

# SISTEM MANAJEMEN BANJIR TERINTEGRASI (SUB BAB : EMERGENCY DAN EVAKUASI DENGAN LOGIKA FUZZY)

Putri Setiajeng Sesulih<sup>1</sup>, Ir. Wahjoe Tjatur Sesulihatien MT<sup>2</sup>, Arna Fariza S.Kom, M.Kom<sup>2</sup>  
Mahasiswa<sup>1</sup>, Dosen<sup>2</sup>

Politeknik Elektronika Negeri Surabaya  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Kampus PENS-ITS Keputih Sukolilo Surabaya 60111  
Telp (+62)31-5947280, 5946114, Fax. (+62)31-5946114

## Abstrak

Dalam proyek akhir ini dibuat sebuah aplikasi berbasis SIG untuk management emergency dan evakuasi bencana banjir. Aplikasi ini dikhususkan untuk daerah yang rawan banjir dan akan memberikan informasi status siaga banjir, kapan serta kemana masyarakat terdampak harus dievakuasi. Untuk membuat *decision support system* status emergency dalam aplikasi ini, digunakan data atribut yang mengklasifikasikan kondisi berdasarkan TMA (Tinggi Muka Air), jarak, dan ketinggian. Data tersebut menjadi variabel-variabel yang akan diolah menggunakan logika fuzzy dengan *rule expert*, sehingga dapat menghasilkan kondisi emergency banjir apakah siaga hijau, siaga kuning dan siaga merah. Hasil dari status emergency logika fuzzy akan dibandingkan dengan pembangkitan otomatis menggunakan algoritma *rule induction*. Semua aplikasi ini diharapkan dapat memberikan informasi prosedur darurat dan evakuasi saat terjadi banjir. Selain itu, aplikasi ini akan diintegrasikan dengan sensor yang akan diletakkan pada tepian sungai dan mengirimkan nilai TMA melalui SMS Gateway serta aplikasi lain yang akan memberikan prediksi banjir di daerah yang sama. Untuk tahap pembangunannya, digunakan beberapa teknologi yang sesuai yaitu MapServer sebagai web server, php, html, javascript serta PostgreSQL. Output dari seluruh system ini akan ditampilkan dalam bentuk peta-peta yang berbasis web. Dengan demikian aplikasi ini diharapkan akan mudah difungsikan oleh masyarakat.

**Kata Kunci :** *Sistem Informasi Geografis, emergency, evakuasi, algoritma rule induction, aturan otomatis, logika fuzzy, SMS Gateway*

## 1. Pendahuluan

Tidak dipungkiri lagi bahwa bencana banjir adalah salah satu bencana tahunan yang terjadi di Indonesia. Banyak daerah yang menjadi langganan bencana banjir, salah satunya adalah daerah bantaran sungai Bengawan Solo. Padahal, daerah bantaran tersebut merupakan daerah yang tidak padat penduduk dan juga memiliki tingkat penyerapan air yang baik. Jika tiap tahun bencana banjir tetap terjadi tanpa adanya sebuah upaya penanggulangan, maka dapat dibayangkan berapa banyak kerugian yang dialami oleh masyarakat yang tinggal di daerah tersebut.

Berdasarkan data pada Kantor Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) setempat, tercatat ada 144 desa yang tersebar di 15 kecamatan selalu menjadi langganan banjir Bengawan Solo. Data tersebut di inventaris berdasarkan pengalaman banjir Bengawan Solo di tahun-tahun sebelumnya. Melihat banyaknya daerah yang menjadi langganan banjir tersebut, perlu adanya sebuah tindakan penanganan dan informasi terhadap bencana banjir, sehingga dapat mengurangi korban maupun kerugian yang ditimbulkan.

Permasalahan diatas sangat terkait dengan Sistem Informasi Geografis yang saat ini tengah banyak dikembangkan baik di dalam maupun di luar negeri. SIG dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan yang terkait dengan bencana alam,

sehingga akan dengan mudah melakukan pemodelan terhadap banjir yang akan terjadi di daerah Bengawan Solo. Selain dapat memodelkan bencana banjir, dengan SIG juga dapat dianalisa daerah mana yang cocok menjadi tempat evakuasi. Dengan demikian dibuatlah aplikasi yang dapat memberikan visualisasi terhadap banjir dengan studi kasus sungai Bengawan Solo, karena daerah tersebut adalah daerah yang paling sering terjadi banjir dan memberikan informasi tentang status siaga banjir dan kemana masyarakat harus dievakuasi. Dan diharapkan aplikasi ini dapat membantu untuk mengurangi jumlah korban dan kerugian akibat banjir, karena telah diberikan informasi penanganan bencana banjir pada masyarakat.

## 2. Penelitian Terkait

### 2.1 SIG Untuk Penanganan Bencana Banjir

Mengacu pada paper "GIS and local knowledge in disaster management: a case study of flood risk mapping in Viet Nam", Phong Tran, International Environment and Disaster Management Lab, 2008, GIS digunakan sebagai pengintegrasian teknologi dan pengetahuan umum yang berupa catatan kejadian bencana ke dalam suatu sistem informasi manajemen bencana. GIS digunakan karena dengan GIS kita mampu mendapatkan visualisasi dan memodelkan kondisi bencana banjir tersebut. Selain itu dengan GIS Map memiliki kelebihan dibanding Map atau peta

konvensional diantaranya fleksibilitas dan kemudahan menggambarkan kondisi riil serta parameter yang ingin kita tampilkan bisa langsung terlihat.

Dari diagram diatas terlihat bahwa data inputan yang dibutuhkan berupa Satellite image, Hydrology, Topographic, Transportation sistem, land cover, land use, data-data inilah yang nantinya diproses secara GIS sehingga membentuk sebuah Integrated Flood Risk Hazard Map ( Sistem Informasi Manajemen Bencana Banjir terintegrasi ), yang di dalamnya terdapat peta digital lokasi bencana banjir, Pemetaan bahaya serta evakuasinya.

Setelah didapatkan Pemetaanya kemudian dilakukan pengumpulan data-data history dan juga data variabel inputan diantaranya, Flood Levels, Private House Conditions, et. Inputan varibel ini nantinya juga diproses sehingga membentuk data keluaran berupa daerah-daerah rawan bencana dengan tingkat atau level bahayanya, yang kemudian dimanfaatkan ketika terjadi bencana secara langsung.

Setelah semua variabel telah diintegrasikan, kemudian diambil sebuah tindakan sesuai dengan standart operation procedure ( SOP ),inilah yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam membangun sistem informasi berbasis GIS untuk bencana banjir.

## 2.2 Manajemen dan Evakuasi Bencana

Sebelumnya juga telah dibuat sebuah proyek yang juga memiliki beberapa kesamaan dengan proyek akhir ini, yaitu : “Manajemen Emergency dan Evakuasi untuk Bencana Banjir”, Andi Dwi laksono, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya ITS,2010. Pada proyek akhir ini membangun sebuah SIG untuk memberikan informasi secara visualiasi dan membantu pengambilan keputusan saat terjadi banjir serta memberikan rekomendasi proses evakuasi. Dalam menentukan status kondisi banjir (siaga 1,2,3) digunakan algoritma *Decision Tree*. Algoritma *Decision Tree* merupakan algoritma pengambilan keputusan dengan mengubah data menjadi pohon keputusan (decision tree) dan aturan keputusan (rule) yang kemudian bisa dilakukan penyederhanaan rule (pruning) jika diperlukan.

## 2.3 Kontribusi Proyek Pada Penelitian Sebelumnya

Sedangkan pada proyek ini, membuat SIG untuk menentukan status siaga dan manajemen evakuasi yang memanfaatkan logika fuzzy sebagai *decision support system*. Logika fuzzy yang digunakan adalah perbandingan hasil antara *rule expert* dari data history dengan pembangkitan aturan otomatis menggunakan algoritma *rule induction*. Diharapkan dengan dilakukannya metode ini, dapat diambil keputusan yang terbaik

untuk menentukan status siaga dalam system ini. Keunikan system ini adalah menggabungkan antara teknologi SIG dengan metode pengambilan keputusan. Dan pembangkitan rule berdasarkan data yang diberikan UPT PSDAWS juga merupakan sebuah hal baru yang akan membantu menentukan status siaga. Selain itu, system ini akan di integrasikan dengan sensor yang akan diletakkan pada tepi sungai Bengawan Solo. Sensor ini dikerjakan oleh Ma'rifin Ardiansyah, Teknik Elektronika, dalam proyek akhir dengan judul Sistem Informasi Bencana Banjir (Akuisisi Data Multiple Sensor ), 2007. Sensor ini akan mengirimkan nilai TMA yang merupakan salah satu variabel yang akan diolah dengan logika fuzzy. Pengiriman nilai TMA oleh sensor dikirim melalui SMS Gateway. Integrasi lainnya adalah dengan aplikasi prediksi banjir yang hasilnya akan ditampilkan pula pada system ini. Aplikasi prediksi ini dikerjakan oleh Ratih Febrianty, Teknik Informatika, dalam proyek akhir dengan judul Pemrosesan Citra Satelit dan Pemodelan Untuk Memprediksi Penyebaran Banjir Bengawan Solo Menggunakan Metode Navier Stokes, 2007.

## 3. Teori penunjang

### 3.1 Logika Fuzzy

Fuzzy set pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Zadeh, 1965 dalam papernya yang monumental. Pada paper disebut dipaparkan ide dasar fuzzy set yang meliputi inclusion, union, intersection, complement, relation, dan convexity. Logika fuzzy dikatakan sebagai logika baru yang lama, sebab ilmu logika fuzzy modern dan metode baru ditemukan beberapa tahun yang lalu, padahal sebenarnya konsep tentang fuzzy itu sendiri sudah ada sejak lama. Logika Fuzzy merupakan suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau kesamaran (*fuzzyness*) antara benar dan salah. Dalam teori logika fuzzy suatu nilai bias bernilai benar atau salah secara bersama. Namun berapa besar keberadaan dan kesalahan suatu tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya.

### 3.2 Himpunan Fuzzy

Pada himpunan tegas (crisp), nilai keanggotaan suatu item  $x$  dalam suatu himpunan  $A$ , yang sering ditulis dengan  $\mu_A[x]$ , memiliki 2 kemungkinan yaitu :

- Satu (1), yang berarti bahwa suatu item menjadi anggota dalam suatu himpunan.
- Nol (0), yang berarti bahwa suatu item tidak menjadi anggota dalam suatu himpunan.

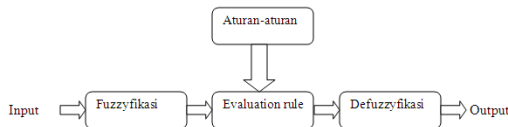
Sedangkan pada himpunan fuzzy nilai keanggotaannya terletak pada rentang antara 0 sampai 1. Apabila  $x$  memiliki nilai keanggotaan fuzzy  $\mu_A[x] = 0$ , berarti  $x$  tidak menjadi anggota himpunan  $A$ , juga apabila  $x$  memiliki nilai

keanggotaan fuzzy  $\mu_A[x] = 1$  berarti  $x$  menjadi anggota penuh pada himpunan  $A$ .

### 3.3 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik input data ke dalam nilai keanggotaannya (derajat keanggotaan) yang memiliki interval antara 0 sampai 1. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan adalah dengan melalui pendekatan fungsi. Fungsi-fungsi tersebut antara lain fungsi linier, kurva segitiga, kurva trapesium dan kurva bahu. Dalam proyek ini menggunakan fungsi keanggotaan kurva segitiga.

### 3.4 Sistem Inferensi Fuzzy



Gambar 3.1 Proses FIS

Inferensi itu sendiri adalah evaluasi kaidah/aturan/rule fussy untuk menghasilkan output pada tiap rule. FIS yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode Mamdani sering juga dikenal dengan nama Metode Max-Min. Metode ini diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975. Untuk memperoleh output, diperlukan 4 tahapan yaitu :

1. Pembentukan himpunan fuzzy;
2. Aplikasi fungsi aturan;  
Pada metode mamdani, fungsi implikasi yang digunakan adalah MIN.
3. Komponen aturan;  
Pada tahapan ini system terdiri dari beberapa aturan, maka inferensi diperoleh dari kumpulan atau korelasi antar aturan. Metode yang digunakan dalam melakukan inferensi system fuzzy, yaitu metode MAX. Secara umum dapat ditulis :

$$\mu_A[x] = \max(\mu_A[x], \mu_B[y]) \quad (1)$$

4. Penegasan (defuzzyfikasi)

Input dari proses defuzzyfikasi adalah suatu himpunan fuzzy yang diperoleh dari komposisi aturan-aturan fuzzy, sedangkan output yang dihasilkan merupakan suatu bilangan pada domain himpunan fuzzy tersebut. Defuzzyfikasi menggunakan metode COA dengan persamaan :

$$v_0 = \frac{\sum_{k=1}^m v_k \mu v(V_k)}{\sum_{k=1}^m \mu v(V_k)} \quad (2)$$

- $v_0$  = nilai keluaran
- $m$  = tingkat kuantisasi
- $v_k$  = elemen ke- $k$
- $\mu v(V_k)$  = derajat keanggotaan elemen-elemen pada fuzzy set  $v$
- $v$  = semesta pembicaraan

### 3.5 Rule Induction

Rule induction membentuk suatu dasar pengetahuan dari aturan 'if-then' fuzzy yang mendeskripsikan variasi bentuk/model data dalam kumpulan data yang besar. Tujuan dari algoritma ini adalah membentuk hubungan fuzzy dalam bentuk aturan 'if-then'. Fuzzy rule induction meliputi tiga proses, yaitu :

1. Pendeskripsian model variable
2. Pembangkitan kandidat-kandidat aturan  
Pada tahap ini, dihasilkan kumpulan dari hubungan fuzzy dari variabel dependent dan independent (yaitu antara nilai variabel output dan input). Langkah-langkah yang dilakukan dalam tahap ini :
  - Menentukan derajat keanggotaan untuk  $x_{v_1}, x_{v_2}, \dots, y_k$  pada setiap fuzzy sets yang berhubungan dengan domain variabel.
  - Memisahkan fuzzy sets pada titik data dengan derajat keanggotaan yang tertinggi.
  - Mengubah hubungan fuzzy ini menjadi kandidat aturan 'if-then'.
3. Pemilihan kumpulan aturan sebagai hasil akhir
  - a. Menghitung nilai efektivitas (*Effectiveness*) untuk setiap aturan  
Setiap aturan diberikan nilai efektifitas. Misalnya :  
**If**  $v_1$  is  $X$  **and**  $v_2$  is  $Y$  **then**  $v_3$  is  $Z$   
Maka nilai efektivitas dari aturan di atas yaitu :  
 $E(r_i) = \mu_x(v_1) \times \mu_y(v_2) \times \mu_z(v_3) \quad (3)$
  - b. Membuat aturan dasar fuzzy  
Pada tahap ini akan dibuat FAM (*Fuzzy Associative Memory*), matrik multidimensional yang mempresentasikan aturan fuzzy.

### 3.6 SMS Gateway

SMS Gateway adalah penghubung antara handphone yang menggunakan fasilitas SMS dengan komputer. SMS Gateway bekerja dengan cara menghubungkan handphone yang memiliki fasilitas SMS dan komputer selaku operator otomatisnya. Keduanya dihubungkan oleh kabel data handphone dari serial port pada komputer ke handphone. Komunikasi antara handphone dengan computer menggunakan bahasa pemrograman serial port. Dari SMS Gateway ini dapat dikembangkan lagi sebuah aplikasi client-server baik berbasis aplikasi ataupun berbasis web.

### 3.7 GAMMU

Gammu mensupport ponsel yang dapat bekerja pada mode AT command . Gammu mensupport banyak model ponsel NOKIA , SE , Motorola dsb , daftar model ponsel dan modem GSM yang disupport oleh Gammu dapat ditemukan di website Gammu. Gammu menggunakan command-line bukan interface GUI, sehingga agak menyulitkan bagi pemula atau non software developer, namun tidak kalah powerful dengan versi GUI-nya yang berganti nama dengan Wammu (dikembangkan dengan wxPython).

## 4. Rancangan Sistem

### 4.1 Metode Logika Fuzzy sebagai DSS Prosedur Emergency

Dalam sistem ini, fuzzy logic digunakan untuk menentukan status emergency banjir pada daerah yang terjadi banjir akibat luapan sungai. Status emergency yang dihasilkan dari fuzzy logic terdiri dari status siaga hijau, kuning dan merah. Untuk menentukan status tersebut, diperlukan variabel yang berasal dari inputan user, yang kemudian di olah menggunakan fuzzy logic dan menghasilkan output yang diharapkan. Sedangkan untuk management evakuasi ditentukan ketinggian tempat evakuasi, luas daerah dan jarak daerah tempat evakuasi dengan daerah bencana.

#### a. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Variabel fuzzy yang akan digunakan mengacu pada data yang di dapatkan dari petugas setempat. Dalam kasus ini menggunakan data dari daerah Bengawan Solo. Berikut ini adalah contoh data yang akan digunakan :

**Tabel 4.1** Data Tabel History Kejadian Banjir 2007

Nama Desa & Kecamatan	TMA (Tinggi Muka Air)	Jarak	Ketinggian	Status
Batokan, Kec. Kasiman	16,00 m	1.5 Km	40 m DPL	Siaga 3
Betet, Kec. Kasiman	16,50 m	1.2 Km	40 m DPL	Siaga 3
Ngaglik, Kec. Kasiman	14,50 m	2,3 Km	50 m DPL	Siaga 2
Dukuh Lor Kec. Malo	16,00 m	0.5 Km	50 m DPL	Siaga 3

Sebagai data sample, aplikasi ini mengambil data-data pada bantaran Sungai Bengawan Solo yang merupakan salah satu daerah rawan banjir. Setelah diketahui table history seperti diatas di atas, proses berikutnya adalah membuat klasifikasi kondisi untuk variable yang akan dipakai dalam proses fuzzyfikasi. Berikut ini adalah variable yang akan digunakan.

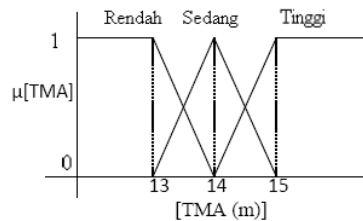
**Tabel 4.2** Tabel klasifikasi kondisi

TMA		Jarak		Ketinggian	
Value	Kategori	Value	Kategori	Value	Kategori
+13 - <+14 m	Rendah	1 - >5 Km	Dekat	<20 m dpl	Rendah
+14 - +15 m	Sedang	5 - 10 Km	Sedang	20-40 m dpl	Sedang
>+15 m	Tinggi	>10 Km	Jauh	>40 mdpl	Tinggi

Dengan diketahuinya variabel-variabel diatas, maka selanjutnya dibuat bentuk himpunan fuzzy variabel hasil untuk masing-masing kategori. Bentuk himpunan yang digunakan adalah segitiga.

#### c. Fungsi Keanggotaan Sistem

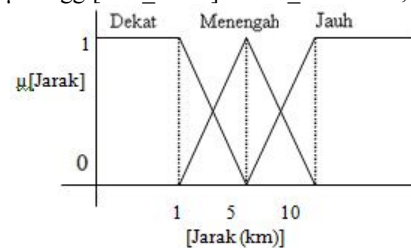
Setelah ditentukan kurva apa yang paling sesuai dengan kasus ini, maka langkah selanjutnya adalah menentukan fungsi keanggotaan dari masing-masing variabel yang digunakan. Berikut adalah gambar masing-masing bentuk himpunan fuzzy untuk menentukan fungsi keanggotaan.



**Gambar 4.1** Fungsi keanggotaan variable TMA

Fungsi keanggotaan variable TMA adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Rendah}}[\text{data\_TMA}] &= \text{data\_TMA} \leq 0 \text{ atau } \text{data\_TMA} \geq 14 \\ &= \text{data\_TMA}/13, 0 \leq \text{data\_TMA} \leq 13 \\ &= (14 - \text{TMA})/1, 13 \leq \text{data\_TMA} \leq 14 \\ \mu_{\text{Sedang}}[\text{data\_TMA}] &= \text{data\_TMA} \leq 13 \text{ atau } \text{data\_TMA} \geq 15 \\ &= (\text{data\_TMA}-13)/1, 13 \leq \text{data\_TMA} \leq 14 \\ &= (15- \text{data\_TMA})/1, 14 \leq \text{data\_TMA} \leq 15 \\ \mu_{\text{Tinggi}}[\text{data\_TMA}] &= \text{data\_TMA} \geq 15, 1 \end{aligned}$$

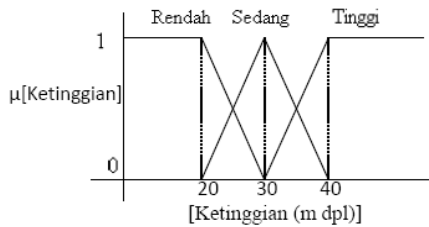


**Gambar 4.2** Fungsi keanggotaan variable Jarak

Fungsi keanggotaan variable Jarak adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Dekat}}[\text{data\_jarak}] &= 0, \text{data\_jarak} \leq 0 \text{ atau } \text{data\_jarak} \geq 5 \\ &= 1, 0 \leq \text{data\_jarak} \leq 1 \\ &= (5- \text{jarak})/5, 1 \leq \text{data\_jarak} \leq 5 \\ \mu_{\text{Menengah}}[\text{data\_jarak}] &= 0, \text{data\_jarak} \leq 1 \text{ atau } \text{data\_jarak} \geq 10 \\ &= (\text{data\_jarak} - 1)/5, 1 \leq \text{data\_jarak} \leq 5 \\ &= (10- \text{data\_jarak})/5, 5 \leq \text{data\_jarak} \leq 10 \end{aligned}$$

$\mu_{\text{Jauh}}[\text{data\_jarak}] =$   
 $0, \text{data\_jarak} \leq 5$   
 $(\text{data\_jarak} - 5) / 5, 5 \leq \text{data\_jarak} \leq 10$   
 $1, \text{data\_jarak} \geq 10$



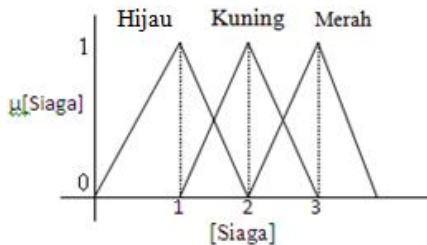
**Gambar 4.3** Fungsi keanggotaan variable ketinggian

Fungsi keanggotaan variable ketinggian adalah sebagai berikut :

$\mu_{\text{Rendah}}[\text{data\_ketinggian}] =$   
 $\text{data\_ketinggian} < 0 \text{ atau } \text{data\_ketinggian} \geq 30$   
 $\text{data\_ketinggian} / 20, 0 \leq \text{data\_ketinggian} \leq 20$   
 $(30 - \text{ketinggian}) / 10, 20 \leq \text{data\_ketinggian} \leq 30$   
 $\mu_{\text{Sedang}}[\text{data\_ketinggian}] =$   
 $\text{data\_ketinggian} \leq 20 \text{ atau } \text{data\_ketinggian} \geq 40$   
 $(\text{data\_ketinggian} - 20) / 10, 20 \leq \text{data\_ketinggian} \leq 30$   
 $(40 - \text{data\_ketinggian}) / 10, 30 \leq \text{data\_ketinggian} \leq 40$   
 $\mu_{\text{Tinggi}}[\text{data\_ketinggian}] =$   
 $\text{data\_ketinggian} \geq 40, 1$

Sedangkan bentuk linguist kategori siaga hijau, kuning dan merah ditransformasikan ke dalam bentuk numerik, jadi untuk nilai keanggotaan maksimum (1) yang diberikan untuk :

- Siaga Hijau = 1
- Siaga Kuning = 2
- Siaga Merah = 3



**Gambar 4.4** Fungsi keanggotaan variable Siaga

**b. Aplikasi Fungsi Aturan**

Aturan dalam penentuan keputusan dengan fuzzy logic ini dibangun dari data history yang telah dijelaskan sebelumnya yang didapatkan dari Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Kabupaten Bojonegoro. Berikut adalah rule yang dapat dihasilkan berdasarkan data yang ada :

R1 : IF TMA = tinggi v Tinggi=tinggi v Jarak=dekat  
THEN Status = Siaga 3  
R2 : IF TMA = tinggi v Tinggi=sedang v Jarak=dekat  
THEN Status = Siaga 3

R3 : IF TMA = sedang v Tinggi=sedang v Jarak=sedang  
THEN Status = Siaga 2  
R4 : IF TMA = tinggi v Tinggi=rendah v Jarak= dekat  
THEN Status = Siaga 3  
R5 : IF TMA = sedang v Tinggi=tinggi v Jarak=sedang  
THEN Status = Siaga 2  
R6 : IF TMA = sedang v Tinggi=sedang v Jarak=dekat  
THEN Status = Siaga 3  
R7 : IF TMA = sedang v Tinggi=rendah v Jarak=dekat  
THEN Status = Siaga 3  
R8 : IF TMA = sedang v Tinggi = rendah v Jarak = sedang  
THEN Status = Siaga 3  
R9 : IF TMA = tinggi v Tinggi = sedang v Jarak = sedang  
THEN Status = Siaga 3  
R10 : IF TMA = sedang v Jarak = tinggi v Tinggi = dekat  
THEN Status = Siaga 2  
R11 : IF TMA = tinggi v Jarak = tinggi v Tinggi = sedang  
THEN Status = Siaga 2  
R12 : IF TMA = tinggi v Jarak = tinggi v Tinggi = jauh  
THEN Status = Siaga 2  
R13 : IF TMA = tinggi v Jarak = rendah v Tinggi = sedang  
THEN Status = Siaga 2  
R14 : IF TMA = tinggi v Jarak = rendah v Tinggi = jauh  
THEN Status = Siaga 2  
R15 : IF TMA = sedang v Jarak = rendah v Tinggi = jauh  
THEN Status = Siaga 3  
R16 : IF TMA = tinggi v Jarak = sedang v Tinggi = jauh  
THEN Status = Siaga 2  
R16 : IF TMA = tinggi v Jarak = sedang v Tinggi = jauh  
THEN Status = Siaga 2  
R17 : IF TMA = rendah v Jarak = rendah v Tinggi = dekat  
THEN Status = Siaga 2  
R18 : IF TMA = rendah v Jarak = rendah v Tinggi = sedang  
THEN Status = Siaga 1  
R19 : IF TMA = rendah v Jarak = rendah v Tinggi = jauh  
THEN Status = Siaga 1  
R20 : IF TMA = rendah v Jarak = tinggi v Tinggi = jauh  
THEN Status = Siaga 1

**c. Pembangkitan Aturan Otomatis**

**c.1 Pembangkitan Kandidat-Kandidat Aturan**

Langkah-langkah digunakan untuk pembangkitan aturan adalah sebagai berikut :

- Menentukan derajat keanggotaan untuk setiap nilai berdasarkan himpunan fuzzy yang telah dibuat.

Caranya adalah dengan memasukkan nilai dari basis data ke dalam fungsi keanggotaan.

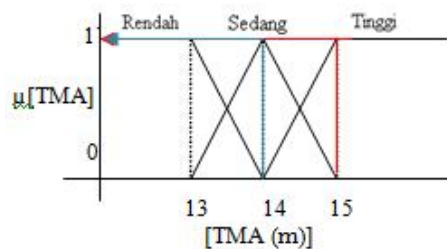
✓ Nilai  $TMA_1 = 14$  dan  $TMA_2 = 15$

Nilai  $TMA_1$  berada pada daerah sedang.

$\mu_{\text{sedang}}[14] = 1$

Nilai  $TMA_2$  berada pada daerah tinggi.

$\mu_{\text{tinggi}}[15] = 1$



**Gambar 4.5** Derajat keanggotaan dari nilai TMA

**Tabel 4.3** Nilai Derajat Keanggotaan TMA

	Rendah	Sedang	Tinggi
TMA <sub>1</sub>		1.0	
TMA <sub>2</sub>			1.0

- ✓ Nilai Jarak<sub>1</sub> = 4 dan Jarak<sub>2</sub> = 2  
 Nilai Jarak<sub>1</sub> berada pada daerah dekat.  
 $\mu_{\text{dekat}}[4] = 1$   
 Nilai Jarak<sub>2</sub> berada pada daerah dekat.  
 $\mu_{\text{dekat}}[2] = 1$

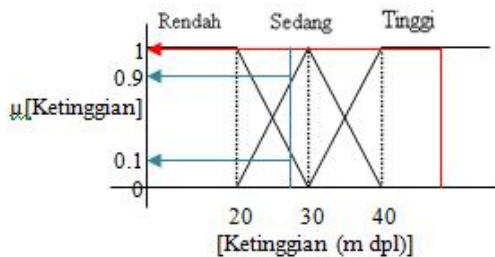


**Gambar 4.6** Derajat keanggotaan dari nilai Jarak

**Tabel 4.4** Nilai Derajat Keanggotaan Jarak

	Dekat	Menengah	Jauh
Jarak <sub>1</sub>	1.0		
Jarak <sub>2</sub>	1.0		

- ✓ Nilai Ketinggian<sub>1</sub> = 65 dan Ketinggian<sub>2</sub> = 29  
 Nilai Ketinggian<sub>1</sub> berada pada daerah tinggi.  
 $\mu_{\text{tinggi}}[65] = 1$   
 Nilai Ketinggian<sub>2</sub> berada pada daerah rendah dan sedang.  
 $\mu_{\text{rendah}}[29] = (30-29) / (30-20) = 0.1$   
 $\mu_{\text{sedang}}[29] = (29-20) / (30-20) = 0.9$



**Gambar 4.7** Derajat keanggotaan dari nilai Ketinggian

**Tabel 4.5** Nilai Derajat Keanggotaan Ketinggian

	Rendah	Sedang	Tinggi
Ketinggian <sub>1</sub>			1.0
Ketinggian <sub>2</sub>	0.1	0.9	

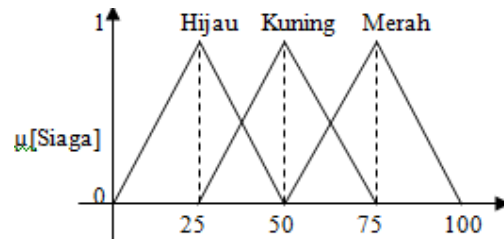
- ✓ Nilai Siaga  
 Hubungan antara ketiga variabel diatas dengan nilai siaga diperoleh dari prosentase dominasi ketiga variabel tersebut terhadap faktor penyebab banjir. Karena ketiga variabel ini dianggap memiliki dominasi yang sama, maka

tiap variabel memiliki prosentase yang sama yaitu 33,3% dari 100%. TMA, jarak, dan ketinggian masing-masing dikalikan dengan 33,3%. Kemudian hasilnya akan dijumlahkan, sehingga mendapatkan bobot nilai siaga.

$$S_1 = (0.5 * 14) + (0.25 * 4) + (0.25 * 65) = 24.25$$

$$S_2 = (0.5 * 15) + (0.25 * 2) + (0.25 * 29) = 15.25$$

Karena perhitungan dilakukan dalam persen, maka fungsi keanggotaan untuk nilai siaga juga diubah dalam bentuk persen. Berikut ini adalah fungsi keanggotaan untuk nilai siaga.



**Gambar 4.11** Fungsi keanggotaan dari nilai Siaga

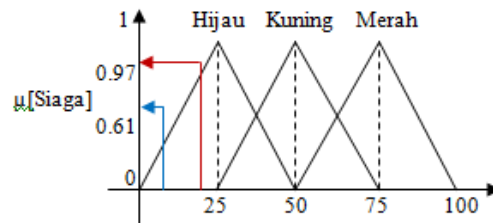
Nilai S<sub>1</sub> = 24.25 dan S<sub>2</sub> = 15.25

Nilai TMA<sub>1</sub> berada pada daerah sedang.

$$\mu_{\text{hijau}}[24.25] = 0.97$$

Nilai TMA<sub>2</sub> berada pada daerah tinggi.

$$\mu_{\text{hijau}}[15.25] = 0.61$$



**Gambar 4.8** Derajat keanggotaan dari nilai Siaga

**Tabel 4.6** Nilai Derajat Keanggotaan TMA

	Hijau	Kuning	Merah
Siaga <sub>1</sub>	0.97		
Siaga <sub>2</sub>	0.61		

- Membuat hubungan fuzzy sets dengan mengambil derajat keanggotaan yang tertinggi.

**Tabel 4.7** Variabel Hubungan Fuzzy Sets Data 1

	TMA <sub>1</sub>	Jarak <sub>1</sub>	Tinggi <sub>1</sub>	Siaga <sub>1</sub>
Fuzzy Sets	Sedang	Dekat	Tinggi	Hijau
Degree	1.0	1.0	1.0	0.97

	TMA <sub>2</sub>	Jarak <sub>2</sub>	Tinggi <sub>2</sub>	Siaga <sub>2</sub>
Fuzzy Sets	Tinggi	Dekat	Sedang	Hijau
Degree	1.0	1.0	0.9	0.61

- Mengonversi hubungan fuzzy menjadi kandidat aturan.



**Tabel 4.9** Pembangkitan Kandidat Aturan

Fuzzy Rule
Rule 1 If TMA Sedang and Jarak Dekat and Ketinggian Tinggi then Siaga is Hijau
Rule 2 If TMA Tinggi and Jarak Dekat and Ketinggian Sedang then Siaga is Hijau

**d. Rule Pembangkitan Otomatis**

- R1 : IF TMA = sedang v Tinggi=tinggi v Jarak=dekat THEN Status = Siaga Hijau
- R2 : IF TMA = tinggi v Tinggi=tinggi v Jarak=dekat THEN Status = Siaga Kuning
- R3 : IF TMA = tinggi v Tinggi=tinggi v Jarak=sedang THEN Status = Siaga Kuning
- R4 : IF TMA = sedang v Tinggi=tinggi v Jarak= sedang THEN Status = Siaga Kuning
- R5 : IF TMA = tinggi v Tinggi=rendah v Jarak=sedang THEN Status = Siaga Hijau
- R6 : IF TMA = tinggi v Tinggi=rendah v Jarak=jauh THEN Status = Siaga Hijau
- R7 : IF TMA = rendah v Tinggi=sedang v Jarak=jauh THEN Status = Siaga Hijau
- R8 : IF TMA = sedang v Tinggi = sedang v Jarak = jauh THEN Status = Siaga Hijau
- R9 : IF TMA = sedang v Tinggi = rendah v Jarak = dekat THEN Status = Siaga Hijau
- R10 : IF TMA = sedang v Jarak =rendah v Tinggi = jauh THEN Status = Siaga Hijau
- R11 : IF TMA = tinggi v Jarak = tinggi v Tinggi = jauh THEN Status = Siaga Kuning
- R12 : IF TMA = tinggi v Jarak =rendah v Tinggi = dekat THEN Status = Siaga Hijau
- R13 : IF TMA = tinggi v Jarak = rendah v Tinggi = Jauh THEN Status = Siaga Hijau
- R14 : IF TMA = sedang v Jarak = tinggi v Tinggi = jauh THEN Status = Siaga Hijau
- R15 : IF TMA = rendah v Jarak = rendah v Tinggi = sedang THEN Status = Siaga Hijau
- R16 : IF TMA =sedang v Jarak = rendah v Tinggi = sedang THEN Status = Siaga Hijau
- R16 : IF TMA = rendah v Jarak = tinggi v Tinggi = dekat THEN Status = Siaga Hijau

**e. Evaluation Rule**

Setelah ditentukan aturannya, maka aturan tersebut dilakukan evaluasi rule yang mengambil nilai terkecil dari derajat keanggotaan tiap variable dalam rule.

Contoh :

[R1] **IF** TMA tinggi **and** Elevasi tinggi **and** jarak dekat **then** siaga 3

$$\begin{aligned} \text{Min} &= \mu_{\text{TMAtinggi}} \cap \mu_{\text{ketinggianTinggi}} \cap \mu_{\text{jarakDekat}} \\ \text{Min} &= 1 \cap 1 \cap 1 \\ &= 1 \end{aligned}$$

[R2] **IF** TMA tinggi **and** Elevasi sedang **and** jarak dekat **then** siaga 3

$$\begin{aligned} \text{Min} &= \mu_{\text{TMAtinggi}} \cap \mu_{\text{ketinggianSedang}} \cap \mu_{\text{jarakDekat}} \\ \text{Min} &= 1 \cap 0.3 \cap 1 \\ &= 0.3 \end{aligned}$$

**f. Defuzzyfikasi**

Pada tahap ini akan menampilkan hasil keluaran dari evaluation rule, yaitu hasil akhir kondisi status banjir dalam kategori linguist. Kemungkinan hasil akhir yang keluar adalah, siaga

hijau, siaga kuning dan siaga merah. Setelah didapatkan rule-rule yang akan digunakan, maka nilai keanggotaan dari tiap variable akan dibandingkan dan dicari nilai minimalnya. Nilai inilah yang nantinya digunakan untuk mendapatkan Center Of Area(COA). COA didapatkan dari jumlah dari perkalian nilai minimal rule dengan bobot kategori dibagi dengan jumlah dari nilai minimal rule. Dimana bobot yang diberikan untuk siaga 1 adalah 1, bobot untuk siaga 2 adalah 2 dan bobot untuk siaga 3 adalah 3.

Berikut ini adalah rumus COA yang digunakan :

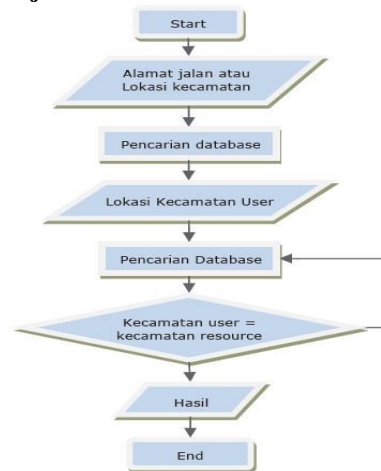
$$v_0 = \frac{\sum_{k=1}^m vk \mu v(Vk)}{\sum_{k=1}^m \mu v(Vk)}$$

Setelah didapatkan nilai COA, maka nilai tersebut di ubah dalam bentuk linguistic, apakah termasuk siaga hijau, kuning atau merah.

Contoh :

$$\begin{aligned} \text{COA} &= \frac{(1 \times 3) + (0.3 \times 3) + (0.3 \times 2) + (0.7 \times 3) + (0.6 \times 2) + (0.3 \times 2)}{(1 + 0.3 + 0.3 + 0.7 + 0.6 + 0.3)} \\ &= 2.6 \end{aligned}$$

**4.2 Manajemen Evakuasi**



**Gambar 4.9** Flowchart Proses Evakuasi

Parameter yang diterima adalah lokasi user / penduduk berada, yaitu atau alamat jalan. Dari alamat jalan dapat diketahui lokasi berada pada desa dan kecamatan dengan melakukan query . Parameter tersebut akan dirubah menjadi variabel pembandingan didalam program. Sehingga tempat yang cocok digunakan untuk evakuasi adalah desa yang terletak di kecamatan yang sama dari desa terdampak.

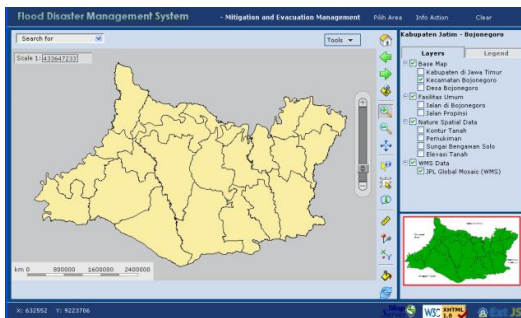
### 4.3 Integrasi dengan Sensor dan Aplikasi Prediksi Banjir

Nilai TMA dalam system dapat berasal dari inputan user ataupun hasil kiriman dari sensor. Jika nilai TMA dikirim melalui sensor, maka agar dapat diterima system harus menggunakan SMS Gateway. Caranya adalah dengan menggabungkan database SMS Gateway dengan database system manajemen banjir. Karena yang diterima atau dibutuhkan system hanya data TMA, maka yang perlu disiapkan adalah tabel inbox. Sehingga, SMS yang diterima oleh system dari sensor, akan berada pada tab inbox yang telah disiapkan pada halaman web system.

Sedangkan untuk menggabungkan system dengan aplikasi prediksi banjir adalah dengan mengambil gambar hasil prediksi pada folder image. Gambar prediksi akan dihasilkan setelah aplikasi prediksi dijalankan, dan gambar tersebut akan di upload kemudian diakses oleh map.phtml.

## 5. Hasil dan Pembahasan

Dalam bab ini akan ditampilkan aplikasi yang telah dibuat. Berikut ini adalah tampilan awal aplikasi :



Gambar 5.1 Tampilan awal aplikasi

Berikut adalah langkah – langkah proses pengujian sistem :

1. Masukan yang diberikan adalah :

Tabel 5.1 Tabel Masukan User

Variabel	Masukan
Alamat jalan	2134
Tanggal	24 Februari 2011
Tinggi muka air (m)	15
Elevasi (m)	13
Jarak (Km)	2

Gambar 5.2 Form Masukkan User

Maka dapat dihasilkan output status siaga dengan fuzzy Mamdani berdasarkan input dari user seperti gambar berikut ini :

Gambar 5.3 Form Info User

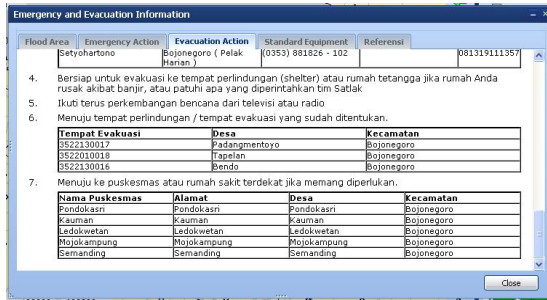
Sedangkan untuk output dari rule induction dengan input yang sama adalah sebagai berikut :

Gambar 5.4 Form Info User Rule Induction

Sementara untuk informasi manajemen Emergency dan evakuasi bisa dilihat pada gambar dibawah :

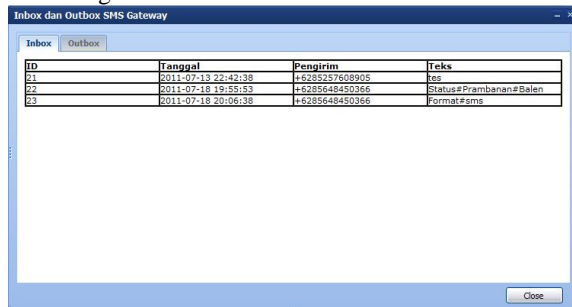
Gambar 5.5 Informasi Emergency dan Evakuasi





Gambar 5.6 Informasi lokasi evakuasi

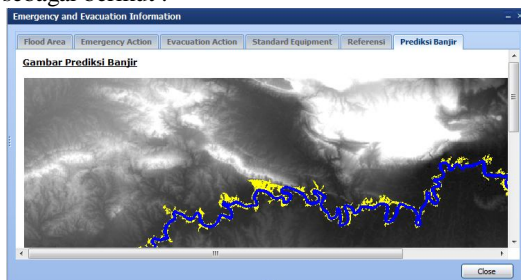
Hasil integrasi sensor dengan system manajemen banjir yang diletakkan pada tab inbox adalah sebagai berikut :



Gambar 5.7 Tampilan Inbox

Tampilan diatas adalah tab inbox yang akan menampung nilai TMA yang dikirimkan dari sensor.

Sedangkan untuk hasil integrasi system manajemen dengan aplikasi prediksi banjir adalah sebagai berikut :



Gambar 5.8 Tampilan Prediksi Banjir

Garis dengan warna biru tersebut merupakan visualisasi sungai Bengawan Solo. Setelah dilakukan proses prediksi, maka akan muncul prediksi banjir yang berwarna kuning bersebelahan dengan warna biru. Gambar tersebut merupakan gambar dari citra satelit.

## 6. Kesimpulan

Dari hasil uji coba perangkat lunak ini dapat ditarik beberapa kesimpulan:

1. Aplikasi yang telah dibuat ini telah memenuhi berbagai kebutuhan untuk

emergency dan evakuasi saat terjadi banjir.

2. Aplikasi ini dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang status siaga banjir, kemana tempat untuk evakuasi dan apa saja yang harus dipersiapkan.
3. Dari uji coba yang telah dilakukan terhadap UPT PSDAWS, aplikasi ini sudah *user friendly*, sehingga memudahkan untuk digunakan oleh petugas maupun masyarakat.
4. Dengan menggunakan dua metode fuzzy, yaitu Fuzzy Mamdani dan Algoritma Rule Induction, dapat dilihat bahwa hasilnya lebih akurat jika menggunakan *rule expert*. Hal ini telah dibuktikan dengan validasi yang telah dilakukan ke UPT PSDAWS.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Barus, B dan U.S. Wiradisastira, 2000. *Sistem Informasi Geografis: Sarana Manajemen Sumberdaya*. Lab. Penginderaan Jauh dan Kartografi, Departemen Tanah, Faperta, IPB
- [2] Dulbahri. 1993. *Sistem Informasi Geografis*. Gramedia : Jakarta
- [3] John E. Harmon, Steven J. Anderson. (2003). *Design And Implementation Of Geographic Information System*. John Wiley and Sons : New Jersey.
- [4] Phong Tran, Rajib Shaw, Guillaume Chantry and John Norton. 2008. *GIS and local knowledge in disaster management: a case study of flood risk mapping in Viet Nam*.
- [5] Andi Dwi Laksono. 2010. *Manajemen Emergency dan Evakuasi Bencana Banjir*. Politeknik Elektronika Negeri Surabaya ITS.
- [6] Ratna Ika Putri. 2007. *Penerapan Adaptif fuzzy Pada Pengaturan Kecepatan Motor Induksi Tiga Fasa*. Politeknik Negeri Malang.
- [7] Arna Fariza, S.Kom, M.Kom.,Entin Martiana, S.Kom,M.Kom, Helty Widyastuti. 2008. *Segmentasi Kemampuan Pemrograman Mahasiswa Teknologi Informasi Dengan Pembangunan Aturan Otomatis Pada Logika Fuzzy Menggunakan Algoritma Rule Induction*. PENS-ITS