

PENERAPAN *FUZZY TIME SERIES* DALAM PERAMALAN BANJIR SEBAGAI SISTEM PERINGATAN DINI PADA HULU SUNGAI BENGAWAN SOLO

Praditasari Dyah Agustin, Suryo Adi Wibowo, Nurlaily Vendyansyah

Teknik Informatika, Institut Teknologi Nasional Malang

Jalan Raya Karanglo km 2 Malang, Indonesia

praditasari.dyah61@gmail.com

ABSTRAK

Banjir sangat sering dijumpai di setiap wilayah dan hampir merata. Berbagai daerah di Indonesia masih banyak yang dilanda banjir, secara umum banjir merupakan keadaan saat daratan yang terendam atau terbenam oleh air karena volumenya yang meningkat. Pada pertengahan Februari 2023 terjadi banjir di daerah Solo yang disebabkan oleh meluapnya sungai utama yaitu Bengawan Solo. Untuk mengatasi masalah banjir, diperlukan suatu sistem yang dapat memprediksi kemungkinan terjadinya banjir dan memberikan informasi yang akurat kepada masyarakat. Dibuatnya sistem peringatan dini dengan meramalkan banjir yang diharapkan mampu memberikan informasi kepada masyarakat tentang potensi terjadinya banjir pada waktu yang dekat. Salah satu metode yang dapat digunakan yaitu *Fuzzy Time Series*. *Fuzzy time series* adalah metode yang memprediksi data runtun waktu yang dapat digunakan secara luas pada sembarang data *real time*. Hasil dari penelitian ini adalah sebuah sistem yang dapat memberikan informasi kepada masyarakat mengenai potensi banjir di Hulu Sungai Bengawan Solo. Dengan menggunakan 3 variabel antara lain: debit air, curah hujan, dan tinggi muka air sebagai pembanding dalam memprediksi terjadinya banjir pada 1 jam kedepan. Prediksi memiliki nilai *MAPE* sebesar 0.61% dan dikatakan akurat sehingga diharapkan sistem tersebut dapat berguna dan menjadi *early warning system*, agar segala bentuk kerugian dapat diminimalisir.

Kata kunci: Banjir, Sungai Bengawan Solo, Sistem Peringatan Dini, *Fuzzy Time Series*, *MAPE*

1. PENDAHULUAN

Air merupakan salah satu kekayaan alam yang sangat penting dalam penggunaan sehari-hari. Selain sebagai bagian terpenting semua makhluk hidup, air dapat menjadi pembangkit listrik (PLTA) dengan memanfaatkan derasnya aliran air pada daerah tertentu. Namun air dapat menjadi pembawa bencana yang bahkan dapat mengancam jiwa akibat krisis lingkungan. Banjir dan tanah longsor sangat sering dijumpai di setiap wilayah dan hampir merata.

Berbagai daerah di Indonesia masih banyak yang dilanda banjir, secara umum banjir merupakan keadaan saat daratan yang terendam atau terbenam oleh air karena volumenya yang meningkat[1]. Banjir dapat terjadi dari beberapa faktor antara lain, faktor alam dan faktor manusia. Faktor alam yang dapat menyebabkan banjir adalah tingginya curah hujan yang tinggi dan tidak diimbangi oleh tanah serapan yang cukup. Sedangkan faktor manusia yang dapat menyebabkan banjir adalah kelalaian menjaga kebersihan aliran air seperti membuang sampah pada sungai atau selokan sehingga air tidak dapat mengalir dan menggenang. Seperti bencana yang terjadi pada pertengahan Februari 2023 terjadi banjir di daerah Solo yang disebabkan oleh meluapnya sungai utama yaitu Bengawan Solo. Berbagai sumber dari korban yang terdampak mengatakan bahwa air cepat naik dan tidak sempat untuk mengamankan barang yang ada di rumah[2].

Untuk mengatasi masalah banjir, diperlukan suatu sistem yang dapat memprediksi kemungkinan terjadinya banjir dan memberikan informasi yang akurat kepada masyarakat. Salah satu solusi yang

dapat diterapkan adalah dengan mengimplementasikan konsep *Smart City*. Untuk mengatasi masalah banjir, diperlukan suatu sistem yang dapat memprediksi kemungkinan terjadinya banjir dan memberikan informasi yang akurat kepada masyarakat. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah dengan konsep *Smart city*. *Smart city* adalah konsep kota cerdas yang mampu mengelola sumber daya yang tersedia secara efektif dan efisien, sehingga masyarakat merasa aman, nyaman, dan bahagia[3]. Dengan pembuatan sistem peringatan dini yang dapat memberikan informasi dan ramalan akurat tentang potensi terjadinya banjir. Berdasarkan permasalahan tersebut maka penulis membuat judul “Penerapan *Fuzzy Time Series* Dalam Peramalan Banjir Sebagai Sistem Peringatan Dini Pada Hulu Sungai Bengawan Solo”.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *Smart City*

Smart City juga mencakup aspek sosial dan budaya, dengan meningkatkan partisipasi warga dalam pengambilan keputusan dan pengelolaan kota secara umum. Dengan menggunakan teknologi TIK, *Smart City* memungkinkan warga untuk terlibat dalam pembuatan kebijakan dan pengambilan keputusan yang mempengaruhi kehidupan mereka di kota[3].

2.2. Sistem Peringatan Dini

Sistem peringatan dini merupakan serangkaian sistem untuk memberitahukan akan timbulnya kejadian alam, dapat berupa bencana maupun tanda-tanda alam lainnya. Peringatan dini pada masyarakat

atas bencana merupakan tindakan memberikan informasi dengan bahasa yang mudah dicerna oleh masyarakat[4].

2.3. Sungai Bengawan Solo

Sungai Bengawan Solo merupakan sebuah sumber air yang potensial bagi usaha-usaha pengelolaan dan pengembangan sumber daya air (SDA), untuk memenuhi berbagai keperluan dan kebutuhan, antara lain untuk kebutuhan domestik, air baku air minum dan industri, irigasi dan lain-lain[5].

2.4. Peramalan

Peramalan merupakan suatu teknik untuk membuat suatu nilai pada masa yang akan datang dengan memperhatikan data masa lalu maupun data masa ini. Peramalan merupakan salah satu unsur yang sangat penting dari kegiatan pengambilan keputusan[6].

2.5. Fuzzy Time Series

Fuzzy Time Series (FTS) adalah metode yang diperkenalkan pertama kali dikembangkan oleh Song dan Chissom pada Tahun 1993. *FTS* adalah metode peramalan data yang menggunakan prinsip-prinsip *fuzzy* sebagai dasarnya. Tujuan utama dari *fuzzy time series* adalah untuk memprediksi data runtun waktu yang dapat digunakan secara luas pada sembarang data *real time*[7].

2.6. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) merupakan nilai rata – rata perbedaan absolut yang ada diantara nilai dari prediksi dan nilai realisasi yang disebutkan sebagai hasil persenan dari nilai realisasi. Penggunaan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* pada evaluasi dari hasil peramalan dapat melihat tingkat akurasi terhadap angka peramalan dan angka realisasi[8].

Nilai *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (1) Berikut :

$$MAPE = \frac{\sum |xt - yt|}{\sum xt} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan :

xt = nilai aktual

yt = nilai prediksi

n = jumlah data

Tabel 1 Range nilai MAPE

Range MAPE	Keterangan
<10%	Kompetensi Model Peramalan Sangat Baik
10-20%	Kompetensi Model Peramalan Baik
20-50%	Kompetensi Model Peramalan Layak
>50%	Kompetensi Model Peramalan Buruk

Dari tabel 1 dapat disimpulkan bahwa semakin rendah nilai *MAPE* pada suatu model peramalan dapat dikatakan baik.

2.7. Local Based Services (LBS)

LBS merupakan layanan informasi yang dapat diakses melalui *mobile device* dengan menggunakan *mobile network*, yang dilengkapi kemampuan untuk memanfaatkan lokasi dari *mobile device* tersebut[9].

2.8. Telegram Bot

Telegram Bot ini merupakan sebuah singkatan dari robot, yang dengan kata lain mempunyai arti sebagai mesin yang dapat menanggapi sebuah pesan *user* secara otomatis untuk pekerjaan yang diinginkan. Para pengembang aplikasi Telegram ini juga telah banyak menciptakan sebuah *bot-bot* Telegram yang baru, yang selalu diberi nama dengan akhiran *bot* untuk memberikan sebuah kemudahan bagi para penggunaanya untuk memanggil dan mencari suatu *bot* yang diinginkan[10].

3. METODE PENELITIAN

3.1. Perancangan Metode

Peramalan data debit air pada tanggal 15 November 2021 pukul 0.00 – 23.00, dengan metode *fuzzy time series* cheng terdapat Langkah-langkah yang harus dilakukan, sebagai berikut:

- Himpunan Semester (U)
Data aktual diurutkan terlebih dahulu sehingga mendapatkan nilai terendah ($d_{\min} = 459,22$) dan nilai tertinggi ($d_{\max} = 507,29$)
- Penentuan lebar interval
Lebar interval menggunakan distribusi frekuensi, dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - Menentukan rentang (*range*) dengan persamaan (2)

$$R = (507,29 - 459,22) = 48,07 \quad (2)$$
 - Menentukan banyaknya interval kelas dengan menggunakan Persamaan Sturges dengan persamaan (3)

$$K = 1 + 3,322 \times \log(n) \quad (3)$$

$$= 1 + 3,322 \times \log(24)$$

$$= 5.554697098 \text{ dibulatkan menjadi } 5$$
 - Menentukan lebar interval dengan persamaan (4)

$$l = \frac{R}{K} \quad (4)$$

$$= \frac{48,07}{5}$$

$$= 9.614$$

- Himpunan *fuzzy* dibentuk dengan melihat jumlah frekuensi yang berbeda, mencari nilai tengah pada setiap interval sehingga didapatkan hasil nilai seperti pada Tabel 2

Tabel 2 Himpunan Fuzzy

Batas Bawah	Batas Atas	Nilai Tengah	Jangkauan
459.215	468.829	464.022	A1
468.829	478.443	473.636	A2
478.443	488.057	483.25	A3
488.057	497.671	492.864	A4
497.671	507.285	502.478	A5

3. Tahap fuzzifikasi berdasarkan banyaknya interval yang terbentuk. Hasil fuzzifikasi data dapat dilihat pada Tabel 3

Tabel 3 Hasil Fuzzifikasi

Tanggal	Data Aktual Debit Air	Fuzzifikasi
11/15/21 0:00	505.77	A5
11/15/21 1:00	507.29	A5
11/15/21 2:00	503.71	A5
11/15/21 3:00	500.79	A5
11/15/21 4:00	497.17	A4
11/15/21 5:00	496.01	A4
11/15/21 6:00	492.77	A4
11/15/21 7:00	490.30	A4
11/15/21 8:00	488.05	A3
11/15/21 9:00	476.45	A2
11/15/21 10:00	470.09	A2
11/15/21 11:00	467.38	A1
11/15/21 12:00	466.36	A1
11/15/21 13:00	464.48	A1
11/15/21 14:00	465.87	A1
11/15/21 15:00	462.64	A1
11/15/21 16:00	460.92	A1
11/15/21 17:00	462.06	A1
11/15/21 18:00	460.49	A1
11/15/21 19:00	459.22	A1
11/15/21 20:00	461.35	A1
11/15/21 21:00	462.92	A1
11/15/21 22:00	463.90	A1
11/15/21 23:00	459.60	A1

4. Setelah diperoleh data fuzzifikasi maka untuk menentukan *Fuzzy Logical Relationship* (FLR) yaitu mencari *current state* dan *next state*. *Current state* didapatkan berdasarkan nilai fuzzifikasi pada data sebelumnya, sedangkan untuk *next state* adalah nilai fuzzifikasi pada data itu sendiri. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4

Tabel 4 Fuzzy Logical Relationship (FLR)

Tanggal	Data Aktual Debit Air	Fuzifikasi	FLR
11/15/21 0:00	505.77	A5	NA → A5
11/15/21 1:00	507.29	A5	A5 → A5
11/15/21 2:00	503.71	A5	A5 → A5
11/15/21 3:00	500.79	A5	A5 → A5
11/15/21 4:00	497.17	A4	A5 → A4
11/15/21 5:00	496.01	A4	A4 → A4
11/15/21 6:00	492.77	A4	A4 → A4
11/15/21 7:00	490.30	A4	A4 → A4
11/15/21 8:00	488.05	A3	A4 → A3

Tanggal	Data Aktual Debit Air	Fuzifikasi	FLR
11/15/21 9:00	476.45	A2	A3 → A2
11/15/21 10:00	470.09	A2	A2 → A2
11/15/21 11:00	467.38	A1	A2 → A1
11/15/21 12:00	466.36	A1	A1 → A1
11/15/21 13:00	464.48	A1	A1 → A1
11/15/21 14:00	465.87	A1	A1 → A1
11/15/21 15:00	462.64	A1	A1 → A1
11/15/21 16:00	460.92	A1	A1 → A1
11/15/21 17:00	462.06	A1	A1 → A1
11/15/21 18:00	460.49	A1	A1 → A1
11/15/21 19:00	459.22	A1	A1 → A1
11/15/21 20:00	461.35	A1	A1 → A1
11/15/21 21:00	462.92	A1	A1 → A1
11/15/21 22:00	463.90	A1	A1 → A1
11/15/21 23:00	459.60	A1	A1 → A1

5. Dalam proses defuzzifikasi terdapat 2 cara yaitu pertama, mencari nilai tengah pada setiap interval dan kedua, menghitung nilai peramalan. Hasil defuzzifikasi dapat dilihat pada Tabel 5

Tabel 5 FLRG dan Defuzzifikasi

Current State	Next State	Perhitungan
A1		464.022
	A1	
A2		468.829
	A1	
	A2	
A3		473.636
	A2	
A4		488.057
	A3	
	A4	
A5		497.671
	A4	
	A5	

6. Nilai Peramalan
Hasil peramalan pada tanggal 15 November 2021 dari pukul 0.00 – 23.00 dapat dilihat pada Tabel 6

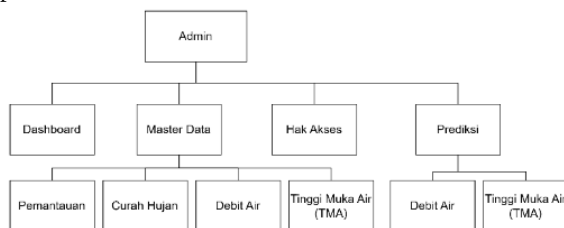
Tabel 6 Hasil Peramalan

Tanggal	Data Aktual	Data Ramalan
11/15/21 0:00	505.77	
11/15/21 1:00	507.29	497.671
11/15/21 2:00	503.71	497.671
11/15/21 3:00	500.79	497.671
11/15/21 4:00	497.17	497.671
11/15/21 5:00	496.01	488.057
11/15/21 6:00	492.77	488.057
11/15/21 7:00	490.30	488.057
11/15/21 8:00	488.05	488.057
11/15/21 9:00	476.45	473.636
11/15/21 10:00	470.09	468.829
11/15/21 11:00	467.38	468.829
11/15/21 12:00	466.36	464.022
11/15/21 13:00	464.48	464.022
11/15/21 14:00	465.87	464.022
11/15/21 15:00	462.64	464.022
11/15/21 16:00	460.92	464.022

Tanggal	Data Aktual	Data Ramalan
11/15/21 17:00	462.06	464.022
11/15/21 18:00	460.49	464.022
11/15/21 19:00	459.22	464.022
11/15/21 20:00	461.35	464.022
11/15/21 21:00	462.92	464.022
11/15/21 22:00	463.90	464.022
11/15/21 23:00	459.60	464.022

3.2. Struktur Menu Admin

Pada gambar 1 merupakan struktur menu admin dan untuk dapat mengakses fitur-fitur tersebut, diharuskan *login* terlebih dahulu. Setelah *login* berhasil maka admin dapat mengakses menu *dashboard*, master data, pemantauan, hak akses, dan prediksi.



Gambar 1 Struktur menu admin

Berikut fungsi menu pada admin :

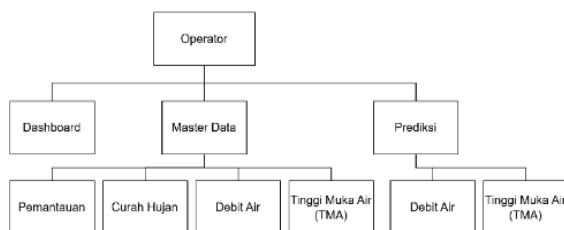
Dashboard : halaman utama

Master data : sub menu pemantauan, curah hujan, debit air, tinggi muka air

Hak akses : data seluruh akses operator

Prediksi : seluruh proses prediksi banjir meliputi curah hujan, debit air, dan tinggi muka air.

3.3. Struktur Menu Operator



Gambar 2 Struktur menu operator

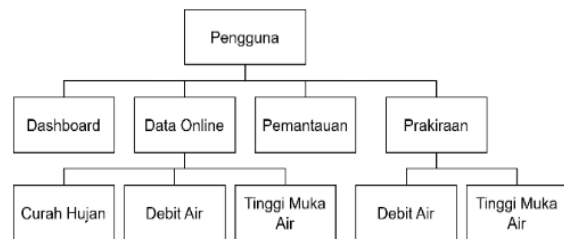
Dapat dilihat pada gambar 2, ketika akan mengakses fitur-fitur tersebut, diharuskan *login* terlebih dahulu. Setelah *login* berhasil maka operator dapat mengakses menu *dashboard*, master data, pemantauan, dan prediksi. Berikut fungsi menu pada operator :

Dashboard : halaman utama

Master data : sub menu pemantauan, curah hujan, debit air, tinggi muka air

Prediksi : seluruh proses prediksi banjir meliputi curah hujan, debit air, dan tinggi muka air

3.4. Struktur Menu Pengguna



Gambar 3 Struktur menu pengguna

Pada gambar 3 Ketika akan mengakses fitur-fitur tersebut, tidak diharuskan *login* terlebih dahulu. Pengguna dapat mengakses menu *dashboard*, data online, pemantauan, prakiraan. Berikut fungsi menu pada pengguna:

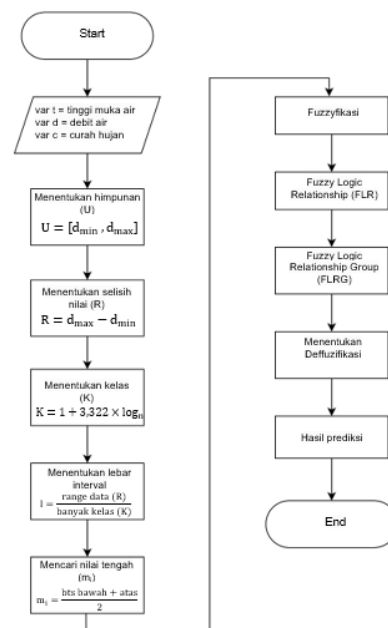
Dashboard : halaman utama

Data online : sub menu pemantauan, curah hujan, debit air, tinggi muka air

Pemantauan : data seluruh pemantauan sungai

Prakiraan : informasi prediksi banjir 1 jam kedepan

3.5. Flowchart Metode

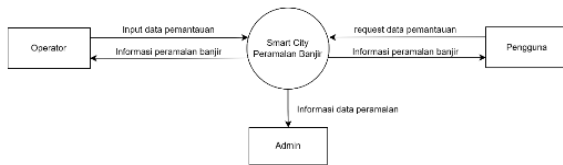


Gambar 6 Flowchart metode

Pada gambar 6 terdapat 3 variabel tinggi muka air (t), debit air (d), curah hujan (c). Masing-masing variabel mencari nilai minimal dan nilai maksimal. Setelah itu mencari banyaknya interval dan lebar interval. Dilakukan proses fuzzifikasi dengan interval yang telah ditetapkan. Proses *FLR*(Fuzzy Logic Relationship) dengan mencari jalur saat ini dan jalur selanjutnya. Proses *FLRG*(Fuzzy Logic Relationship Group) dengan melakukan pengelompokkan sesuai jalur *FLR*. Defuzzifikasi adalah proses menterjemahkan nilai dari dari *FLRG*, sehingga

menghasilkan 3 output/nilai peramalan dari masing-masing variabel. Nilai tersebut selanjutnya dibandingkan dengan ambang batas aman yang telah ditetapkan untuk menentukan status siaga (hijau, kuning, atau merah).

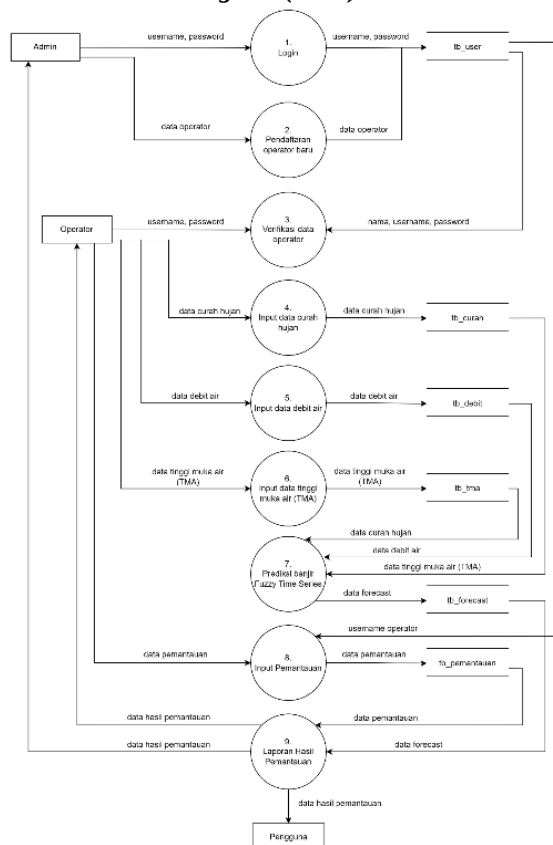
3.6. Data Flow Diagram (DFD) level 0



Gambar 4 DFD level 0

Pada gambar 4 Menjelaskan ketika operator memasukkan data curah hujan, debit air dan tinggi muka air pada sistem prediksi siaga banjir. Selain itu, operator juga dapat mengolah data pemantauan yang terjadi di lapangan. Ketika pengguna mengakses sistem prediksi siaga banjir, sistem tersebut akan memberikan informasi hasil pemantauan dan prediksi sungai 1 jam kemudian. Admin menerima informasi data peramalan dan data pemantauan.

3.7. Data Flow Diagram (DFD) level 1



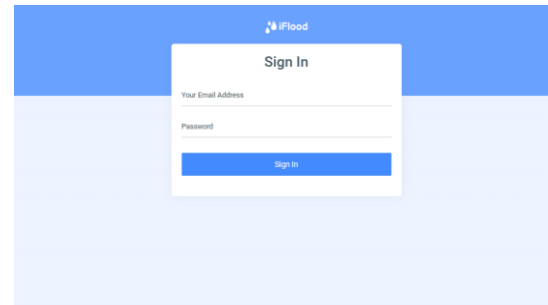
Gambar 5 DFD level 1

Pada gambar 5 menjelaskan alur dari sistem peramalan banjir, pertama admin memasukkan data operator baru, operator memasukkan data-data berupa curah hujan, debit air, dan tinggi muka air (TMA).

Setelah data-data tersebut diinputkan, sistem akan meramalkan prediksi untuk 1 jam kedepan, apakah siaga hijau, kuning, atau merah. Operator melakukan pemantauan harian di wilayah sungai dan data pemantauan akan digabungkan dengan ketiga data diatas untuk dijadikan laporan pemantauan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

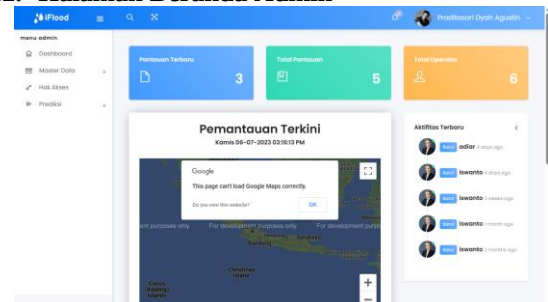
4.1. Halaman Login



Gambar 7 Login

Pada halaman *login* ini digunakan untuk admin dan para operator dalam mengakses ke beberapa menu sesuai dengan *role* masing-masing. Sedangkan pengguna tidak memerlukan *login* untuk dapat mengakses tampilan *frontend*.

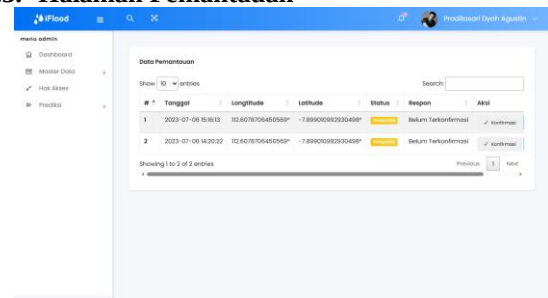
4.2. Halaman Beranda Admin



Gambar 8 Beranda admin

Pada tampilan halaman beranda pada *role* admin, terdapat jumlah laporan baru, total laporan, dan total operator. Selain itu terdapat pelaporan terbaru yang telah dilaporkan oleh petugas lapangan.

4.3. Halaman Pemantauan

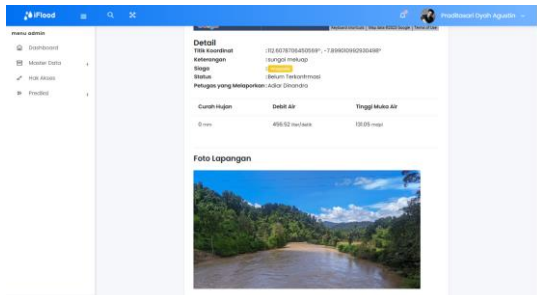


Gambar 9 Pemantauan admin

Pada halaman pemantauan, admin hanya dapat mengkonfirmasi, mengubah dan menghapus data

pelaporan tersebut. Sedangkan operator lapangan dapat mengolah data meliputi menambah, mengubah serta menghapus data pelaporan.

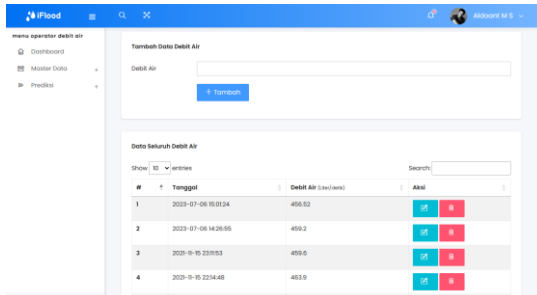
4.4. Halaman Detail Pemantauan



Gambar 10 Detail pemantauan admin

Pada detail pemantauan yang dapat diakses oleh seluruh *role* yang terdaftar. Informasi berupa status siaga, titik koordinat, curah hujan, debit air, dan tinggi muka air pada waktu itu terlampir pada detail tersebut.

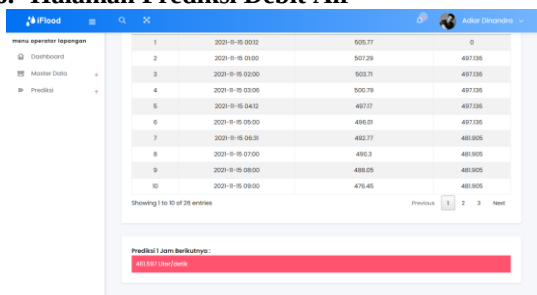
4.5. Halaman Debit Air



Gambar 11 debit air admin

Pada halaman debit air yang dapat diakses oleh seluruh *role*, namun hanya operator dengan *role* tertentu yang dapat mengolah data berupa tambah, ubah, dan hapus data tersebut. Selain *role* itu hanya dapat melihat data.

4.6. Halaman Prediksi Debit Air



Gambar 12 Prediksi debit air admin

Tampilan proses prediksi data debit air, dalam memprediksi menggunakan metode *fuzzy time series* terdapat beberapa proses yaitu *fuzzifikasi*, *fuzzy logic relationship*, *fuzzy logic relationship group*, *defuzzifikasi*. Semua proses tertera pada halaman ini.

4.7. Notifikasi Telegram Bot Kondisi Waspada

Berikut adalah tampilan pesan waspada yang dikirim *bot* telegram dapat dilihat pada Gambar 13



Gambar 13 Kondisi waspada

Pada gambar 13 merupakan pesan yang terkirim melalui *bot* yang ada di telegram. Pesan ini memuat informasi berupa nilai debit air, tinggi muka air, dan curah hujan yang telah diprediksi untuk 1 jam kedepan. Selain itu juga terdapat status waspada yang berarti masuk dalam siaga kuning yang berarti waspada. Waspada merupakan status siaga kuning terendah

4.8. Notifikasi Telegram Bot Kondisi Siaga

Berikut adalah tampilan pesan siaga yang dikirim *bot* telegram dapat dilihat pada Gambar 14



Gambar 14 Kondisi siaga

Pada gambar 14 merupakan pesan yang terkirim melalui *bot* yang ada di telegram. Siaga merupakan status kuning tertinggi dibandingkan dengan level 'waspada'. Pesan ini memuat informasi berupa nilai debit air, tinggi muka air, dan curah hujan yang telah diprediksi untuk 1 jam kedepan. Selain itu juga terdapat status waspada yang berarti masuk dalam siaga kuning yang berarti siaga.

4.9. Notifikasi Telegram Bot Kondisi Bahaya

Berikut adalah tampilan pesan bahaya yang dikirim *bot* telegram dapat dilihat pada Gambar 15



Gambar 15 Kondisi bahaya

Pada gambar 15 merupakan pesan yang terkirim melalui *bot* yang ada di telegram. Pesan ini memuat informasi berupa nilai debit air, tinggi muka air, dan curah hujan yang telah diprediksi untuk 1 jam kedepan. Selain itu juga terdapat status bahaya yang berarti masuk dalam siaga merah yang berarti bahaya.

4.10. Notifikasi Telegram Bot Kondisi Awes

Berikut adalah tampilan pesan awes yang dikirim *bot* telegram dapat dilihat pada Gambar 16



Gambar 16 Kondisi awes

Pada gambar 16 merupakan pesan yang terkirim melalui *bot* yang ada di telegram. Awes merupakan status siaga yang paling tinggi diantara 5 level siaga banjir. Pesan ini memuat informasi berupa nilai debit air, tinggi muka air, dan curah hujan yang telah diprediksi untuk 1 jam kedepan. Selain itu juga terdapat status bahaya yang berarti masuk dalam siaga merah yang berarti awes.

4.11. Pengujian Metode

Tabel 7 Pengujian metode

Tanggal	Data Aktual Debit Air	Data Ramalan Debit Air	MAPE
11/15/21 0:00	505.77		
11/15/21 1:00	507.29	497.671	1.90

Tanggal	Data Aktual Debit Air	Data Ramalan Debit Air	MAPE
11/15/21 2:00	503.71	497.671	1.20
11/15/21 3:00	500.79	497.671	0.62
11/15/21 4:00	497.17	497.671	0.10
11/15/21 5:00	496.01	488.057	1.60
11/15/21 6:00	492.77	488.057	0.96
11/15/21 7:00	490.30	488.057	0.46
11/15/21 8:00	488.05	488.057	0.00
11/15/21 9:00	476.45	473.636	0.59
11/15/21 10:00	470.09	468.829	0.27
11/15/21 11:00	467.38	468.829	0.31
11/15/21 12:00	466.36	464.022	0.50
11/15/21 13:00	464.48	464.022	0.10
11/15/21 14:00	465.87	464.022	0.40
11/15/21 15:00	462.64	464.022	0.30
11/15/21 16:00	460.92	464.022	0.67
11/15/21 17:00	462.06	464.022	0.42
11/15/21 18:00	460.49	464.022	0.77
11/15/21 19:00	459.22	464.022	1.05
11/15/21 20:00	461.35	464.022	0.58
11/15/21 21:00	462.92	464.022	0.24
11/15/21 22:00	463.90	464.022	0.03
11/15/21 23:00	459.60	464.022	0.96
MAPE (%)			0.61

Pada tabel 7 Pengujian dilakukan pada data sampel 15 November 2021 dari pukul 0.00 hingga 15 November 2021 pukul 23.00. Data yang digunakan sebanyak 24 data dan dilakukan perhitungan menggunakan *fuzzy time series*. Hasil data prediksi jika dibanding dengan data aktual, maka mendapatkan nilai *mape* <10%. Sehingga perhitungan tersebut dapat dikatakan akurat.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat diambil pada penelitian ini adalah metode *fuzzy time series* dapat diterapkan pada peramalan banjir dan menghasilkan *mape* sebesar 0.61% yang dapat dikatakan akurat karena dibawah 10%. Adapun saran untuk penelitian selanjutnya yaitu dalam memprediksi banjir dapat ditambahkan beberapa variabel lainnya, seperti: kelembaban tanah, kemiringan lereng. Semakin banyak variabel pendukung, maka hasil prediksi lebih baik dan akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. S. Putri, "Apa Itu Banjir? Definisi, Penyebab dan Dampak," Kompas, Jan. 03, 2020. <https://www.kompas.com/skola/read/2020/01/03/060000269/apa-itu-banjir-definisi-penyebab-dan-dampak?page=all#> (accessed Apr. 04, 2023).
- [2] T. detikJateng, "Banjir Bengawan Solo Hari Ini: Lokasi, Dampak, hingga Kondisi Terkini," Detik News, Feb. 18, 2023. <https://news.detik.com/berita/d-6576154/banjir-bengawan-solo-hari-ini-lokasi-dampak-hingga-kondisi-terkini> (accessed Apr. 04, 2023).

- [3] Y. Andina, "Smart City: Solusi Digital untuk Masa Depan yang Lebih Baik," 1000StartupDigital, Nov. 22, 2021. <https://1000startupdigital.id/smart-city-solusi-digital-untuk-masa-depan-yang-lebih-baik/> (accessed Apr. 03, 2023).
- [4] A. W. Finaka, "Pentingnya Sistem Peringatan Dini Bencana," Indonesiabaik.id, 2018. <https://indonesiabaik.id/infografis/pentingnya-sistem-peringatan-dini-bencana> (accessed Aug. 01, 2023).
- [5] I. Balai et al., "Database Informasi Sumber Daya Air TAHUN 2021," 2021.
- [6] Trivusi, "Penjelasan Lengkap Mengenai Logika Fuzzy (Fuzzy Logic)," Trivusi, Oct. 09, 2022. <https://www.trivusi.web.id/2022/05/pengertian-fuzzy-logic.html> (accessed Apr. 04, 2023).
- [7] E. H. BRILIANT, "Peramalan Menggunakan Metode Fuzzy Time Series Cheng," Medium, Jan. 05, 2019. <https://medium.com/@16611077/peramalan-menggunakan-metode-fuzzy-time-series-cheng-d5d323de176d> (accessed Apr. 04, 2023).
- [8] I. Nabillah and I. Ranggadara, "Mean Absolute Percentage Error untuk Evaluasi Hasil Prediksi Komoditas Laut," JOINS (Journal of Information System), vol. 5, no. 2, pp. 250–255, Nov. 2020, doi: 10.33633/joins.v5i2.3900.
- [9] O. H. Sijabat, "Pemanfaatan Teknologi Location Based Service dalam Pengembangan Bisnis," Kompasiana, Apr. 06, 2021. <https://www.kompasiana.com/owinhsij/606b404ad541df773b4ae662/pemanfaatan-teknologi-location-based-service-dalam-pengembangan-bisnis> (accessed Apr. 04, 2023).
- [10] R. Ardiyansyah, "Apa Itu Bot Telegram? Berikut Panduan Cara Menggunakannya," Loop.co.id, Aug. 28, 2023. <https://loop.co.id/bot-telegram/> (accessed Aug. 07, 2023).