	GPIO	34
6	ADC	7
7	802.11 support	11 b/g/n/e/i
8	Bluetooth	BLE (Bluetooth Low Energy)
9	SPI	3
10	I2C	2
11	UART	3

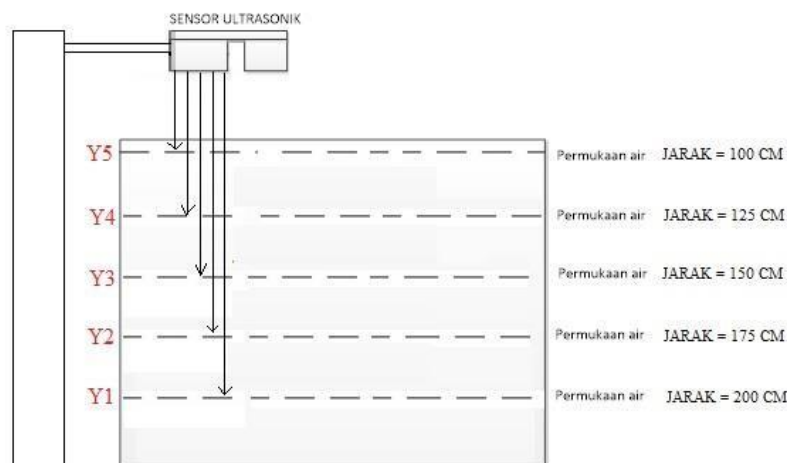
### C. Long Range (LoRa)

LoRa adalah perangkat yang dapat membentuk link komunikasi dengan jarak yang jauh [12]. LoRa dapat menjangkau 10 - 15 km pada daerah rural dan 2 - 5 km pada daerah urban. LoRa memiliki topologi jaringan star of star [13]. Pada penelitian ini, digunakan LoRa tipe SX1278. Pada penelitian ini tidak menggunakan koneksi wi-fi dari mikrokontroler ESP32 karena jangkauannya hanya maksimal  $\pm$  20 m. Kurang mendukung untuk koneksi pemantauan jarak jauh. Umumnya waduk berada di daerah rural. Untuk itu, diperlukan suatu perangkat dengan koneksi yang lebih jauh yaitu LoRa. Namun ESP32 digunakan karena lebih hemat dalam konsumsi daya, sangat sesuai untuk ditempatkan rural dimana bisa menggunakan sumberdaya batere dalam jangka waktu yang lama.

Dalam hal pengiriman data, LoRa bersifat half duplex. LoRa tidak dapat mengirimkan data secara langsung ke server namun diperlukan sebuah gateway. Gateway berfungsi sebagai jembatan dalam pengiriman data dan sebagai pengumpul data sementara dari suatu jaringan yang selanjutnya dikirimkan ke server. Fungsi gateway dilakukan oleh mikrokontroler ESP32 karena ESP32 memiliki pin GPIO dan memori flash sebesar 16 MBytes.

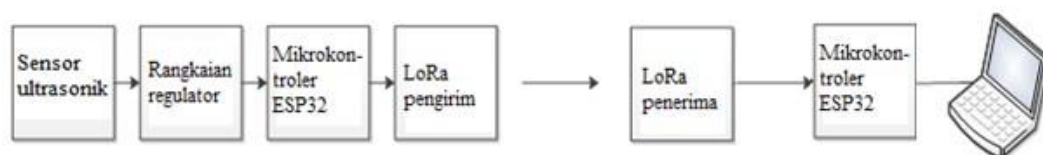
## III. METODE

Penelitian ini didesain untuk mampu mendapatkan informasi jarak permukaan air terhadap sensor. Pada proses pengukurannya, sensor ultrasonik ditempatkan diatas wadah yang berisi air. Hal ini dilakukan supaya sensor ultrasonik dapat mendeteksi permukaan air dan bukan objek didasar air. Gambar 3. merupakan ilustrasi dari posisi sensor ultrasonik pada saat proses pengukuran.



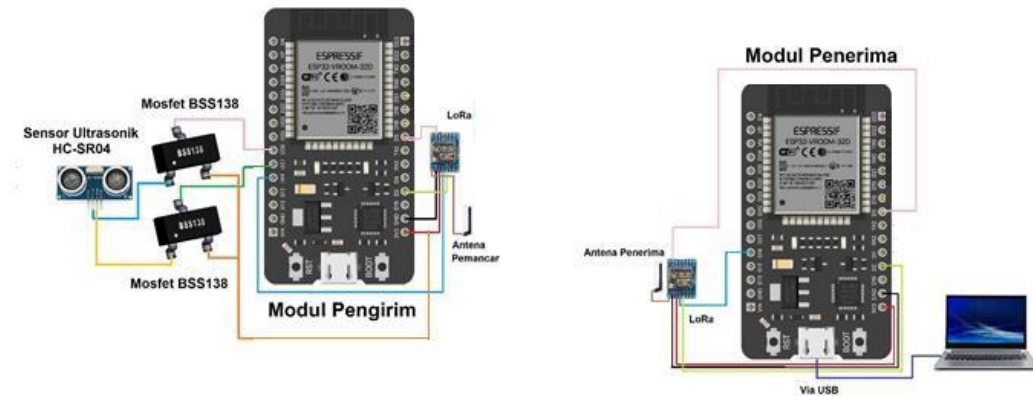
Gambar 3. Ilustrasi proses Pengukuran Permukaan Air

Rancangan penelitian digambarkan dalam bentuk blok diagram seperti Gambar 4. Terdapat 5 blok utama yaitu blok sensor, blok rangkaian regulator, blok mikrokontroler, blok LoRa pengirim dan blok LoRa penerima. Pada rancangan ini, dibutuhkan rangkaian regulator untuk step down dari 5 Volt ke 3,3 Volt. Hal ini disebabkan oleh mikrokontroler ESP32 memerlukan power sebesar 3,3 Volt. Selanjutnya pengukuran jarak deteksi objek dapat dilihat dan dipantau dari jarak yang jauh melalui laptop.



Gambar 4. Blok Diagram

Berdasarkan blok diagram pada Gambar 4 tersebut, selanjutnya dirancang skema rangkaian seperti pada Gambar 5. Pada rancangan penelitian ini menggunakan protokol MQTT (Message Queue Telemetry Transport). Protokol MQTT sangat mendukung teknologi IoT. Protokol ini mempunyai kapasitas paket data yang ringan dan konsumsi daya yang ringan. Berdasarkan karakteristik tersebut, protokol MQTT sesuai dengan jaringan komunikasi yang terbatas seperti pada rancangan penelitian ini. Untuk tampilan data pengukuran level air menggunakan Grafana. Grafana adalah sebuah program load database yang dapat diunduh secara gratis (open source) dan dijalankan pada sistem operasi Windows. Software ini dapat mengumpulkan data dan menampilkannya secara visual.



Gambar 5. Skema Rangkaian

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

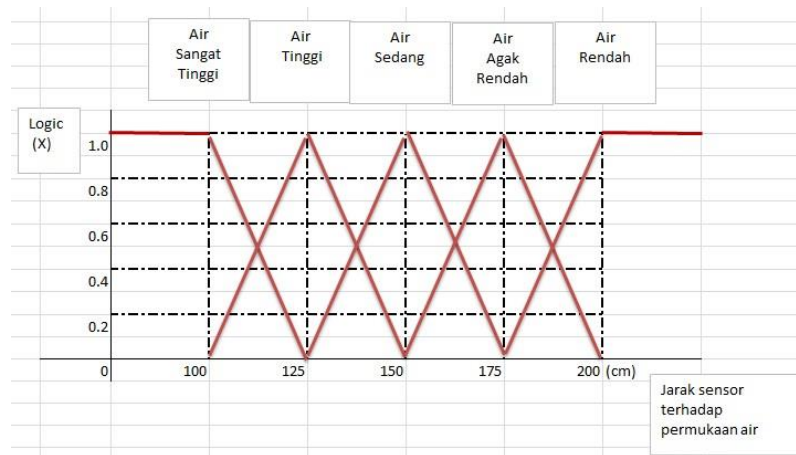
Parameter yang diukur adalah jarak deteksi dari sensor ultrasonik terhadap permukaan air. Pengujian jarak secara vertikal sebanyak 10 kali. Tabel 2 merupakan tabel pengukuran jarak deteksi terhadap permukaan air.

Tabel 2. Hasil Pengukuran Jarak Deteksi

Jarak sebenarnya sensor terhadap permukaan air (cm)	Hasil pengukuran jarak deteksi sensor terhadap permukaan air (cm)					Nilai rata-rata pengukuran (cm)	Persentase error (%)
	Percobaan ke-1	Percobaan ke-2	Percobaan ke-3	....	Percobaan ke-10		
$Y_1=200$	209,11	209,12	209,15	....	209,18	209,14	4,57
$Y_2=175$	181,13	181,14	181,16	....	181,17	181,17	3,53
$Y_3=150$	154,80	154,82	154,82	....	154,85	154,83	3,22
$Y_4=125$	128,03	128,05	128,05	....	128,06	128,05	2,44
$Y_5=100$	102,28	102,28	102,29	....	102,29	102,29	2,29
						<b>Nilai Rata-Rata</b>	<b>3,21</b>

Pembacaan data dilakukan dalam 5 level pengukuran. Untuk itu, pada penelitian ini menggunakan konsep logika fuzzy seperti terlihat pada Gambar 6.



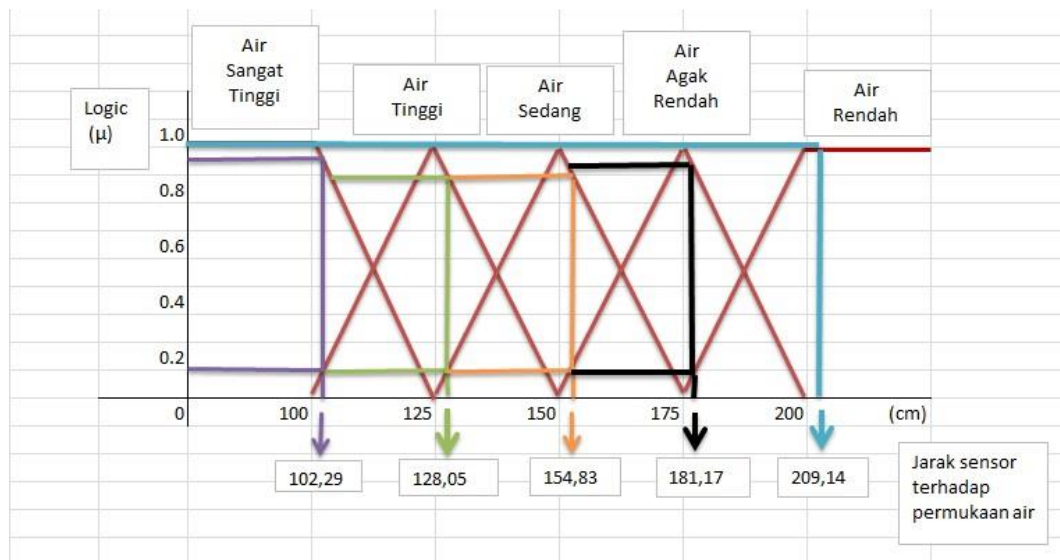


Gambar 6. Konsep Logika Fuzzy

Sehingga himpunan fuzzy seperti yang terlihat pada persamaan 1,2,3,4 dan 5.

- $\mu[209,14] = [\mu_{rendah}].....(1)$
- $\mu[181,17] = [\mu_{rendah}, \mu_{agak rendah}].....(2)$
- $\mu[154,83] = [\mu_{agak rendah}, \mu_{sedang}].....(3)$
- $\mu[128,05] = [\mu_{tinggi}, \mu_{sedang}].....(4)$
- $\mu[102,29] = [\mu_{sangat tinggi}, \mu_{tinggi}].....(5)$

Selanjutnya ditentukan derajat keanggotaan berdasarkan grafik fuzifikasi seperti yang terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Fuzifikasi

Berdasarkan grafik fuzifikasi pada Gambar 7 maka dapat ditentukan derajat keanggotaan setiap variabel. Derajat keanggotaan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Derajat Keanggotaan Grafik Fuzifikasi

Variabel	Derajat Keanggotaan	Variabel	Derajat Keanggotaan
$\mu_{rendah} [209,14]$	1		
$\mu_{rendah} [181,17]$	0,2	$\mu_{agak rendah} [181,17]$	0,92

$\mu$ agak rendah [154,83]	0,2	$\mu$ sedang [154,83]	0,9
$\mu$ tinggi [128,05]	0,9	$\mu$ sedang [128,05]	0,2
$\mu$ sangat tinggi [102,29]	0,95	$\mu$ tinggi [102,29]	0,2

Selanjutnya ditentukan  $\alpha$ -predikat yaitu nilai keanggotaan dari operasi 2 himpunan *fuzzy*. Untuk menentukan  $\alpha$ -predikat menggunakan persamaan :

$$\mu A \cap B [X] = \text{Min}(\mu A [X], \mu B [X]) \dots\dots\dots(6)$$

Maka :

$$\mu \text{ rendah } [209,14] = \text{Min}(\mu \text{ rendah } [1]) \dots\dots\dots(7)$$

$$\mu \text{ rendah} \cap \text{agak rendah } [181,17] = \text{Min}(\mu \text{ rendah } [0,2], \mu \text{ agak rendah } [0,92]) \dots\dots\dots(8)$$

$$\mu \text{ agak rendah} \cap \text{sedang } [154,83] = \text{Min}(\mu \text{ agak rendah } [0,2], \mu \text{ sedang } [0,9]) \dots\dots\dots(9)$$

$$\mu \text{ tinggi} \cap \text{sedang } [128,05] = \text{Min}(\mu \text{ tinggi } [0,9], \mu \text{ sedang } [0,2]) \dots\dots\dots(10)$$

$$\mu \text{ sangat tinggi} \cap \text{tinggi } [102,29] = \text{Min}(\mu \text{ sangat tinggi } [0,95], \mu \text{ tinggi } [0,2]) \dots\dots\dots(11)$$

Selanjutnya ditabulasi dalam tabel analisis seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisis Logika *Fuzzy*

Jarak sebenarnya (cm)	Jarak rata-rata hasil pengukuran sensor (cm)	$\alpha$ -predikat	Status
Y1=200	209,14	1	Air rendah
Y2=175	181,17	0,2	Air rendah
Y3=150	154,83	0,2	Air agak rendah
Y4=125	128,05	0,2	Air sedang
Y5=100	102,29	0,2	Air tinggi

## V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, sensor ultrasonik JSN-SR04T dapat mengukur sampai diatas 200 cm terhadap permukaan air. Pengukuran dilakukan sebanyak 10 kali dengan hasil rata-rata *error rate* 3,21%. Penelitian ini menggunakan logika *fuzzy* untuk menentukan kondisi/keadaan level ketinggian permukaan air. Berdasarkan hasil penelitian, jarak deteksi rata-rata 209,14 cm  $\alpha$ -predikat 1 status "Air rendah", jarak deteksi rata-rata 181,17 cm  $\alpha$ -predikat 0,2 status "Air rendah", jarak deteksi rata-rata 154,83 cm  $\alpha$ -predikat 0,2 status "Air agak rendah", jarak deteksi rata-rata 128,05 cm  $\alpha$ -predikat 0,2 status "Air sedang", jarak deteksi rata-rata 102,29 cm  $\alpha$ -predikat 0,2 status "Air tinggi".

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. R. B. Kencana, "Pemerintah Percepat Pembangunan Bendungan di Sumut.," Accessed on: 6 Juli, 2021
- [2] B. Harsoyo, "Analisis Faktor Penyebab Jebolnya Tanggul Situ Gintung," *Jurnal Air Indonesia*, vol. 6, no. 1, 2010.
- [3] S. Setiyadi, "ASPEK HIDROLIKA PADA BEBERAPA PENYEBAB JEBOLNYA TANGGUL SITU GINTUNG TANGERANG 30 MARET 2009.," *Jurnal Rekayasa Teknik Sipil dan Lingkungan-CENTECH*, vol. 1, no. 2, pp. 110-115, 2020.
- [4] E. Purwati, Suprayogi, A., & Hani'ah., "ANALISIS PERBANDINGAN FLUKTUASI PERUBAHAN VOLUME WADUK PENJALIN DENGAN METODE PEMERUMAN DAN PENGUKURAN ELEVASI MUKA AIR.," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 1, no. 1, 2012.
- [5] N. Pratama, Darusalam, U., & Nathasia, N. D., "Perancangan Sistem Monitoring Ketinggian Air Sebagai Pendeteksi Banjir Berbasis IoT Menggunakan Sensor Ultrasonik.," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, vol. 4, no. 1, 2020.
- [6] F. Azmi, Fawwaz, I., Muhathir, M., & Dharshinni, N., "Design of Water Level Detection Using Ultrasonic Sensor Based On Fuzzy Logic.," *JOURNAL OF INFORMATICS AND TELECOMMUNICATION ENGINEERING*, vol. 3, no. 1, pp. 142-149, 2019.

- [7] A. Amin, "MONITORING WATER LEVEL CONTROL BERBASIS ARDUINO UNO MENGGUNAKAN LCD LM016L," *EEICT*, vol. 1, no. 1, 2018.
- [8] H. Purwanto, Riyadi, M., Astuti, D. W. W., & Kusuma, I. W. A. W. , "KOMPARASI SENSOR ULTRASONIK HC-SR04 DAN JSN-SR04T UNTUK APLIKASI SISTEM DETEKSI KETINGGIAN AIR," *Jurnal SIMETRIS*, vol. 10, no. 2, pp. 717-724, 2019.
- [9] Z. Budiarmo and A. Prihandono, "Implementasi Sensor Ultrasonik Untuk Mengukur Panjang Gelombang Suara Berbasis Mikrokontroler," *Dinamik*, vol. 20, no. 2, 2015.
- [10] S. Espressif, "ESP32 Series Datasheet," *Espressif Systems*, pp. 20-50, 2019.
- [11] M. Dwiyaniti, R. N. Wardhani, and T. Zen, "Desain Sistem Pemantauan Kualitas Air Pada Perikanan Budidaya Berbasis Internet Of Things Dan Pengujiannya," *MULTINETICS*, vol. 5, no. 2, pp. 57-61, 2019.
- [12] L. Alliance, "A technical overview of LoRa and LoRaWAN," *White Paper*, November, 20, 2015.
- [13] U. Mehboob, Q. Zaib, and C. Usama, "Survey of IoT Communication Protocols Techniques, Applications, and Issues," *xFlow Research Inc, Pakistan*, 2016.