

Sistem Peringatan Dini Antisipasi Banjir Menggunakan Metode Kalman Filter dan Fuzzy Logic

Benny Supriyadi ¹, Ung Ungkawa ²

^{1,2} Program Studi Informatika, Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: Bennysupriyadi10@gmail.com

Received DD MM YYYY | Revised DD MM YYYY | Accepted DD MM YYYY

ABSTRAK

Wilayah Indonesia merupakan bagian dari wilayah tropis dengan intensitas curah hujan yang tinggi. Pada beberapa wilayah di Indonesia khususnya Wilayah Bandung sering bencana alam yaitu bila terjadi limpahan air yang cukup banyak, terjadi banjir. Peringatan dini yang dapat memprediksi terjadinya banjir diperlukan karena merupakan salah satu cara yang bisa dilakukan masyarakat agar bisa mempersiapkan diri dan meminimalisir dampak terjadinya banjir. Sistem yang dibuat untuk peringatan dini kepada masyarakat ini memerlukan data ketinggian permukaan air yang didapatkan dari hasil pengukuran alat, kemudian diolah menggunakan metode Kalman filter agar mendapatkan nilai estimasi ketinggian air. Fuzzy logic digunakan untuk melakukan prediksi status siaga banjir. Fuzzy logic digunakan karena dapat memetakan suatu ruang input ke dalam ruang output dan dapat diimplementasikan pada aplikasi sistem peringatan dini banjir.

Kata Kunci: Kalman filter, Fuzzy Logic, peringatan banjir.

ABSTRACT

Indonesian territory is a part of the tropics which has highly intensity of rainfall. In some areas of Indonesia especially Bandung area, it often has natural disasters that is caused of quite a lot of water overflow and it will become a flood. Early warning that can predict flood is needed so that the society can prepare themselves and minimize the impact of a flood. The system that is made for this early warning to the society needs surface water data that is gained from the tool measurement results, afterwards it's going to be processed by using Kalman Filter method in order to get water level estimation value. Fuzzy logic is used for doing flood alert status prediction. Fuzzy logic is used because it can map an input space into an output space and it can be implemented in flood warning system app.

Keywords: Kalman filter, Fuzzy Logic, flood warning.

1. PENDAHULUAN

Tiap tahun, curah hujan di Indonesia cukup tinggi. Hal ini menyebabkan sering terjadi bencana banjir di beberapa wilayah ketika musim penghujan tiba. Hal ini dikarenakan beberapa faktor seperti kondisi lingkungan yang rusak, penebangan hutan liar dan faktor lainnya. Bencana banjir juga telah menjadi perhatian secara nasional oleh pemerintah. Hal ini terlihat dari peran pemerintah dalam membentuk Badan Penanggulangan Bencana Nasional (BPBN) sebagai salah satu badan yang mempunyai peran dalam penanggulangan bencana di Indonesia. Telah banyak korban bencana banjir yang telah kehilangan nyawa dan harta benda (Satria, Yana, Munadi, & Syahreza, 2017).

Perlu adanya peringatan dini yang dapat menginformasikan kepada masyarakat bahwa akan terjadi banjir, agar masyarakat dapat mempersiapkan diri menghadapi banjir yang akan datang (Sadi & Putra, 2018). Dalam penyampaian informasi banjir yang bersifat darurat, dibutuhkan sebuah sistem monitoring dan peringatan ke masyarakat. Sistem monitoring harusnya dapat diakses dengan mudah, cepat, dimana saja, dan kapan saja. Pada saat ini, fenomena ketergantungan masyarakat terhadap *smartphone* semakin tinggi. Maka dari itu dibutuhkan suatu sistem peringatan dini terhadap banjir yang mudah diakses melalui *smartphone* masyarakat.

Berdasarkan uraian di atas maka dibuat sistem peringatan dini banjir memanfaatkan sensor ultrasonik pada mikrokontroler untuk mengukur ketinggian air sungai yang nantinya akan diproses dan mengeluarkan hasil berupa peringatan yang berbentuk status ketinggian muka air. Dengan menggunakan metode *Kalman filter* untuk menghitung nilai estimasi ketinggian permukaan air yang sebelumnya dilakukan pengukuran oleh sensor ultrasonic dan memberikan prediksi status ketinggian air kepada masyarakat memanfaatkan metode *fuzzy logic*.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pada sub bab ini menjelaskan tahap-tahap metodologi penelitian pada tahap pertama yaitu tahap pengolahan data Kalman filter dan fuzzy logic.

1.1. Tahap Pengolahan Data Kalman filter

Proses pertama setelah mendapatkan nilai ketinggian muka air yaitu mengestimasi nilai tersebut dengan metode Kalman filter. Maka dibuat sebuah studi kasus menggunakan contoh 10 data perhitungan ketinggian air yang di dapat dari pengukuran alat. Berikut contoh kasusnya :

Tabel 1. Data Ketinggian Air Dari Pengukuran Alat (Studi Kasus)

Sample Data Ketinggian Air (cm)									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
300	301	300	311	301	302	300	300	301	301

Kalman Filter mempunyai dua buah perhitungan yaitu Time Update dan Measurement Update. Pertama yang perlu dilakukan adalah memperkirakan berapa besar estimasi ketinggian air yang terjadi saat ini dengan bantuan persamaan pada time update berikut ini.

$$\hat{X}^- = A_{X_{k-1}} + B_{U_{k-1}} \quad (1)$$

Keterangan :

- \hat{X}_k^- = vektor sebelum waktu k
- A = vektor sebelum waktu ke k
- U = vektor yang mempengaruhi keadaan
- B = matriks kontrol

Dalam penelitian ini perhitungan dalam bentuk matriks dimensi satu karena tidak melibatkan posisi baik x maupun y. perubahan suhu pada waktu sebelumnya dengan saat ini diperkirakan tidak terlalu besar maka variabel A dianggap bernilai 1. Penelitian ini tidak memiliki matriks kontrol sehingga variabel U dianggap bernilai 0 maka dapat disimpulkan pada persamaan berikut ini.

$$\begin{aligned}\hat{X}^- &= A_{x_{k-1}} + B_{U_{k-1}} \\ \hat{X}^- &= 1 + 0 \\ \hat{X}^- &= 1\end{aligned}$$

Setelah mengetahui nilai x , selanjutnya perlu diketahui inisiasi *noise* saat ini atau waktu ke k dengan persamaan.

$$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Q \tag{2}$$

- P^- = Inisiasi *noise* pada waktu ke k
- P_{k-1} = Matriks nxn dikali P pada sebelum waktu k
- A^T = Transpose matriks nxn
- Q = Kovarian noise

$$P_k^- = AP_{k-1}A^T + Qz$$

$$P_k^- = 1 + 10^{-8}$$

Setelah mengetahui inisiasi *noise* yang terjadi, kemudian hasil ini dimasukan pada persamaan Kalman Gain. Kalman Gain pada merupakan Kalman Filter atau sebagai penentu seberapa besar koreksi yang perlu diberikan untuk model estimasi.

$$K_k = P_k^- H^T (HP_k^- H^T + R)^{-1} \tag{3}$$

Atau,

$$K_k = \frac{P_k^- H^T}{HP_k^- H^T + R} \tag{4}$$

Keterangan :

K_k = Gain Kalman waktu ke k.
 H = Matriks transformasi

$$K_1 = \frac{1 + 10^{-8}}{(1 + 10^{-8}) + 0.5}$$

$$K_1 = \frac{1 + 10^{-8}}{(1 + 10^{-8}) + 0.5}$$

$$K_1 = 0.67$$

Kemudian hasil dari Kalman Gain dimasukan ke dalam persamaan berikut untuk mendapatkan hasil estimasi pada saat ini.

$$\hat{X}_k = \hat{X}_k^- + K_k(Z_k - H\hat{X}_k^-) \quad (5)$$

Keterangan :

\hat{X}_k = Vektor pengukuran pada waktu ke k
 H = Menaksir perhitungan berikutnya

$$\hat{X}_1^- = 1 + 0.67(300 - 1)$$

$$\hat{X}_1^- = 1 + 0.67(299)$$

$$\hat{X}_1^- = 1 + 200.3$$

$$\hat{X}_1^- = 201.3$$

Vektor \hat{X}_k ini akan menjadi vector \hat{X}_{k-1} pada pembacaan atau perhitungan selanjutnya. Untuk melihat akurasi dari hasil vektor \hat{X}_k dapat dilihat dari kovarian P pada waktu ke k.

$$P_k = (1 - K_k H) P_k^- \quad (6)$$

$$P_k = (1 - K_k H) P_k^-$$

$$P_1 = (1 - 0.67)(1.00000001)$$

$$P_1 = 0.33$$

• Pembacaan ketinggian air ke-2

Inisiasi *error* didapatkan dari hasil perhitungan estimasi pada waktu ke- $K - 1$ yaitu $P_1 = 0.33$

$$K_2 = \frac{0.33}{0.33 + 0.5}$$

$$K_2 = 0.4$$

Vector \hat{X}^- pada perhitungan ke-2 diambil dari waktu ke $k - 1$, yaitu hasil vektor pengukuran pada waktu ke-1.

$$\hat{X}_k = \hat{X}_k^- + K_k(Z_k - H\hat{X}_k^-)$$

$$\hat{X}_2 = 201.3 + 0.4(301 - 201.3)$$

$$\hat{X}_2 = 201.3 + 39.9$$

$$\hat{X}_2 = 241.18$$

$$P_k = (1 - K_k H) P_k^-$$

$$P_2 = (1 - 0.4)(0.33)$$

$$P_2 = 0.2$$

• Pembacaan ketinggian air ke-3

$$K_3 = \frac{0.2}{0.2+0.5}$$

$$K_3 = 0.29$$

$$\hat{X}_3 = 241.18 + 0.29(300 - 241.18)$$

$$\hat{X}_3 = 241.18 + 17$$

$$\hat{X}_3 = 258.24$$

$$P_3 = (1 - 0.29)(0.2)$$

$$P_3 = 0.14$$

Selanjutnya sampai pembacaan air ke-10 dan mendapatkan nilai sebagai berikut. :

Tabel 2. Hasil Pengolahan Kalman Filter Terhadap Ketinggian Air

Hasil Perhitungan Kalman Filter									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
201,30	241,18	258,24	269,84	275,44	279,42	282,30	284,40	286,20	288,40

1.2. Pengolahan Data Fuzzy Logic

Berdasarkan kebutuhan sistem yang diperlukan data yang menunjang untuk mengetahui nilai ketinggian permukaan air. Untuk mengetahui status siaga berdasarkan ketinggian muka air diperlukan persentase berdasarkan kedalaman sungai menurut Analisis Bencana pada BPBD JABAR (Edwin Zulkarnain, S.IP,MAP., 2021) yang diperlihatkan Sebagai berikut :

Table 3. Klasifikasi Ketinggian Permukaan Air

Ketinggian Permukaan Air Sungai	Variabel Linguistik
80% dari kedalaman sungai	Tinggi
60% dari kedalaman sungai	Sedang
40 % dari kedalaman sungai	Rendah

➤ **Variabel Fuzzy Ketinggian Air Hilir**

Tabel 3. Merupakan perancangan ambang batas ketinggian air beserta anggota penggolongannya berdasarkan sumber dari petugas pintu air.

Table 4. Keanggotaan Himpunan Fuzzy Tinggi Air

Tinggi Air (meter)	Kadar Keanggotaan
0-5	Rendah
3-8	Sedang
>7	Tinggi

Fungsi keanggotaan dari tiap – tiap variabel dapat direpresentasikan sebagai berikut :

- Rendah (0-5 meter)

Fungsi keanggotaan untuk himpunan RENDAH pada variabel ketinggian air seperti berikut :

$$\mu[\text{Rendah}] = \{1, x \leq 3 \frac{5-x}{5-3}, 3 < x \leq 5, 0, x > 5\} \quad (1)$$

- Sedang (3-8 meter)

Fungsi keanggotaan untuk himpunan SEDANG pada variabel ketinggian air seperti berikut :

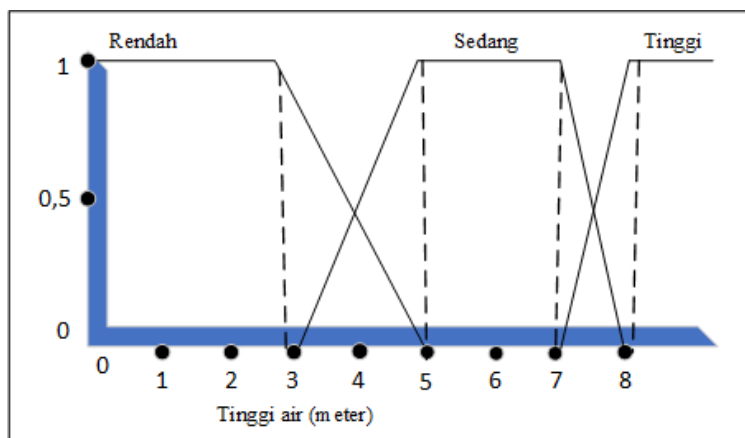
$$\mu[\text{Sedang}] = \{0, x \leq 3 \text{ atau } > 8 \frac{x-3}{5-3}, 3 < x \leq 8 \frac{8-x}{8-7}, 7 < x \leq 8\} \quad (2)$$

- Tinggi (>7 meter)

Fungsi keanggotaan untuk himpunan TINGGI pada variabel ketinggian air seperti berikut :

$$\mu[\text{tinggi}] = \{1, x > 8 \frac{x-7}{8-7}, 7 < x \leq 8, 0, x \leq 7\} \quad (3)$$

Sehingga fungsi keanggotaan himpunan fuzzy Rendah, Sedang, dan Tinggi pada Variabel ketinggian air dapat direpresentasikan seperti Gambar 3.



Gambar 1. Fungsi keanggotaan ketinggian air

➤ **Variabel Fuzzy Ketinggian Air Hulu**

Tabel 4. Merupakan ambang batas ketinggian air beserta anggota penggolongannya berdasarkan sumber dari petugas pintu air.

Table 5. Fungsi Keanggotaan Ketinggian Air Hulu

Tinggi Air (meter)	Kadar Keanggotaan
0-6	Rendah
3-10	Sedang
>7	Tinggi

Fungsi keanggotaan dari tiap tiap Variabel dapat direpresentasikan sebagai berikut :

- RENDAH (0 meter – 6 meter) Fungsi keanggotaan untuk himpunan RENDAH pada variabel ketinggian air hulu seperti berikut :

$$\mu[Rendah] = \{1, x \leq 3 \frac{6-x}{6-3}, 3 < x \leq 6 0, x > 6\}$$

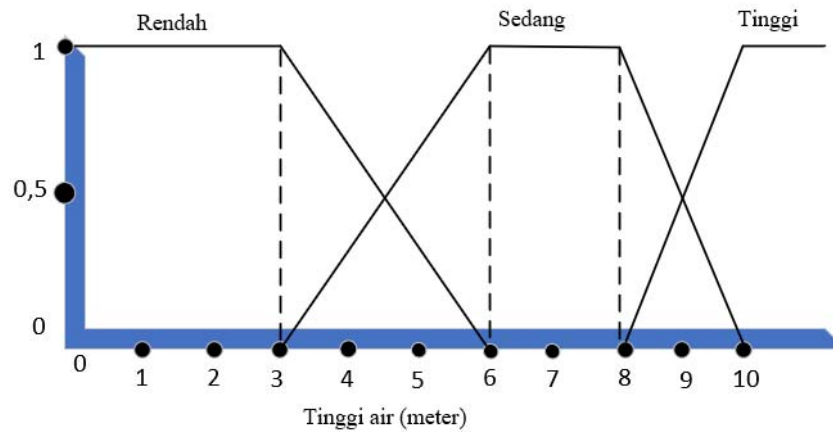
- SEDANG (3 meter – 10 meter) Fungsi keanggotaan untuk himpunan SEDANG pada variabel ketinggian air hulu seperti berikut :

$$\mu[Sedang] = \{0, x \leq 3 \text{ atau } \geq 10 \frac{x-3}{6-3}, 3 < x \leq 6 \frac{10-x}{10-6}, 6 < x \leq 10\}$$

- TINGGI (>7 meter) Fungsi keanggotaan untuk himpunan TINGGI pada variabel ketinggian air hulu seperti berikut :

$$\mu[Tinggi] = \{1, x \geq 10 \frac{x-6}{10-6}, 6 < x \leq 10 0, x \leq 6\}$$

Sehingga fungsi keanggotaan himpunan fuzzy RENDAH, SEDANG, dan TINGGI pada variabel ketinggian air hulu dapat direpresentasikan seperti Gambar 4.



Gambar 2. Fungsi Keanggotaan Ketinggian Air Hulu

➤ **Inferensi**

Dari Uraian diatas terbentuk 6 himpunan fuzzy input, yaitu : Ketinggian air rendah, Ketinggian air sedang, Ketinggian air tinggi, Ketinggian air hulu Rendah, Ketinggian air hulu Sedang, dan Ketinggian air hulu Tinggi. Ditambah dengan 4 himpunan kondisi sebagai output, yaitu : Kondisi Normal, Kondisi Waspada, Kondisi Siaga, dan Kondisi Awas

Tabel 6. Nilai Aturan Kondisi Sungai

0.2	Normal
0.4	Waspada
0.6	Siaga
0.8	Awat

Pada aturan *fuzzy* ini akan dilakukan pemberian aturan dalam *fuzzy* system yang akan dibangun dengan menggunakan perintah "IF" dan "AND" dan menghasilkan perintah "THEN". Aturan dasar *fuzzy* yang digunakan untuk menentukan Status siaga sungai pada Tabel 7.

Tabel 7. Aturan yang terbentuk pada inferensi fuzzy

Aturan	Ketinggian air hulu	Ketinggian Air hilir	Kondisi Sungai
Rule0	Rendah	Rendah	Normal
Rule1	Rendah	Sedang	Normal
Rule2	Rendah	Tinggi	Waspada
Rule3	Sedang	Rendah	Waspada
Rule4	Sedang	Sedang	Waspada
Rule5	Sedang	Tinggi	Siaga
Rule6	Tinggi	Rendah	Siaga
Rule7	Tinggi	Sedang	Siaga
Rule8	Tinggi	Tinggi	Awat

Berdasarkan sembilan aturan fuzzy tersebut, akan ditentukan nilai α untuk masing masing aturan. α adalah nilai keanggotaan anteseden dari setiap aturan. Berikut adalah langkah-

langkah untuk mengkonversi sembilan aturan fuzzy tersebut sehingga mendapat nilai α dari setiap aturan. Aturan yang digunakan adalah MIN pada fungsi implikasinya. Contoh proses inferensi dapat dilihat pada persamaan berikut :

$$\alpha\text{-predikat}_1 = \min (\mu_{\text{kadarRendah}} \wedge \mu_{\text{kadarTinggi}})$$

➤ **Defuzzifikasi**

Setelah mendapat nilai α pada masing masing aturan dan setiap kondisi variabel diketahui maka selanjutnya, dilakukan defuzzifikasi dengan cara menggunakan metode defuzzy weighted average untuk mencari nilai rata rata. Hasil dari rata rata ini yang akan nantinya menjadi output dan keputusan sistem.

- Variabel kondisi NORMAL terdiri dari rule 0 dan rule 1, sehingga dituliskan : Normal = min (rule0, rule1)
- Variabel kondisi WASPADA terdiri dari rule2 dan rule 3, rule 4, sehingga dituliskan : WASPADA = min (rule 2, rule 3, rule 4)
- Variabel kondisi SIAGA terdiri dari rule 5, rule 6, rule 7, sehingga dituliskan : SIAGA = min (rule 5, rule 6, rule 7)
- Variabel kondisi AWAS terdiri dari rule8 saja, sehingga dituliskan : AWAS = rule 8

$$Z = \frac{\alpha_{\text{pred1}} * z1 + \alpha_{\text{pred2}} * z2 + \alpha_{\text{pred3}} * z3 + \alpha_{\text{pred4}} * z4}{\alpha_{\text{pred1}} + \alpha_{\text{pred2}} + \alpha_{\text{pred3}} + \alpha_{\text{pred4}}}$$

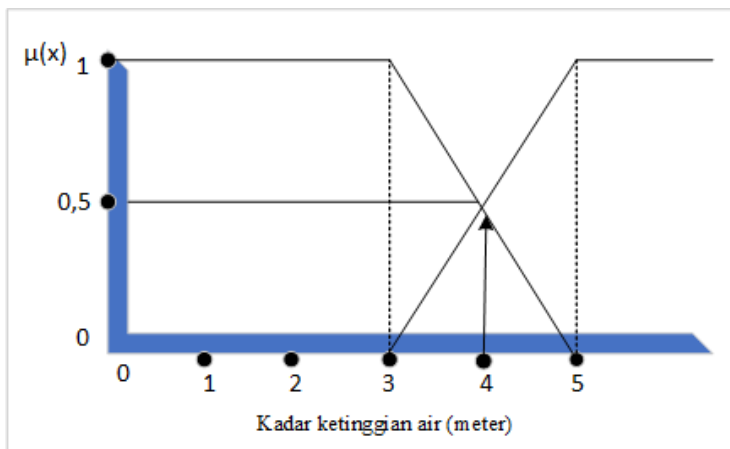
a. Studi Kasus

Sistem mendeteksi ketinggian air hulu sebesar 4 meter. Nilai dari ketinggian air hilir 4 meter Nilai dari ketinggian air hulu dan ketinggian air hilir akan diubah kedalam bentuk *fuzzy* seperti berikut :

Diketahui: Ketinggian air hulu = 4 meter
 Ketinggian air hilir = 4 meter

➤ **Fuzzifikasi Ketinggian Air Hulu**

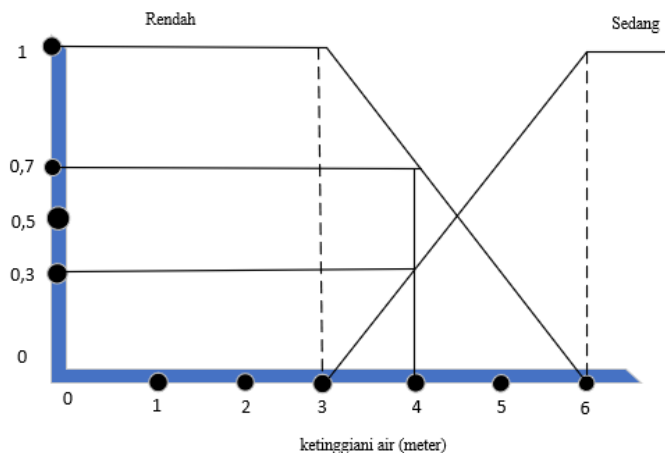
- $\mu_{\text{Ketinggian air hulu (Kadar Rendah)}} = \frac{5-4}{5-3} = \frac{1}{2} = 0.5$
- $\mu_{\text{Ketinggian air hulu (Kadar Sedang)}} = \frac{4-2}{5-3} = \frac{1}{2} = 0.5$
- $\mu_{\text{Ketinggian Air hulu (Kadar Tinggi)}} = 0$



Gambar 3. Fungsi keanggotaan variabel kadar ketinggian air pada studi kasus

➤ **Fuzzifikasi Ketinggian Air Hilir**

- $\mu_{\text{Ketinggian air Hilir (Rendah)}} : \frac{6-4}{6-3} = 0,7$
- $\mu_{\text{Ketinggian air Hilir (Sedang)}} : \frac{4-3}{6-3} = 0,3$
- $\mu_{\text{Ketinggian air Hilir (Tinggi)}} : 0$



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan variabel ketinggian air hilir pada studi kasus

➤ **Inferensi (Penerapan Rules)**

Terdapat 4 rule yang kemungkinan terjadi jika terjadi kondisi di atas yaitu :
 [Rule 0] JIKA kadar ketinggian air hilir RENDAH, dan ketinggian air hulu RENDAH, MAKA Status Air NORMAL

*Sistem Peringatan Dini Antisipasi Banjir Menggunakan Metode Kalman Filter
Dan Fuzzy Logic*

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat0} &= \min (\mu_{\text{kadarRENDAH}} \cap \mu_{\text{kadarRENDAH}}) \\ &= \min (0,7 \cap 0,5) \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

[Rule1] JIKA kadar ketinggian air hilir RENDAH, dan ketinggian air hulu SEDANG, MAKA Status Air NORMAL

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat1} &= \min (\mu_{\text{kadar RENDAH}} \cap \mu_{\text{kadarSEDANG}}) \\ &= \min (0,7 \cap 0,5) \\ &= 0,5 \end{aligned}$$

[Rule2] JIKA kadar ketinggian air hilir RENDAH, dan ketinggian air hulu TINGGI, MAKA Status Air WASPADA

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat2} &= \min (\mu_{\text{kadar SEDANG}} \cap \mu_{\text{kadarTINGGI}}) \\ &= \min (0,7 \cap 0) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Tabel 8. Perhitungan Inferensi Rule

Aturan	Ketinggian Air Hilir	Ketinggian Air Hulu	Kondisi Sungai	Hasil α -predikat
Rule0	Rendah	Rendah	Normal	0.5
Rule1	Rendah	Sedang	Normal	0.5
Rule2	Rendah	Tinggi	Waspada	0
Rule3	Sedang	Rendah	Waspada	0.3
Rule4	Sedang	Sedang	Waspada	0.3
Rule5	Sedang	Tinggi	Siaga	0
Rule6	Tinggi	Rendah	Siaga	0
Rule7	Tinggi	Sedang	Siaga	0
Rule8	Tinggi	Tinggi	Awat	0

➤ **Defuzzifikasi**

Karena α -predikat yang tidak nol hanya terdapat pada aturan : (R0), (R1), (R3), (R4), dengan menggunakan metode defuzzy weight average, maka rata-rata jumlah nilai kondisi adalah

$$Z = \frac{a_0z_0 + a_1z_1 + a_3z_3 + a_4z_4}{z_0 + z_1 + z_3 + z_4}$$

$$Z = \frac{0,5 * 0,2 + 0,5 * 0,2 + 0,3 * 0,4 + 0,3 * 0,4}{0,5 + 0,5 + 0,3 + 0,3}$$

$$Z = \frac{0,1 + 0,1 + 0,12 + 0,12}{1,6}$$

$$\begin{aligned} Z &= \frac{0,44}{1,6} = 0,275 \\ &= 0,275 \text{ (NORMAL)} \end{aligned}$$



Gambar 5. Hasil defuzzifikasi

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada sub bab berikut ini akan membahas tentang hasil pengujian terhadap sistem yang telah dibuat dan pengukuran kinerja sistem.

3.1. Pengujian Sistem Aplikasi

Pada pengujian Aplikasi adalah menguji secara fungsional pada setiap proses yang dilakukan oleh sistem. Pertama untuk melakukan pengujian ini menggunakan simulator, sungai disini digantikan menggunakan ember yang berisi air, yang nantinya akan bertambah tinggi airnya dengan cara membuka kran pengisi air. Diatas ember terdapat alat yang sudah di rangkai yaitu sensor ultrasonic, Arduino, shield GPRS dan powerbank.

Diketahui kedalaman sungai = sama dengan jarak sensor dengan dasar ember yaitu : 0.36 meter atau 36 centimeter.



Gambar 6. Simulasi pengukuran ketinggian

Berikut merupakan tampilan pada smartphone saat pengukuran. Diketahui sungai hulu mempunyai kedalaman sungai yaitu jarak sensor dengan dasar ember yaitu 0,36 meter. jarak sensor ke permukaan air yaitu 24cm dan mendapatkan ketinggian muka air 12 cm. karna

kedalaman sungai dikurangi jarak sensor ke permukaan air sungai. Ketinggian muka air 12 cm masuk ke status siaga "Rendah".

Dan diketahui sungai hilir mempunyai data yang sama dengan sungai hulu karena hanya mempunyai satu alat, jadi inputan data sungai hulu dan hilir di samakan. Karna Disungai hilir ketinggian muka air 12 cm maka status siaga "Rendah". Kemudian sesuai dengan perhitungan fuzzy logic untuk prediksi banjir, Rule0 jika ketinggian air hulu "Rendah" dan Ketinggian air Hilir "Rendah" maka Kondisi Sungai "Normal".

Persamaan Ketinggian Muka Air	
Sungai Hulu :	
Jarak Sensor ke permukaan air sungai	24 cm
Kedalaman Sungai (simulator)	0.36 m
Ketinggian Muka Air	12.0 cm
Status Siaga	Rendah
Sungai Hilir :	
Jarak Sensor ke permukaan air sungai	24 cm
Kedalaman Sungai (simulator)	0.36 m
Ketinggian Muka Air	12.0 cm
Status Siaga	Rendah
Kondisi Sungai	Normal

Gambar 7. Tampilan pada smartphone

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil aplikasi yang sudah terimplementasi, aplikasi sudah dapat menjalankan proses menghitung jarak antara sensor dengan permukaan air dan mengubahnya menjadi ketinggian muka air. Kemudian aplikasi sudah dapat mengirimkan informasi peringatan dini banjir ke smartphone, juga memberikan status siaga air dan kondisi sungai.

DAFTAR PUSTAKA

- Satria Dedi dkk. (2017). *Sistem peringatan banjir secara Realtime Berbasis Web menggunakan Arduino dan Ethernet.*
- Sadi S. & Syahputra I. (2018). *Rancang Bangun Monitoring Ketinggian Air Dan Sistem Kontrol pada Pintu Air Berbasis Arduino Dan SMS Gateway.*
- Irfan, Mohamad, Laras Purwati Ayuningtias, and Jumadi Jumadi. 2018. "Analisa Perbandingan Logic Fuzzy Metode Tsukamoto, Sugeno, Dan Mamdani (Studi Kasus : Prediksi Jumlah Pendaftar Mahasiswa Baru Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Sunan Gunung Djati Bandung)." *Jurnal Teknik Informatika 10(1): 9–16.*
- Hadi Moch. Solihud dkk. (2017). *Iot Cloud Data Logger untuk Sistem deteksi dini bencana Banjir pada permukiman penduduk Terintegrasi Media Sosial.*
- Nurdianto Arnold, Notosudjono didik, Soebagia Hasto. 2018. *Rancang Bangun Sistem Peringatan Dini Banjir (Early Warning System) Terintegrasi Internet of Things.*