



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 3 Nomor 5 Tahun 2023 Page 4801-4817

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

## Optimasi Daerah Aliran Sungai Menggunakan Fuzzy Inference System (studi kasus : DAS Kabupaten Indragiri Hulu-Riau)

Julinaldi<sup>1✉</sup>

Institut Teknologi dan Bisnis Indragiri

Email: [julinaldi@itbin.ac.id](mailto:julinaldi@itbin.ac.id)<sup>1✉</sup>

### Abstrak

Logika fuzzy, meski terbilang modern, sebenarnya telah menjadi bagian intrinsik dari pemikiran manusia sejak lama. Metode ini efektif dalam memetakan ruang input ke output. Studi ini menerapkan logika fuzzy dalam bentuk Fuzzy Inference System model Mamdani untuk menganalisis kerusakan lahan di Daerah Aliran Sungai Indragiri Hulu, wilayah yang masih belum dimanfaatkan secara optimal. Metode ini dirancang berdasarkan tiga variabel input (tingkat curah hujan, erosi sungai, luas lahan) dan satu variabel output (kerusakan lahan). Setiap variabel memiliki tiga himpunan fuzzy dan proses fuzzifikasi melibatkan 27 aturan fuzzy dengan defuzzifikasi menggunakan metode centroid. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selisih rata-rata antara perhitungan manual dan pengukuran sistem inferensi fuzzy yang dirancang hanya sebesar 0.99 poin dari lima sampel data. Ini menunjukkan bahwa pendekatan inferensi fuzzy dapat menjadi alat analisis yang efektif untuk optimasi pemanfaatan daerah aliran sungai.

Kata Kunci : *Logika Fuzzy, Sistem Inferensi Fuzzy, Metode Mamdani, Fuzzifikasi, Defuzzifikasi, Kerusakan Lahan, Optimasi DAS*

## Abstract

Fuzzy logic, despite being considered modern, has actually been an intrinsic part of human thinking for a long time. This method is effective in mapping input space to output. This study applies fuzzy logic in the form of Mamdani Fuzzy Inference System model to analyze land degradation in the Indragiri Hulu River Basin area, a region that has not yet been optimally utilized. The method is designed based on three input variables (rainfall rate, river erosion, land area) and one output variable (land degradation). Each variable has three fuzzy sets and the fuzzification process involves 27 fuzzy rules with defuzzification using the centroid method. The research results show that the average difference between manual calculations and measurements from the designed fuzzy inference system is only 0.99 points from five data samples. This indicates that the fuzzy inference approach can be an effective analytical tool for optimizing utilization of river basin areas.

*Keyword: Fuzzy Logic, Fuzzy Inference System, Mamdani's Method, fuzzyfication, defuzzyfication, Land Degradation, Optimization watershed*

## PENDAHULUAN

Konsep logika fuzzy telah ada sejak Dr. Lotfi A. Zadeh dari University of California, Berkeley mengusulkannya pada 1965. Logika ini mendukung pengambilan keputusan dan digunakan dalam berbagai aplikasi, termasuk kontrol industri yang dipelopori oleh Profesor Ebrahim Mamdani dari Queen Mary College London dan ahli lainnya dari Jepang.

Dalam era teknologi canggih, pengetahuan dasar dan riset eksperimental sangat penting untuk menentukan teori praktis mana yang masih relevan dan dapat dikembangkan. Salah satu contoh adalah penggabungan pengendali fuzzy dengan sistem kendali konvensional atau algoritma kendali modern seperti Artificial Neural Network (ANN) dan algoritma genetik.

Teknologi berbasis sistem fuzzy dikembangkan karena dua alasan utama:

1. Menjadi standar dalam sistem kendali berteknologi tinggi, terutama di Jepang, dimana pengendali fuzzy digunakan secara luas karena kehandalan, kemudahan perbaikan, dan kontrol superior dibandingkan teknik lain.
2. Pengendali fuzzy sangat berguna untuk sistem identifikasi dan pengendalian yang kompleks yang sulit dimodelkan dengan metode konvensional.

Studi iklim penting karena mempengaruhi aktivitas manusia dan ekonomi suatu daerah. Prediksi iklim menggunakan metode Fuzzy Inference System bisa membantu pemerintah daerah dalam alokasi APBD untuk optimasi Daerah Aliran Sungai (DAS). DAS adalah wilayah topografi yang mengumpulkan air hujan dan sedimen melalui sungai-sungai kecil hingga titik keluar. Pengelolannya penting untuk mencapai produksi pertanian optimal dengan kerusakan minimal serta menjaga kesinambungan pemanfaatan

sumber daya hutan, tanah, dan air

Secara geografis Kabupaten Indragiri Hulu berada pada posisi 0° 15' Lintang Utara - 0° 5' Bujur Selatan dan 102° 48' Bujur Barat - 10° 10' Bujur Timur meliputi wilayah seluas 8.198,26 Km<sup>2</sup>, berjarak 120 mil dari permukaan laut. Kabupaten ini ditandai dengan iklim tropis basah dengan suhu berkisar antara 23.20 °C - 31.70 °C dengan Rata-rata curah hujan pada tahun 2008 adalah 2,520.8 mm/tahun (pemda INHU, 2008). Daerah Kabupaten Indragiri Hulu mempunyai banyak sungai-sungai dan dataran rendah yang berawa-rawa. Daerah Aliran Sungai Indragiri semenjak dahulu hingga saat ini masih merupakan wilayah yang sebagian besar tidak dimanfaatkan secara optimal, hal ini ditandai dengan masih banyaknya “lahan tidur” disepanjang Daerah Aliran Sungai tersebut.

### METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini data yang diperlukan sebagai penunjang kajian literatur terhadap metode yang digunakan, dilakukan dengan tiga cara yaitu: tinjauan pustaka, metode observasi langsung di lapangan dan interview yang dilakukan dengan pakar dalam hal ini adalah Dinas Pengawasan Pengembangan dan Pengendalian Lingkungan Kabupaten Indragiri Hulu. Di mana metoda yang digunakan pada penelitian ini adalah Fuzzy Inference System (FIS) metode Mamdani, dikenal juga dengan nama metode min-max.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 1. Dasar Perancangan Data Input Sistem Analisa Kerusakan Lahan

Tabel 1 Data Input Perancangan Sistem Analisa Kerusakan Lahan

VARIABEL INPUT							
No	Nama Desa	Rata2 Curah Hujan (mm/jam)	Nama Himpunan Fuzzy	Tingkat Erosi Sungai (ton/ha/th)	Nama Himpunan Fuzzy	Luas Lahan (ha)	Nama Himpunan Fuzzy
1	Sei. Guntung Tengah	243	Normal	19.7	Rendah	748	Medium
2	Sei. Guntung Hilir	199	Rendah	73.4	Tinggi	744	Medium

3	Kuatan Babu	240	Normal	7.7	Rendah	2700	Luas
4	Kp. Dagang	227	Normal	30.9	Normal	403	Kecil
5	Kp. Pulau	161	Rendah	154.4	Tinggi	657	Kecil
6	Kp. Besar Kota	290	Tinggi	4.3	Rendah	725	Medium
7	Pasar Kota	219	Normal	17.0	Rendah	175	Kecil
8	Sekip Hulu	129	Rendah	85.2	Tinggi	550	Kecil
9	Sekip Hilir	248	Normal	0.0	Rendah	750	Medium
10	KP. Besar Seberang	94	Rendah	0.2	Rendah	175	Kecil
11	Rantau Mepesai	356	Tinggi	0.6	Rendah	290	Kecil
12	Pasir Kemilu	140	Rendah	11.2	Rendah	194	Kecil
13	Sei. Beringin	345	Tinggi	75.0	Tinggi	1237	Medium
14	Pulau Gajah	365	Tinggi	65.8	Tinggi	500	Kecil
15	Sei. Raya	193	Rendah	37.8	Normal	2155	Luas
16	UPT III Rawa Bangun	300	Tinggi	0.8	Rendah	676	Kecil
17	UPT II Rawa Sekip	186	Rendah	0.6	Rendah	460	Kecil
18	Tambak	255	Tinggi	37.3	Normal	1480	Medium
19	Pulau Gelang	241	Normal	57.0	Tinggi	1019	Medium

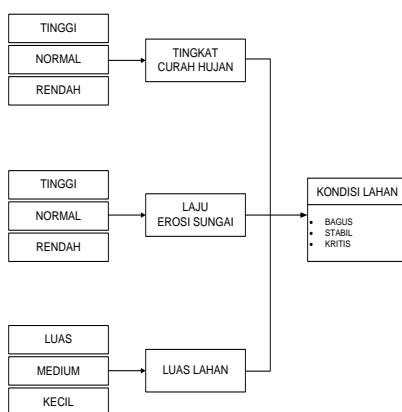
20	Rawa Sekip	244	Normal	11.2	Rendah	1500	Luas
21	Kuala Cinaku	97	Rendah	22.0	Normal	678	Kecil
22	Kuala Mulya	92	Rendah	56.0	Tinggi	1668	Luas
23	Tanjungsari	213	Normal	37.5	Normal	1500	Luas

(Sumber: Indragiri Hulu Dalam Angka 2010)

Identifikasi data pada Tabel 1 untuk analisa kerusakan lahan dilakukan dengan menentukan variabel yang dibutuhkan berdasarkan hasil wawancara dengan pakar. Data tersebut adalah hasil observasi langsung dan berkala oleh pihak terkait, yang kemudian akan dianalisis menggunakan metode fuzzy inference system. Dengan bantuan Microsoft Office Excel dan masukan dari para pakar, himpunan fuzzy dibentuk berdasarkan logika sederhana (Kusumadewi & Purnomo, 2010).

## 2. Rancangan Sistem Analisa Kerusakan Lahan

Kerusakan lahan di Desa yang berada sepanjang Daerah Aliran Sungai Indragiri dipengaruhi oleh beberapa faktor penunjang, antara lain Tingkat Curah Hujan, Laju Erosi Sungai, dan Luas Lahan Desa, yang digambarkan dalam diagram pohon sistem pengkajian kerusakan lahan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Tree Diagram* Sistem Analisa Kerusakan Lahan

Tree diagram pada Gambar 1 menunjukkan bahwa kondisi lahan di sepanjang daerah aliran sungai dipengaruhi oleh tiga faktor: tingkat curah hujan, erosi sungai, dan luas lahan. Ketiga faktor ini menjadi variabel input dalam sistem optimasi dan memiliki tiga himpunan membership function dalam sistem inferensi fuzzy.

Rule sistem optimasi ditentukan berdasarkan range data dari wawancara dengan ahli, yang ditetapkan sebagai semesta pembicaraan dari himpunan fuzzy:

- a. Tingkat Curah Hujan (mm/h): Tinggi ( $x \geq 250$ ), Sedang ( $200 \leq x \leq 249$ ), Rendah ( $x < 200$ ). (Sumber: BMKG Japura INHU, 2010);
- b. Kerusakan Erosi Lahan (ton/ha/th): Tinggi ( $x \geq 45$ ), Sedang ( $20 \leq x \leq 44$ ), Rendah ( $x < 20$ ). (Sumber: Dinas Pengawasan Pengembangan dan Pengendalian Lingkungan INHU, 2010);
- c. Luas Lahan Desa (ha): Luas ( $x \geq 1500$ ), Menengah ( $700 \leq x \leq 1499$ ), Kecil ( $x < 700$ ). (Sumber: Dinas Pengawasan Pengembangan dan Pengendalian Lingkungan INHU, 2010).

### 3. Rancangan *Fuzzy Inference Sistem* Metode Mamdani

Dalam perancangan FIS untuk memperoleh output yang di inginkan, maka dilakukan beberapa tahapan rancangan FIS. Bentuk dari masing-masing fungsi keanggotaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Fungsi segitiga. Fungsi Keanggotaan berbentuk segitiga didefinisikan oleh tiga parameter  $a, b, c$  dinyatakan dengan persamaan 4.1:

$$Segitiga(x; a, b, c) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (1)$$

- b. Fungsi Trapezium. Fungsi keanggotaan berbentuk trapesium didefinisikan oleh empat parameter  $a, b, c, d$  yang ditulis dengan persamaan 2:

$$Trapezium(x; a, b, c, d) = \max\left(\min\left(\frac{x-a}{b-a}, 1, \frac{c-x}{c-b}\right), 0\right) \quad (4.2)$$

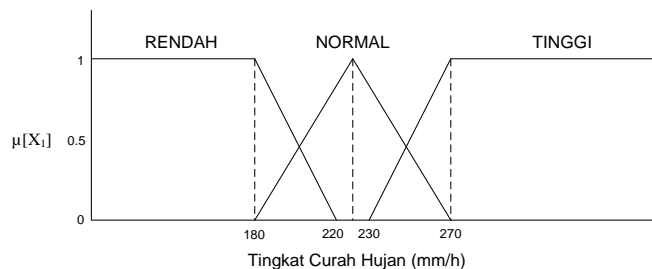
### 4. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

Himpunan fuzzy adalah pengelompokan berdasarkan variabel bahasa dengan fungsi keanggotaan dalam semesta  $U$ . Derajat keanggotaan suatu nilai dalam himpunan berkisar antara 0.0 hingga 1.0, mencakup bilangan real pada interval  $[0,1]$ . Nilai ini menunjukkan bahwa suatu item tidak hanya bernilai benar atau salah. Berbeda dengan himpunan tegas yang hanya memiliki dua kemungkinan nilai keanggotaan (0 dan 1), himpunan fuzzy memiliki rentang nilai dari 0 hingga 1. Jika  $x$  memiliki nilai keanggotaan fuzzy 0,  $x$  bukan anggota himpunan  $A$ ; jika nilainya 1,  $x$  adalah anggota penuh himpunan  $A$ . Untuk memahami sistem fuzzy, perlu diketahui tentang variabel fuzzy, himpunan fuzzy, semesta pembicaraan, dan domain (Kusumadewi dan Purnomo, 2004).

Bentuk pengolahan data pada metode *fuzzy inference system* model Mamdani dalam menganalisa kerusakan lahan tersebut, dengan menentukan fungsi keanggotaan dari variabel *input* yang digunakan sebagai berikut:

a. Fungsi Keanggotaan Tingkat Curah Hujan

Pembentukan fungsi keanggotaan *fuzzy* dari variabel tingkat curah hujan direpresentasikan pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2 Fungsi Keanggotaan Himpunan *Fuzzy* Pada Variabel Tingkat Curah Hujan

Pada variabel tingkat curah hujan dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy, yaitu RENDAH, NORMAL dan TINGGI. Himpunan fuzzy RENDAH, dengan fungsi keanggotaan trapesium dan domain [0 0 180 220], memiliki derajat keanggotaan tertinggi (=1) pada nilai  $X \leq 180$  mm/h. Jika tingkat curah hujan lebih besar dari 180 mm/h, kondisinya mendekati NORMAL. Persamaan 3 menunjukkan fungsi keanggotaan untuk himpunan RENDAH.

$$\mu_{RENDAH} [X_1] = \begin{cases} 1 & X_1 \leq 180 \\ \frac{220 - X_1}{220 - 180} & 180 \leq X_1 \leq 220 \\ 0 & X_1 \geq 220 \end{cases} \quad (3)$$

Himpunan fuzzy NORMAL, dengan fungsi keanggotaan segitiga dan domain [180 225 270], memiliki derajat keanggotaan tertinggi (=1) pada nilai 225 mm/h. Jika curah hujan berkurang dari 225 mm/h menuju 180 mm/h, kondisi curah hujan menjadi RENDAH dan derajat keanggotaannya di himpunan NORMAL berkurang. Namun, jika curah hujan melebihi 225 mm/h, kondisinya mendekati TINGGI. Fungsi keanggotaan untuk himpunan NORMAL dapat dilihat pada persamaan 4:

$$\mu_{NORMAL} [X_1] = \begin{cases} 1 & X_1 \leq 180 \text{ atau } X_1 \geq 270 \\ \frac{X_1 - 180}{225 - 180} & 180 \leq X_1 \leq 225 \\ \frac{270 - X_1}{270 - 225} & 225 \leq X_1 \leq 270 \end{cases} \quad (4)$$

Himpunan fuzzy TINGGI, dengan fungsi keanggotaan trapesium dan domain [230 270 400 400], memiliki derajat keanggotaan tertinggi (=1) pada nilai  $X \geq 270$  mm/h. Jika curah hujan berkurang dari 270 mm/h menuju 230 mm/h, kondisi curah hujan menjadi NORMAL dan derajat

keanggotaannya di himpunan TINGGI berkurang. Persamaan 5 menunjukkan fungsi keanggotaan untuk himpunan TINGGI.

$$\mu_{TINGGI} [X_1] = \begin{cases} 0 & X_1 \leq 230 \\ \frac{X_1 - 230}{270 - 230} & 230 \leq X_1 \leq 270 \\ 1 & X_1 \geq 270 \end{cases} \quad (5)$$

Tabel 2 menunjukkan hasil penghitungan derajat keanggotaan dari tingkat curah hujan dengan tiga himpunan yaitu; RENDAH, NORMAL dan TINGGI. Data yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 merupakan data yang digunakan sebagai pedoman dalam pengolahan data sampel secara manual sebelum dilakukan proses inferensi *fuzzy*, di mana perlu dicari terlebih dahulu derajat keanggotaan untuk variabel tingkat curah hujan pada himpunan RENDAH, NORMAL dan TINGGI, yang kemudian digunakan untuk mencari  $\alpha$ -predikat (*fire strength*) untuk setiap aturan.

Tabel 2 Himpunan Derajat Keanggotaan Tingkat Curah Hujan

No	Nama Desa	Curah Hujan (mm/h)	Derajat Keanggotaan [X]		
			Rendah	Sedang	Tinggi
1	Sei. Guntung Tengah	243	0.0	0.6	0.3
2	Sei. Guntung Hilir	199	0.5	0.4	0.0
3	Kuatan Babu	240	0.0	0.7	0.2
4	Kp. Dagang	227	0.0	0.9	0.0
5	Kp. Pulau	369	0.0	0.0	1.0
6	Kp. Besar Kota	290	0.0	0.0	1.0
7	Pasar Kota	219	0.0	0.9	0.0
8	Sekip Hulu	129	1.0	0.0	0.0
9	Sekip Hilir	248	0.0	0.5	0.4
10	KP. Besar Seberang	94	1.0	0.0	0.0
11	Rantau Mepesai	356	0.0	0.0	1.0
12	Pasir Kemilu	140	1.0	0.0	0.0

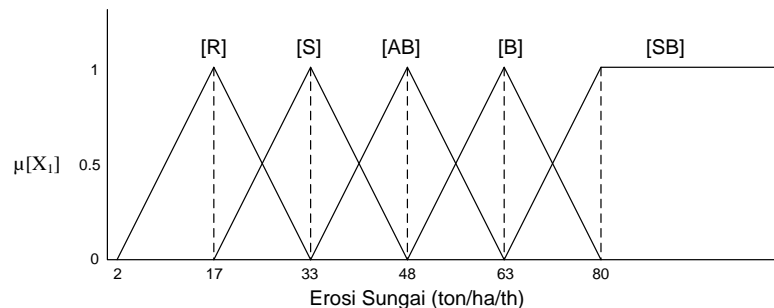
Tabel 3 Himpunan Derajat Keanggotaan Tingkat Curah Hujan (Lanjutan)

No	Nama Desa	Curah Hujan (mm/h)	Derajat Keanggotaan [X]		
			Rendah	Sedang	Tinggi

13	Sei. Beringin	345	0.0	0.0	1.0
14	Pulau Gajah	365	0.0	0.0	1.0
15	Sei. Raya	239	0.0	0.7	0.2
16	UPT III Rawa Bangun	300	0.0	0.0	1.0
17	UPT II Rawa Sekip	186	0.8	0.1	0.0
18	Tambak	255	0.0	0.3	0.6
19	Pulau Gelang	241	0.0	0.6	0.3
20	Rawa Sekip	244	0.0	0.6	0.3
21	Kuala Cinaku	97	1.0	0.0	0.0
22	Kuala Mulya	92	1.0	0.0	0.0
23	Tanjungsari	213	0.2	0.7	0.0

b. Fungsi Keanggotaan Erosi Sungai

Pembentukan fungsi derajat keanggotaan fuzzy dari variabel input laju erosi sungai direpresentasikan pada Gambar 3. berikut:



Gambar 3 Fungsi Keanggotaan Himpunan Fuzzy Pada Variabel Erosi Sungai

Variabel erosi sungai dibagi menjadi lima himpunan fuzzy: RINGAN, SEDANG, AGAK BERAT, BERAT dan SANGAT BERAT. Himpunan RINGAN, dengan fungsi keanggotaan segitiga dan domain [2 17 33], memiliki derajat keanggotaan tertinggi (=1) pada nilai 17 ton/ha/th. Jika erosi sungai berkurang dari 17 ton/ha/th menuju 2 ton/ha/th, kondisinya mendekati TIDAK ADA dan derajat keanggotaannya di himpunan RINGAN berkurang. Namun jika erosi sungai melebihi 17 ton/ha/th, kondisinya mendekati SEDANG. Fungsi keanggotaan untuk himpunan RINGAN dapat dilihat pada persamaan 6:

$$\mu_{RINGAN} [X_1] = \begin{cases} 0; & X_1 \leq 18 \text{ atau } X_1 \geq 47 \\ \frac{X_1 - 2}{17 - 2}; & 2 \leq X_1 \leq 17 \\ \frac{33 - X_1}{33 - 18}; & 17 \leq X_1 \leq 33 \end{cases} \quad (6)$$

Himpunan fuzzy SEDANG, dengan fungsi keanggotaan segitiga dan domain [17 33 48], memiliki derajat keanggotaan tertinggi (=1) pada nilai 33 ton/ha/th. Jika erosi sungai berkurang dari 33 ton/ha/th menuju 17 ton/ha/th, kondisinya mendekati RINGAN dan derajat keanggotaannya di himpunan SEDANG berkurang. Namun jika erosi sungai melebihi 33 ton/ha/th, kondisinya mendekati AGAK BERAT. Persamaan 7 menunjukkan fungsi keanggotaan untuk himpunan SEDANG:

$$\mu_{SEDANG} [X_1] = \begin{cases} 0; & X_1 \leq 17 \text{ atau } X_1 \geq 48 \\ \frac{X_1 - 17}{33 - 17}; & 17 \leq X_1 \leq 33 \\ \frac{48 - X_1}{48 - 33}; & 33 \leq X_1 \leq 48 \end{cases} \quad (7)$$

Himpunan fuzzy AGAK BERAT, dengan fungsi keanggotaan segitiga dan domain [33 48 64], memiliki derajat keanggotaan tertinggi (=1) pada nilai 48 ton/ha/th. Jika erosi sungai berkurang dari 48 ton/ha/th menuju 33 ton/ha/th, kondisinya mendekati SEDANG dan derajat keanggotaannya di himpunan AGAK BERAT berkurang. Namun jika erosi sungai melebihi 48 ton/ha/th, kondisinya mendekati BERAT. Fungsi keanggotaan untuk himpunan AGAK BERAT dapat dilihat pada persamaan 8:

$$\mu_{AGAK BERAT} [X_1] = \begin{cases} 0; & X_1 \leq 33 \text{ atau } X_1 \geq 64 \\ \frac{X_1 - 33}{48 - 33}; & 33 \leq X_1 \leq 48 \\ \frac{64 - X_1}{64 - 48}; & 48 \leq X_1 \leq 64 \end{cases} \quad (8)$$

Himpunan fuzzy BERAT, dengan fungsi keanggotaan segitiga dan domain [48 64 78], memiliki derajat keanggotaan tertinggi (=1) pada nilai 63 ton/ha/th. Jika erosi sungai berkurang dari 63 ton/ha/th menuju 48 ton/ha/th, kondisinya mendekati AGAK BERAT dan derajat keanggotaannya di himpunan BERAT berkurang. Namun jika erosi sungai melebihi 63 ton/ha/th, kondisinya mendekati BERAT. Persamaan 9 menunjukkan fungsi keanggotaan untuk himpunan AGAK BERAT.:

$$\mu_{BERAT} [X_1] = \begin{cases} 0; & X_1 \leq 48 \text{ atau } X_1 \geq 78 \\ \frac{X_1 - 48}{64 - 48}; & 48 \leq X_1 \leq 64 \\ \frac{78 - X_1}{78 - 64}; & 64 \leq X_1 \leq 78 \end{cases} \quad (9)$$

Himpunan fuzzy SANGAT BERAT, dengan fungsi keanggotaan trapesium dan domain [64 80 200 200], memiliki derajat keanggotaan tertinggi (=1) pada nilai  $X \geq 80$  ton/ha/th. Jika erosi sungai berkurang dari 80 ton/ha/th menuju 64 ton/ha/th, kondisinya mendekati BERAT dan derajat keanggotaannya di himpunan SANGAT BERAT berkurang. Persamaan 10 menunjukkan fungsi keanggotaan untuk himpunan SANGAT BERAT:

$$\mu_{SANGAT BERAT} [X_1] = \begin{cases} 0 & X_1 \leq 64 \\ \frac{X_1 - 64}{80 - 64} & 64 \leq X_1 \leq 80 \\ 1 & X_1 \geq 80 \end{cases} \quad (10)$$

Tabel 4 menunjukkan hasil penghitungan derajat keanggotaan dari erosi sungai dengan tiga himpunan yaitu; RINGAN, SEDANG, AGAK BERAT, BERAT, DAN SANGAT BERAT.

Tabel 4 Himpunan Derajat Keanggotaan Erosi Sungai

No	Nama Desa	Erosi Sungai (mm/ha/th)	Derajat Keanggotaan [X]				
			Ringan	Sedang	Agak Berat	Berat	Sangat Berat
1	Sei. Guntung Tengah	14.7	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
2	Sei. Guntung Hilir	73.4	0.0	0.0	0.0	0.3	0.6
3	Kuatan Babu	7.7	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0
4	Kp. Dagang	30.9	0.1	0.9	0.0	0.0	0.0
5	Kp. Pulau	5.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
6	Kp. Besar Kota	4.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0

Tabel 5 Himpunan Derajat Keanggotaan Erosi Sungai (Lanjutan)

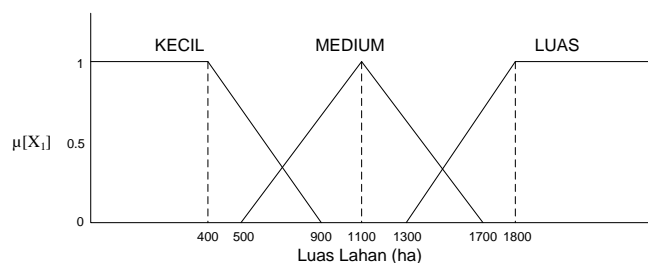
No	Nama Desa	Erosi Sungai (mm/ha/th)	Derajat Keanggotaan [X]				
			Ringan	Sedang	Agak Berat	Berat	Sangat Berat
7	Pasar Kota	37.0	0.0	0.7	0.3	0.0	0.0
8	Sekip Hulu	85.2	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
9	Sekip Hilir	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

No	Nama Desa	Erosi Sungai (mm/ha/th)	Derajat Keanggotaan [X]				
			Ringan	Sedang	Agak Berat	Berat	Sangat Berat
10	KP. Besar Seberang	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	Rantau Mepesai	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	Pasir Kemilu	11.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
13	Sei. Beringin	75.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.7
14	Pulau Gajah	65.8	0.0	0.0	0.0	0.8	0.1
15	Sei. Raya	37.8	0.0	0.6	0.3	0.0	0.0
16	UPT III Rawa Bangun	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
17	UPT II Rawa Sekip	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	Tambak	37.3	0.0	0.7	0.3	0.0	0.0
19	Pulau Gelang	57.0	0.0	0.0	0.4	0.6	0.0
20	Rawa Sekip	11.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0
21	Kuala Cinaku	22.0	0.7	0.3	0.0	0.0	0.0
22	Kuala Mulya	56.0	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0
23	Tanjungsari	37.5	0.0	0.7	0.3	0.0	0.0

Data yang ditunjukkan oleh Tabel 5 merupakan hasil pengolahan data sampel secara manual sebelum dilakukan inferensi, di mana perlu dicari terlebih dahulu derajat keanggotaan untuk variabel erosi sungai pada himpunan RENDAH, NORMAL dan TINGGI, yang kemudian digunakan untuk mencari  $\alpha$ -predikat (*fire strength*) untuk setiap aturan.

### c. Fungsi Keanggotaan Luas Lahan

Pembentukan fungsi keanggotaan fuzzy dari variabel luas lahan direpresentasikan pada Gambar 4. Berikut :



Gambar 4. Fungsi Keanggotaan Himpunan *Fuzzy* Pada Variabel Luas Lahan

Untuk variabel luas lahan dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy, yaitu KECIL, MEDIUM dan LUAS. Himpunan fuzzy KECIL direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan trapesium

(trapmf) yang memiliki domain [0 0 400 900], dengan derajat keanggotaan KECIL tertinggi (=1) terletak pada nilai  $X \leq 400$  ha. Apabila luas lahan semakin besar dari 400 ha, maka kondisi luas lahan sudah semakin mendekati MEDIUM. Fungsi keanggotaan untuk himpunan KECIL ini dapat dilihat pada persamaan 9:

$$\mu_{RENDAH} [X_1] = \begin{cases} 1 & X_1 \leq 400 \\ \frac{900 - X_1}{900 - 400} & 400 \leq X_1 \leq 900 \\ 0 & X_1 \geq 900 \end{cases} \quad (9)$$

Himpunan fuzzy MEDIUM, dengan fungsi keanggotaan segitiga dan domain [500 1100 1700], memiliki derajat keanggotaan tertinggi (=1) pada nilai 1100 ha. Jika luas lahan berkurang dari 1100 ha menuju 500 ha, kondisinya mendekati KECIL dan derajat keanggotaannya di himpunan MEDIUM berkurang. Namun jika luas lahan melebihi 1100 ha, kondisinya mendekati LUAS. Penetapan fungsi keanggotaan untuk himpunan MEDIUM dapat dilihat pada persamaan 10:

$$\mu_{NORMAL} [X_1] = \begin{cases} 1 & X_1 \leq 500 \text{ atau } X_1 \geq 1700 \\ \frac{X_1 - 500}{1100 - 500} & 500 \leq X_1 \leq 1100 \\ \frac{1700 - X_1}{1700 - 1100} & 1100 \leq X_1 \leq 1700 \end{cases} \quad (10)$$

Himpunan fuzzy LUAS, dengan fungsi keanggotaan trapesium dan domain [1300 1800 4000 4000], memiliki derajat keanggotaan tertinggi (=1) pada nilai  $X \geq 1800$  ha. Jika luas lahan berkurang dari 1800 ha menuju 1300 ha, kondisinya mendekati MEDIUM dan derajat keanggotaannya di himpunan LUAS berkurang. Namun jika luas lahan melebihi 1800 ha, kondisinya masih diidentifikasi sebagai LUAS. Fungsi keanggotaan untuk himpunan LUAS dapat dilihat pada persamaan 11:

$$\mu_{TINGGI} [X_1] = \begin{cases} 0 & X_1 \leq 1300 \\ \frac{X_1 - 1300}{1800 - 1300} & 1300 \leq X_1 \leq 1800 \\ 1 & X_1 \geq 1800 \end{cases} \quad (4.11)$$

Tabel 6 menunjukkan hasil penghitungan derajat keanggotaan dari luas lahan dengan tiga himpunan dasar yaitu kecil, medium dan luas yang merupakan pembentukan dari himpunan variabel input luas lahan.

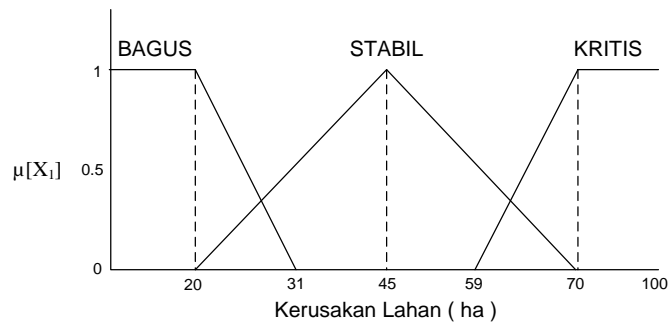
Tabel 6 Himpunan Derajat Keanggotaan Luas Lahan

No	Nama Desa	Luas Lahan (ha)	Derajat Keanggotaan [X]		
			Kecil	Medium	Luas
1	Sei. Guntung Tengah	748	0.3	0.4	0.0
2	Sei. Guntung Hilir	744	0.3	0.4	0.0
3	Kuatan Babu	2700	0.0	0.0	1.0
4	Kp. Dagang	403	1.0	0.0	0.0
5	Kp. Pulau	657	0.5	0.3	0.0
6	Kp. Besar Kota	725	0.4	0.4	0.0
7	Pasar Kota	175	1.0	0.0	0.0
8	Sekip Hulu	550	0.7	0.1	0.0
9	Sekip Hilir	750	0.3	0.4	0.0
10	KP. Besar Seberang	175	1.0	0.0	0.0
11	Rantau Mepesai	290	1.0	0.0	0.0
12	Pasir Kemilu	194	1.0	0.0	0.0
13	Sei. Beringin	1237	0.0	0.8	0.0
14	Pulau Gajah	500	0.8	0.0	0.0
15	Sei. Raya	2755	0.0	0.0	1.0
16	UPT III Rawa Bangun	676	0.4	0.3	0.0
17	UPT II Rawa Sekip	460	0.9	0.0	0.0
18	Tambak	1480	0.0	0.4	0.4
19	Pulau Gelang	1019	0.0	0.9	0.0
20	Rawa Sekip	1500	0.0	0.3	0.4
21	Kuala Cinaku	678	0.4	0.3	0.0
22	Kuala Mulya	1668	0.0	0.1	0.7
23	Tanjungsari	1500	0.0	0.3	0.4

Data yang ditunjukkan oleh Tabel 4 merupakan pedoman dalam pengolahan data sampel secara manual sebelum dilakukan inferensi di mana perlu dicari terlebih dahulu derajat keanggotaan untuk variabel luas lahan pada himpunan KECIL, MEDIUM dan LUAS, yang kemudian digunakan untuk mencari  $\alpha$ -predikat (fire strength) untuk setiap aturan.

#### d. Fungsi Keanggotaan Kerusakan Lahan

Pembentukan fungsi keanggotaan fuzzy dari variabel luas lahan direpresentasikan pada Gambar 5. berikut:



Gambar 5 Fungsi Keanggotaan Himpunan *Fuzzy* Pada Variabel Kerusakan Lahan

Untuk variabel kerusakan lahan dibagi menjadi tiga himpunan fuzzy, yaitu BAGUS, STABIL dan KRITIS. Himpunan fuzzy BAGUS direpresentasikan dengan fungsi keanggotaan trapesium (trapmf) yang memiliki domain [0 0 20 31], dengan derajat keanggotaan BAGUS tertinggi (=1) terletak pada nilai  $X \leq 20$ . Apabila kerusakan lahan semakin besar dari 20, maka kondisi kerusakan lahan sudah semakin mendekati STABIL. Fungsi keanggotaan untuk himpunan BAGUS ini dapat dilihat pada persamaan 12:

$$\mu_{BAGUS} [X_1] = \begin{cases} 1 & X_1 \leq 20 \\ \frac{31 - X_1}{31 - 20} & 20 \leq X_1 \leq 31 \\ 0 & X_1 \geq 31 \end{cases} \quad (12)$$

Himpunan fuzzy STABIL, dengan fungsi keanggotaan segitiga dan domain [20 45 70], memiliki derajat keanggotaan tertinggi (=1) pada nilai 45. Jika kerusakan lahan berkurang dari 45 menuju 20, kondisinya mendekati BAGUS dan derajat keanggotaannya di himpunan STABIL berkurang. Namun jika kerusakan lahan melebihi 45, kondisinya mendekati KRITIS. Penetapan fungsi keanggotaan untuk himpunan STABIL dapat dilihat pada persamaan 13:

$$\mu_{STABIL} [X_1] = \begin{cases} 1 & X_1 \leq 20 \text{ atau } X_1 \geq 70 \\ \frac{X_1 - 20}{45 - 20} & 20 \leq X_1 \leq 45 \\ \frac{70 - X_1}{70 - 45} & 45 \leq X_1 \leq 70 \end{cases} \quad (13)$$

Himpunan fuzzy KRITIS, dengan fungsi keanggotaan trapesium dan domain [59 70 100 100], memiliki derajat keanggotaan tertinggi (=1) pada nilai  $X \geq 70$ . Jika kerusakan lahan berkurang dari 70 menuju 59, kondisinya mendekati STABIL dan derajat keanggotaannya di himpunan KRITIS berkurang. Namun jika kerusakan lahan melebihi 70, kondisinya masih diidentifikasi sebagai KRITIS.. Fungsi keanggotaan untuk himpunan KRITIS dapat dilihat pada persamaan 14:

$$\mu_{KRITIS} [X_1] = \begin{cases} 0 & X_1 \leq 59 \\ \frac{X_1 - 59}{70 - 59} & 59 \leq X_1 \leq 70 \\ 1 & X_1 \geq 70 \end{cases} \quad (14)$$

e. Pembentukan Aturan *Fuzzy*

Analisa kerusakan lahan untuk optimasi DAS Indragiri Hulu berdasarkan tiga indikator utama dari hasil wawancara kami dengan Dinas Pengawasan Pembangunan dan Pengendalian Lingkungan Pemda INHU 2010, yaitu: tingkat curah hujan, laju erosi lahan, dan luas lahan. Masing-masing parameter memiliki tiga Himpunan Fuzzy. Rule FIS diperoleh dengan menggabungkan input variabel dan himpunan fuzzy, menghasilkan 45 Rule.

Kerusakan Lahan dihitung sebagai output sistem FIS optimasi DAS dengan rumus:

$$\% \text{Kondisi Lahan} = \frac{30\% (TCH) + 50\% (ES) + 20\% (LH)}{1000} \times 100\% \quad (15)$$

Di mana TCH = Tingkat Curah Hujan, LES = Laju Erosi Sungai, LH = Luas Lahan, dan 1000 adalah nilai konstanta yang ditentukan oleh pakar.

Aturan Sistem Logika fuzzy dibuat untuk menyatakan relasi antara input dan output. Setiap aturan merupakan implikasi dengan Operator AND yang digunakan untuk menghubungkan aturan-aturan input-output dalam bentuk IF – THEN. Aturan berdasarkan data yang digunakan.

## SIMPULAN

Analisis sistem pendukung keputusan berbasis logika fuzzy dengan metode sistem inferensi fuzzy model Mamdani pada optimasi Daerah Aliran Sungai Indragiri Hulu menunjukkan hasil yang relevan antara perhitungan manual dan aplikasi FIS Editor Toolbox di MATLAB. Meski ada perbedaan, hasilnya masih dalam batas toleransi kelayakan. Sistem ini sudah membantu Pemerintah Daerah INHU dalam mengukur potensi daerah sepanjang sungai Indragiri untuk optimalisasi DAS tiap tahun.

Kelebihan metode ini termasuk bahasa sederhana, prediksi nilai yang baik, mudah dipahami, dan dapat dianalisa langsung melalui Rule Viewer aplikasi. Namun, kekurangannya adalah variabel data input yang digunakan masih sedikit sehingga kurang akurat, pengklasifikasian data masih kurang jelas dan tidak ada pengkajian data tahun sebelumnya untuk pembandingan atau rerata data minimal 5 tahun belakang.

## DAFTAR PUSTAKA

Djunaidi, M., Setiawan, E., & Andista, F. W. (2005). Penentuan jumlah produksi dengan aplikasi metode fuzzy–mamdani. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 4(2), 95–104.

- Jang, J. S. R. (1997). *MATLAB: Fuzzy logic toolbox user's guide: Version 1*. Math Works.
- Kiani, R., Azar, A., & Bayat, K. (2021). Designing an Evaluation model of Performance based Budgeting Software through fuzzy Dematel and Analytic Hierarchical Process. *Public Management Researches*, 14(51), 35–63.
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). Aplikasi Logika Fuzzy untuk pendukung keputusan. *Yogyakarta: Graha Ilmu*, 2.
- Marwah, S., & Alwi, L. (2014). Analysis of the impact of land use change on tidal Flood in Kendari City. *Int. J. Appl*, 4.
- Sahu, R. K., Panda, S., & Yegireddy, N. K. (2014). A novel hybrid DEPS optimized fuzzy PI/PID controller for load frequency control of multi-area interconnected power systems. *Journal of Process Control*, 24(10), 1596–1608.
- Sri, K. (2002). Analisa Desain Sistem Fuzzy Menggunakan Tool Box Matlab. *Edisi Pertama. Cetakan Pertama. Yogyakarta: Graha Ilmu*.
- Suyanto, B. (2015). *Metode penelitian sosial: Berbagai alternatif pendekatan*. Prenada Media.