

ANALISIS RISIKO KEBAKARAN HUTAN DENGAN LOGIKA FUZZY MAMDANI

Nashiruddin Sahal Muhtadi¹, Dhaffa Mulya Rahman², Dewi Fatmarani Suriyanto^{3*}

^{1,2,3}Teknik Komputer, Universitas Negeri Makassar; Jl. Mallengkeri Raya, Parang Tambung, Kec. Tamalate, Kota Makassar, Sulawesi Selatan; 90224

Riwayat artikel:

Received: 17 Desember 2022

Accepted: 29 Desember 2023

Published: 1 Januari 2024

Keywords:

Kebakaran hutan;
Mamdani;
Resiko kebakaran;
Suhu udara;
Taman nasional Tanjung
Puting.

Correspondent Email:

dewifatmaranis@unm.ac.id

Abstrak. Kebakaran hutan di Taman Nasional Tanjung Puting (TNTP) merupakan masalah yang sering terjadi dan memiliki dampak serius terhadap ekosistem dan satwa liar di area tersebut. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan analisis risiko kebakaran hutan yang efektif. Dalam penelitian ini, metode *fuzzy logic* Mamdani digunakan untuk menganalisis risiko kebakaran hutan di TNTP. Metode ini mempertimbangkan variabel input seperti suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin untuk memprediksi tingkat risiko kebakaran hutan. Langkah-langkah penerapan metode *fuzzy logic* Mamdani meliputi penentuan variabel input dan output, penentuan fungsi keanggotaan, dan penentuan aturan *fuzzy*. Aturan *fuzzy* dibuat berdasarkan kombinasi nilai-nilai himpunan *fuzzy* dari variabel input yang telah ditentukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dari 15 data pengujian, 80% berisiko tinggi, 13,3% berisiko sedang, dan 6,7% berisiko rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar kondisi cuaca di TNTP memiliki tingkat risiko kebakaran yang tinggi.

Abstract. Forest fires in Tanjung Puting National Park (TNTP) are a frequent problem and have a serious impact on ecosystems and wildlife in the area. To overcome this problem, an effective forest fire risk analysis is needed. In this study, the Mamdani fuzzy logic method was used to analyze the risk of forest fires in TNTP. This method considers input variables such as air temperature, air humidity, and wind speed to predict the risk level of forest fires. The steps for implementing the Mamdani fuzzy logic method include determining input and output variables, determining membership functions, and determining fuzzy rules. Fuzzy rules are made based on the combination of fuzzy set values from predetermined input variables. The results showed that from 15 test data, 80% had high risk, 13.3% had moderate risk, and 6.7% had low risk. This indicates that most of the weather conditions in TNTP have a high level of fire risk.

1. PENDAHULUAN

Kebakaran adalah proses pembakaran yang tidak terkendali dan merambat secara cepat, yang melibatkan materi seperti hutan, vegetasi, atau benda-benda lainnya [1]. Kebakaran hutan merupakan suatu proses pembakaran yang melibatkan materi seperti pohon-pohon hutan yang mendatangkan bencana yang terjadi karena proses spontan alami, atau karena

kesengajaan yang tidak dapat dikendalikan [2]. Di Indonesia kebakaran hutan dapat menyebabkan terjadinya degradasi hutan dan kerusakan lahan yang mengakibatkan turunnya tingkat keanekaragaman flora dan fauna [3].

Kebakaran hutan yang sering terjadi pada umumnya disebabkan oleh tindakan kelalaian atau kesengajaan manusia yang melakukan pembukaan lahan dalam skala besar secara

ilegal. Tindakan ini umumnya dilakukan oleh perusahaan-perusahaan di sektor perkebunan dan kehutanan, baik untuk kegiatan pertanian, kehutanan, atau perkebunan. Faktanya, hanya sejumlah kecil dari kebakaran hutan yang disebabkan oleh peristiwa alam, seperti petir atau erupsi gunung berapi [4]. Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Prabowo, R. A., Triwiyanto, A., & Soetrisno, Y. A. A. (2022), cuaca adalah faktor yang signifikan dalam memicu kebakaran hutan, mencakup elemen seperti arah dan kecepatan angin, suhu udara, jumlah hujan, kondisi tanah, serta tingkat kelembaban relatif [5]. Waktu juga berperan dalam memengaruhi kebakaran hutan, karena waktu sangat berkaitan dengan situasi cuaca yang ada pada saat itu [6].

Taman nasional tanjung puting merupakan salah satu taman nasional di Indonesia yang terletak di Kalimantan Tengah [7]. Dalam beberapa tahun terakhir, taman nasional tanjung puting telah menjadi sorotan publik karena terjadi kebakaran hutan yang sering terjadi. Kebakaran hutan tidak hanya merusak lingkungan dan mengganggu keseimbangan ekosistem, tetapi juga mengancam keselamatan dan kesehatan masyarakat yang tinggal di sekitar taman nasional [8]. Beberapa kebakaran hutan terbaru yang terjadi di taman nasional tanjung puting antara lain pada tahun 2015 dan 2019. Pada tahun 2015 kebakaran tersebut memberikan dampak yang signifikan terhadap ekosistem dan satwa liar di taman nasional tersebut, terutama habitat orangutan. Kebakaran hutan terus mengancam area taman nasional dan upaya pemadaman menghadapi berbagai kendala, termasuk minimnya sumber air dan medan yang sulit. Penting untuk menjaga fungsi hidrologi kawasan tersebut dan mencegah kebakaran yang lebih besar terjadi, terutama saat musim kemarau [9].

Pada tahun 2019 kebakaran berdampak dengan 100 titik panas yang terkonfirmasi. Kebakaran terjadi di tiga resort pengelolaan TNTP, dengan luas yang mencapai 10 hektar. Kebakaran ini diduga disebabkan oleh fenomena El Nino dan pembukaan lahan menggunakan api. Upaya pemadaman dilakukan oleh Satgas Karhutla dengan kendala akses hutan dan ketersediaan air yang minim [10]. Kebakaran hutan di taman nasional tanjung puting berdampak sangat besar terhadap ekosistem dan satwa liar yang ada di

sana karena menghancurkan habitatnya, seperti contohnya orangutan [11].

Metode *Fuzzy Mamdani* dapat digunakan pada berbagai objek, salah satunya dalam pengukuran tingkat risiko [12]. Pada penelitian ini, metode Mamdani digunakan untuk mengukur tingkat risiko kebakaran hutan. Metode ini dapat membantu para pengambil keputusan untuk mengidentifikasi daerah-daerah yang rentan terhadap kebakaran hutan dan merancang strategi yang tepat untuk mencegah atau mengatasi kebakaran tersebut.

Sebelumnya, beberapa penelitian telah dilakukan mengenai analisis risiko kebakaran hutan. Misalnya penelitian yang dilakukan Budi Utomo, Bobby Agus Yusmiono, Aldo Panji Prasetya, Mini Julita, dan Mega Kusuma Putri (2022) melakukan penelitian tentang tingkat bahaya karhutla di Kabupaten Ogan Ilir, Provinsi Sumatera Selatan. Penelitian menggunakan metode *fuzzy logic* dan data citra satelit Landsat 8 serta data curah hujan. Penelitian ini memberikan pemahaman tentang tingkat bahaya karhutla di daerah tersebut dan menyajikan peta bahaya karhutla berdasarkan analisis *fuzzy logic* [13]. Sedangkan pada penelitian ini menekankan proses atau pendekatan analisis terhadap implementasi *fuzzy mamdani*.

Studi yang dilakukan oleh Erianto Indra Putra dan Idelia Lathiifah Puspawati pada tahun 2020 menganalisis dampak dari tingkat kelembapan, suhu udara, serta curah hujan terhadap insiden kebakaran gambut di Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi. Studi tersebut menggunakan analisis statistik dan citra satelit untuk mengidentifikasi pengaruh faktor-faktor lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kelembapan dan curah hujan memiliki pengaruh signifikan dalam mengurangi kebakaran gambut, sementara suhu udara memiliki pengaruh yang lebih kompleks [14]. Pada penelitian tersebut memiliki variabel kelembapan, suhu udara, dan curah hujan sehingga belum memasukkan atau mempertimbangkan apakah kecepatan angin juga berpengaruh, kemudian terdapat dataset yang digunakan pada tahun 2019 sedangkan pada penelitian ini datanya langsung diambil secara realtime jangka waktu sekarang.

Penelitian yang dilakukan oleh Jepri Yandi, Tri Basuki Kurniawan, Edi Surya Negara, dan Muhamad Akbar pada tahun 2019 bertujuan

memprediksi lokasi titik api kebakaran hutan dengan menggunakan model regresi *Support Vector Machine* (SVM), dengan menggunakan data tentang kejadian kebakaran hutan di Daops Manggala Agni Oki, Sumatera Selatan, pada tahun 2019. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa model regresi SVM efektif dalam memprediksi lokasi titik panas kebakaran hutan, dan dapat digunakan sebagai sistem peringatan dini untuk pencegahan dan mitigasi kebakaran [15]. Pada penelitian tersebut mengembangkan model prediksi menggunakan metode regresi SVM untuk memprediksi lokasi titik panas kebakaran hutan sedangkan pada penelitian yang penulis rencanakan membuat sistem atau program yang memprediksi risiko kebakaran dari sebuah hutan taman nasional tanjung puting.

Rio Agung Prabowo, Aris Triwiyanto, dan Yosua Alvin Adi Soetrisno (2022) merancang dan mengimplementasikan sistem pendeteksi dini kebakaran hutan dan lahan yang menggunakan sensor kelembapan udara, suhu, curah hujan, dan kecepatan angin. Penelitian tersebut bertujuan untuk mengurangi risiko kebakaran hutan dan lahan dengan memberikan informasi awal kepada pihak berwenang. Uji coba sistem ini dilakukan pada lokasi yang rentan terjadi kebakaran hutan dan lahan di Indonesia, dan hasilnya menunjukkan bahwa sistem ini dapat bekerja dengan baik dan akurat dalam mendeteksi potensi kebakaran [5]. Pada penelitian ini menggunakan alat prototipe Sistem Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan dan Lahan sedangkan pada penelitian yang penulis rencanakan menggunakan metode *fuzzy mamdani* yang belum pernah dicoba pada objek taman nasional tanjung puting.

Selanjutnya, Arief Fauzy Saptari dan Dian N. Handiani (2022) melakukan penelitian menggunakan metode *fuzzy logic* tentang penentuan daerah rawan kebakaran hutan di Kabupaten Alor, Nusa Tenggara Timur. Penelitian ini menggunakan data curah hujan, suhu, dan kelembapan udara dari stasiun meteorologi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode *fuzzy logic* dapat digunakan dengan akurasi yang tinggi untuk menentukan daerah rawan kebakaran hutan. Penelitian ini memberikan dasar bagi pengambilan keputusan dan perencanaan mitigasi kebakaran hutan di Kabupaten Alor [16]. Perbedaan antara penelitian yang penulis rencanakan terletak

pada metode yaitu pada penelitian ini menggunakan metode Sistem Informasi Geografis (SIG) sedangkan pada penelitian yang penulis rencanakan menggunakan metode *fuzzy mamdani* yang belum pernah dicoba pada objek taman nasional tanjung puting. Namun pada kedua penelitian tetap menekankan pada penentuan risiko daerah kebakaran hutan.

Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) merupakan lembaga pemerintah daerah yang memiliki peran penting dalam upaya penanganan bencana di tingkat daerah. Penting untuk melaporkan bencana kepada BPBD agar instansi-instansi terkait dapat segera merespons dan mendatangi lokasi bencana dengan cepat [17]. Dalam rangka meningkatkan efektivitas pengendalian kebakaran hutan di taman nasional tanjung puting, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan model analisis risiko kebakaran hutan yang menggunakan metode *fuzzy logic mamdani*. Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam upaya pengendalian kebakaran hutan di taman nasional tanjung puting dan di daerah-daerah lain yang menghadapi masalah serupa.

2. TINJAUAN PUSTAKA

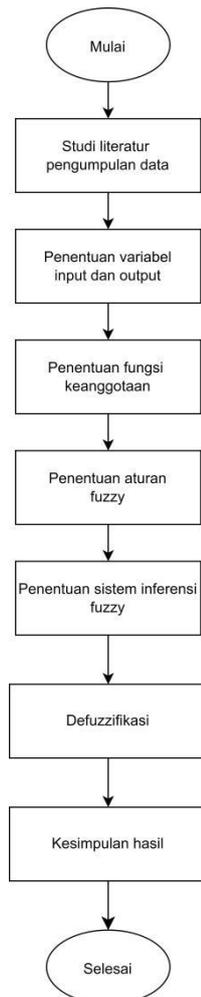
2.1 Fuzzy Logic Inference System Mamdani

Logika *fuzzy* adalah teori himpunan *fuzzy* yang menggunakan derajat keanggotaan sebagai penentu keberadaan elemen dalam suatu himpunan, dengan nilai keanggotaan berkisar antara 0 hingga 1. Sistem inferensi Mamdani merupakan metode logika *fuzzy* yang mengubah aturan-aturan *fuzzy* menjadi keluaran dalam bentuk himpunan logika *fuzzy*. Tahapannya meliputi pembentukan himpunan *fuzzy*, fuzzifikasi untuk menentukan derajat keanggotaan variabel *input*, operasi logika *fuzzy* untuk menggabungkan pernyataan antecedent, implikasi menggunakan fungsi Min, agregasi menggunakan fungsi Max, dan terakhir, defuzzifikasi untuk mengubah himpunan *fuzzy* input menjadi bilangan *crisp*. Salah satu metode defuzzifikasi yang digunakan adalah metode centroid, yang mengambil titik pusat daerah *fuzzy* sebagai output. Metode *Fuzzy Logic Mamdani* pada penelitian ini digunakan untuk menganalisis risiko kebakaran hutan di Taman Nasional Tanjung Puting. Metode ini

mempertimbangkan tiga *input* yaitu suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan udara untuk memprediksi tingkat risiko kebakaran hutan [12].

3. METODE PENELITIAN

Dalam merancang sistem prediksi risiko kebakaran, adapun metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini, dijelaskan pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode penelitian

3.1 Studi Literatur

Dalam tahap studi literatur, peneliti melakukan pencarian dan analisis terhadap berbagai sumber literatur yang relevan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang kebakaran hutan, risiko kebakaran, dan metode *fuzzy logic* Mamdani yang digunakan dalam analisis risiko kebakaran hutan. Untuk mengumpulkan literatur, peneliti menggunakan metode pencarian yang sistematis, seperti pencarian dengan menggunakan kata kunci

terkait topik penelitian dalam basis data akademik, seperti *Google Scholar*, dan penelusuran melalui perpustakaan digital universitas atau lembaga penelitian. Data yang digunakan diputuskan bersumber dari *google weather* yang tentunya terkait dengan variabel yang akan digunakan.

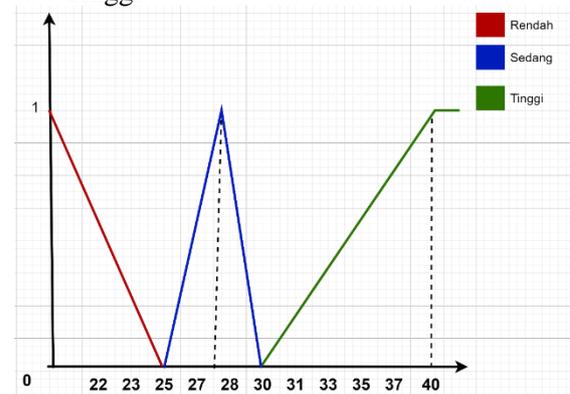
3.2 Penentuan Variabel Input dan Output

Penentuan variabel *input* dan *output* dilakukan berdasarkan penelitian sebelumnya, yang menunjukkan bahwa variabel tersebut memiliki pengaruh signifikan terhadap kebakaran hutan. Variabel tersebut adalah suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin. Sedangkan variabel *output* adalah tingkat risiko kebakaran hutan.

3.3 Penentuan Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan digunakan untuk menghubungkan variabel *input* dan *output* dengan himpunan *fuzzy*. Pada langkah ini, peneliti menentukan bentuk kurva dan parameter fungsi keanggotaan untuk masing-masing variabel. Fungsi keanggotaan ini menggambarkan seberapa besar suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin mempengaruhi tingkat risiko kebakaran hutan.

- Pada variabel suhu terdapat tiga himpunan diantaranya yaitu Rendah, Sedang dan Tinggi



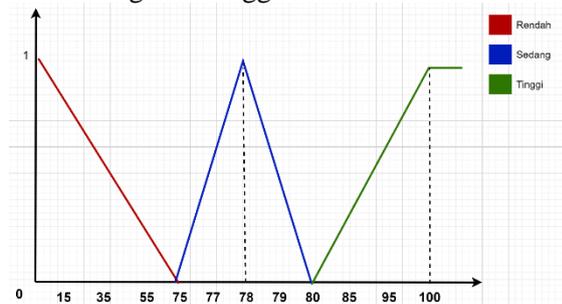
Gambar 2. Grafik himpunan suhu

Gambar 2 adalah ilustrasi dari himpunan variabel suhu. Dalam situasi "Rendah," rentang nilai suhu berada di bawah 25°C. Dalam situasi "Sedang," suhu berkisar antara 25°C hingga 30°C. Sementara itu, dalam kondisi "Tinggi," suhu berada dalam kisaran 30°C hingga 40°C.

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Suhu Rendah}}^{(t)} &= \begin{cases} 25-x & 0; x \geq 25 \\ 25-0 & ; 0 \leq x \leq 25 \\ 1; x \leq 0 \end{cases} \\ \mu_{\text{Suhu Sedang}}^{(t)} &= \begin{cases} \frac{x-25}{27-25} & 0; x \leq 25 \text{ atau } x \geq 30 \\ & ; 25 \leq x \leq 27 \\ \frac{30-x}{30-27} & ; 27 \leq x \leq 30 \end{cases} \\ \mu_{\text{Suhu Tinggi}}^{(t)} &= \begin{cases} 0 & 0; x \leq 30 \\ \frac{x-40}{40-30} & ; 30 \leq x \leq 40 \\ 1; x \geq 40 \end{cases} \end{aligned}$$

Gambar 3. Fungsi keanggotaan variabel suhu

- Pada variabel kelembapan terdapat tiga himpunan diantaranya yaitu Rendah, Sedang dan Tinggi



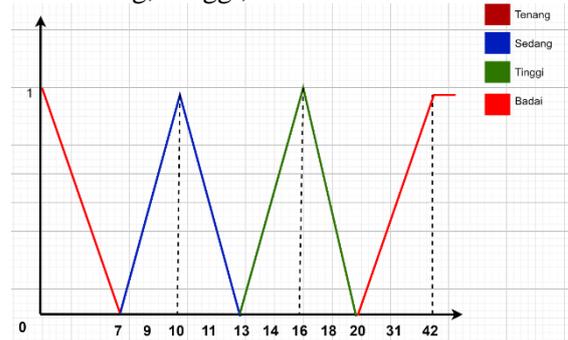
Gambar 4. Grafik himpunan kelembapan

Gambar 4 adalah ilustrasi dari himpunan variabel kelembapan. Dalam situasi "Rendah," rentang nilai suhu berada di bawah 75°C. Dalam situasi "Sedang," suhu berkisar antara 75°C hingga 80°C. Sementara itu, dalam kondisi "Tinggi," suhu berada dalam kisaran 80°C hingga 100°C.

$$\begin{aligned} \mu_{\text{Kelembapan Rendah}}^{(t)} &= \begin{cases} 1; x \geq 75 \\ \frac{80-x}{80-75} & ; 0 \leq x \leq 75 \\ 0; x \leq 0 \end{cases} \\ \mu_{\text{Kelembapan Sedang}}^{(t)} &= \begin{cases} 0; x \leq 75 \text{ atau } x \geq 80 \\ \frac{x-75}{78-75} & ; 75 \leq x \leq 78 \\ \frac{80-x}{80-78} & ; 78 \leq x \leq 80 \end{cases} \\ \mu_{\text{Kelembapan Tinggi}}^{(t)} &= \begin{cases} 0; x \leq 80 \\ \frac{x-100}{100-80} & ; 80 \leq x \leq 100 \\ 1; x \geq 100 \end{cases} \end{aligned}$$

Gambar 5. Fungsi keanggotaan variabel kelembapan

- Pada variabel kecepatan angin terdapat empat himpunan diantaranya yaitu Tenang, Sedang, Tinggi, dan Badai



Gambar 6. Grafik himpunan kecepatan angin

Gambar 6 merupakan grafik himpunan variabel Kelembapan. Ketika kondisinya "Tenang" maka rentang nilainya di bawah 7. Ketika kondisinya "Sedang" maka rentang nilainya 7 sampai dengan 13. Ketika kondisinya "Tinggi" maka rentang nilainya 13 sampai dengan 20. Sedangkan ketika kondisinya "Badai" maka rentang nilainya 20 sampai dengan 42.

$$\begin{aligned}
 \mu_{\text{Kecepatan Tenang}}^{(t)} &= \begin{cases} 0; & x \geq 7 \\ \frac{7-x}{7-0} & ; 0 \leq x \leq 7 \\ 1; & x \leq 0 \end{cases} \\
 \mu_{\text{Kecepatan Sedang}}^{(t)} &= \begin{cases} 0; & x \leq 7 \text{ atau } x \geq 13 \\ \frac{x-7}{10-7} & ; 7 \leq x \leq 10 \\ \frac{13-x}{13-10} & ; 10 \leq x \leq 13 \\ 0 & \end{cases} \\
 \mu_{\text{Kecepatan Tinggi}}^{(t)} &= \begin{cases} 0; & x \leq 13 \text{ atau } x \geq 20 \\ \frac{x-13}{16-13} & ; 13 \leq x \leq 16 \\ \frac{20-x}{20-16} & ; 16 \leq x \leq 20 \\ 0 & \end{cases} \\
 \mu_{\text{Kecepatan Badai}}^{(t)} &= \begin{cases} 0; & x \leq 20 \\ \frac{x-20}{42-20} & ; 20 \leq x \leq 42 \\ 1; & x \geq 42 \end{cases}
 \end{aligned}$$

Gambar 7. Fungsi keanggotaan variabel kecepatan angin

3.4 Penentuan Aturan Fuzzy

Aturan *fuzzy* dibuat berdasarkan kombinasi antara nilai-nilai himpunan *fuzzy* dari variabel input yang telah ditentukan. Aturan *fuzzy* ini menentukan hubungan antara suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin dengan tingkat risiko kebakaran hutan. Berikut adalah keseluruhan aturan *fuzzy* yang digunakan:

TABEL 1

.ATURAN FUZZY YANG DIGUNAKAN

No	Aturan
1	Jika suhu rendah, kelembapan rendah, dan kecepatan angin tenang, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".
2	Jika suhu rendah, kelembapan rendah, dan kecepatan angin sedang, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".
3	Jika suhu rendah, kelembapan rendah, dan kecepatan angin tinggi, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".
4	Jika suhu rendah, kelembapan rendah, dan kecepatan angin badai, maka risiko kebakaran adalah "Sedang".
5	Jika suhu rendah, kelembapan sedang, dan kecepatan angin tenang, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".
6	Jika suhu rendah, kelembapan sedang, dan kecepatan angin sedang, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".
7	Jika suhu rendah, kelembapan sedang, dan kecepatan angin tinggi, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".
8	Jika suhu rendah, kelembapan sedang, dan kecepatan angin badai, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".
9	Jika suhu rendah, kelembapan tinggi, dan kecepatan angin tenang, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".
10	Jika suhu rendah, kelembapan tinggi, dan kecepatan angin sedang, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".
11	Jika suhu rendah, kelembapan tinggi, dan kecepatan angin tinggi, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".

No	Aturan	No	Aturan
12	Jika suhu rendah, kelembapan tinggi, dan kecepatan angin badai, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".	21	Jika suhu sedang, kelembapan tinggi, dan kecepatan angin tenang, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".
13	Jika suhu sedang, kelembapan rendah, dan kecepatan angin tenang, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".	22	Jika suhu sedang, kelembapan tinggi, dan kecepatan angin sedang, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".
14	Jika suhu sedang, kelembapan rendah, dan kecepatan angin sedang, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".	23	Jika suhu sedang, kelembapan tinggi, dan kecepatan angin tinggi, maka risiko kebakaran adalah "Sedang".
15	Jika suhu sedang, kelembapan rendah, dan kecepatan angin tinggi, maka risiko kebakaran adalah "Sedang".	24	Jika suhu sedang, kelembapan tinggi, dan kecepatan angin badai, maka risiko kebakaran adalah "Sedang".
16	Jika suhu sedang, kelembapan rendah, dan kecepatan angin badai, maka risiko kebakaran adalah "Tinggi".	25	Jika suhu tinggi, kelembapan rendah, dan kecepatan angin tenang, maka risiko kebakaran adalah "Sedang".
17	Jika suhu sedang, kelembapan sedang, dan kecepatan angin tenang, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".	26	Jika suhu tinggi, kelembapan rendah, dan kecepatan angin sedang, maka risiko kebakaran adalah "Tinggi".
18	Jika suhu sedang, kelembapan sedang, dan kecepatan angin sedang, maka risiko kebakaran adalah "Rendah".	27	Jika suhu tinggi, kelembapan rendah, dan kecepatan angin tinggi, maka risiko kebakaran adalah "Tinggi".
19	Jika suhu sedang, kelembapan sedang, dan kecepatan angin tinggi, maka risiko kebakaran adalah "Sedang".	28	Jika suhu tinggi, kelembapan rendah, dan kecepatan angin badai, maka risiko kebakaran adalah "Tinggi".
20	Jika suhu sedang, kelembapan sedang, dan kecepatan angin badai, maka risiko kebakaran adalah "Tinggi".	29	Jika suhu tinggi, kelembapan sedang, dan kecepatan angin tenang, maka risiko kebakaran adalah "Sedang".

No	Aturan
30	Jika suhu tinggi, kelembapan sedang, dan kecepatan angin sedang, maka risiko kebakaran adalah "Sedang".
31	Jika suhu tinggi, kelembapan sedang, dan kecepatan angin tinggi, maka risiko kebakaran adalah "Tinggi".
32	Jika suhu tinggi, kelembapan sedang, dan kecepatan angin badai, maka risiko kebakaran adalah "Tinggi".
33	Jika suhu tinggi, kelembapan tinggi, dan kecepatan angin tenang, maka risiko kebakaran adalah "Sedang".
34	Jika suhu tinggi, kelembapan tinggi, dan kecepatan angin sedang, maka risiko kebakaran adalah "Sedang".
35	Jika suhu tinggi, kelembapan tinggi, dan kecepatan angin tinggi, maka risiko kebakaran adalah "Tinggi".
36	Jika suhu tinggi, kelembapan tinggi, dan kecepatan angin badai, maka risiko kebakaran adalah "Tinggi".
37	Jika tidak ada kondisi yang sesuai, maka risiko kebakaran tidak dapat ditentukan.

3.5 Penentuan Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi *fuzzy* adalah tahap untuk menggabungkan aturan *fuzzy* yang telah dibuat dalam bentuk himpunan *fuzzy* menjadi himpunan *fuzzy output*. Sistem inferensi *fuzzy* digunakan untuk memperoleh nilai keanggotaan himpunan *fuzzy* dari variabel *output* yaitu tingkat risiko kebakaran hutan.

3.6 Defuzzifikasi

Defuzzifikasi dilakukan untuk mengubah hasil keluaran sistem inferensi fuzzy dari himpunan fuzzy menjadi nilai tegas yang dapat dimengerti. Defuzzifikasi dilakukan dengan menghitung nilai tengah dari himpunan fuzzy yang terbentuk

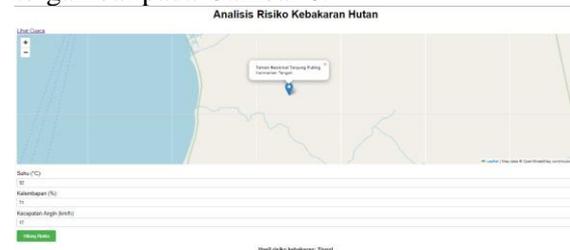
3.7 Kesimpulan Hasil

Pada akhir analisis, kesimpulan hasil ditarik berdasarkan nilai tegas yang diperoleh setelah proses defuzzifikasi. Kesimpulan ini memberikan informasi tentang tingkat risiko kebakaran hutan di Taman Nasional Tanjung Puting berdasarkan variabel input yang telah ditentukan.

Dengan melakukan tahap-tahap tersebut, metode *Fuzzy Logic* Mamdani dapat digunakan untuk menganalisis risiko kebakaran hutan di Taman Nasional Tanjung Puting dengan mempertimbangkan variabel suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini memberikan hasil sebuah sistem berbasis program penentuan risiko kebakaran hutan dengan menggunakan variabel input suhu, kelembapan, dan kecepatan angin. Tangkapan layar dari sistem yang dibangun tergambar pada Gambar 8.



Gambar 8. Tampilan Program Penentuan Risiko Kebakaran

Pada gambar diatas, dibagian atas layar ditampilkan lokasi dari taman nasional tanjung puting dan dibawahnya terdapat variabel yang disediakan untuk diinputkan nilai fuzzynya. Dimasukkan nilai input kesetiap variabel seperti suhu 32°C, kelembapan 71% dan kecepatan angin 17 km/h. Kemudian pada hasil hitung risiko didapatkan tingkat risiko kebakaran yaitu tinggi.

4.1 Pembuatan program

Untuk mengimplementasikan metode FIS Mamdani, kami membuat kode program yang akan membantu menghitung input yang kita

masukkan berupa suhu udara, kelembapan udara, dan kecepatan angin yang datanya berasal dari google *weather* yang bisa juga dilihat pada link yang kami tampilkan diatas kiri *interface* program. Dalam merancang program, tahapan yang kami lakukan adalah:

- Mengambil nilai suhu, kelembapan, dan kecepatan angin dari input pengguna.
- Inisialisasi variabel "risiko" sebagai string kosong.
- Himpunan *Fuzzy* Suhu: Tentukan nilai rendah, sedang, dan tinggi berdasarkan nilai suhu.
- Himpunan *Fuzzy* Kelembapan: Tentukan nilai rendah kelembapan, sedang kelembapan, dan tinggi kelembapan berdasarkan nilai kelembapan.
- Himpunan *Fuzzy* Kecepatan Angin: Tentukan nilai tenang, sedang angin, tinggi, dan badai berdasarkan nilai kecepatan angin.
- Evaluasi aturan *fuzzy* menggunakan kondisional if-else untuk menentukan risiko kebakaran.
- Jika ada kombinasi tertentu dari himpunan *fuzzy* suhu, kelembapan, dan kecepatan angin, tentukan risiko kebakaran.
- Jika tidak ada aturan yang cocok, risiko kebakaran ditetapkan sebagai "Tidak dapat ditentukan".

Hasil dari percobaan, program dapat memberi kesimpulan atau menentukan risiko kebakaran dari input yang dimasukkan.

4.2 Skenario uji data

Berikut ini adalah contoh uji data yang diambil dari website *The Weather Channel* [18] dari tanggal 4 Juni 2023 sampai 18 Juni 2023 untuk menganalisis risiko kebakaran menggunakan mamdani.

TABEL 2
DATA UJI

NO	Suhu °C	Kelembapan %	Kecepatan angin (km/h)	Risiko Kebakaran
1	30	82	13	Sedang
2	30	81	12	Rendah
3	31	79	13	Tinggi
4	30	80	14	Sedang
5	32	75	16	Tinggi

NO	Suhu °C	Kelembapan %	Kecepatan angin (km/h)	Risiko Kebakaran
6	32	71	17	Tinggi
7	32	72	17	Tinggi
8	32	75	16	Tinggi
9	31	78	15	Tinggi
10	32	76	15	Tinggi
11	32	76	14	Tinggi
12	32	76	14	Tinggi
13	31	77	14	Tinggi
14	31	77	13	Tinggi
15	32	75	14	Tinggi

Tabel 2 menggambarkan hasil dari pengujian 15 data untuk menganalisis risiko kebakaran. Data pertama dengan suhu 30°C, kelembapan 82%, kecepatan angin 13 km/h, maka risiko kebakaran yang didapatkan adalah Sedang. Selanjutnya, pada data 2, dengan suhu yang sama yakni 30°C, nilai kelembapan udara 81% dan kecepatan angin 12 km/h, risiko kebakaran yang dihasilkan adalah rendah. Berbeda halnya dengan data ketiga, dengan suhu 31°C, kelembapan 79% dan kecepatan angin 13 km/h, risiko kebakaran yang dihasilkan adalah tinggi. Hasil yang sama diperoleh pada data ke-5,6,7, dan seterusnya, dengan suhu mencapai 31°C dan 32°C, risiko kebakaran yang diperoleh adalah Tinggi. Hal ini dapat dianalisis bahwa diantara suhu, kelembapan, dan kecepatan angin yang menjadi variabel input, suhu merupakan salah satu faktor atau variabel yang cukup memiliki pengaruh yang besar pada risiko kebakaran hutan, dimana jika suhu yang diinputkan cukup tinggi, maka nilai kelembapan juga akan dipengaruhi. Oleh karena itu, penting untuk memperhatikan suhu sebagai yang terdapat di Taman Nasional Tanjung Puting sebagai salah satu upaya mitigasi bencana risiko kebakaran.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh hasil bahwa 1) Kebakaran hutan di Taman Nasional Tanjung Puting dan daerah lain di Indonesia merupakan masalah serius yang dapat merusak lingkungan, mengganggu keseimbangan ekosistem, dan mengancam

keselamatan serta kesehatan masyarakat. Metode *fuzzy logic* Mamdani digunakan dalam penelitian ini untuk mengukur tingkat risiko kebakaran hutan di Taman Nasional Tanjung Puting yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengidentifikasi daerah-daerah rentan kebakaran hutan dan merancang strategi pencegahan, 2) Hasil skenario pengujian menunjukkan bahwa suhu memiliki pengaruh signifikan terhadap risiko kebakaran. Semakin tinggi suhu, kemungkinan terjadinya kebakaran juga semakin tinggi. Sebagai saran penelitian selanjutnya, dapat ditingkatkan dengan melakukan pengembangan sistem prediksi risiko kebakaran adalah melakukan pengkajian lebih lanjut mengenai aspek-aspek yang membuat tingginya tingkat resiko kebakaran taman nasional tanjung puting, baik dari segi faktor lingkungan dan pencegahan yang tanggap apabila adanya prediksi resiko kebakaran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. N. Andini, R. Anggraeiny, and T. Susilowati, "Upaya Dinas Pemadam Kebakaran Dalam Pencegahan Dan Penanggulangan Kebakaran Di Kecamatan Samarinda Ulu Kota Samarinda," *eJurnal Administrasi Negara*, vol. 8, no. 1, pp. 8978–8990, 2020.
- [2] A. Yusuf, Hapsah, S. Husein Siregar, and D. Ridho Nurrochmat, "Analisis Kebakaran Hutan Dan Lahan Di Provinsi Riau," *Dinamika Lingkungan Indonesia*, vol. 6, no. 2, pp. 67–84, 2019.
- [3] A. Qomaruddin Munir, I. Listiawan, E. L. Utari, and M. R. Wahid Solihin, "Geographic Information System For Agricultural Suitable Land At Kabupaten Sleman," *Jurnal Teknik Informatika (JUTIF)*, vol. 4, no. 1, pp. 97–99, 2023, doi: 10.20884/1.jutif.2023.4.1.759.
- [4] A. Dwi Nurhayati and A. Yusup, "Penyebab Kebakaran Hutan Di Kawasan Hutan Pendidikan Gunung Walat, Jawa Barat," *Jurnal Silviculture Tropika*, vol. 10, no. 3, pp. 173–177, 2019.
- [5] R. Agung Prabowo, A. Triwiyatno, and Y. A. Adi Soetrisno, "Perancangan Dan Implementasi Sensor Suhu, Kelembapan Udara, Kecepatan Angin Dan Curah Hujan Pada Prototype Sistem Pendeteksi Dini Kebakaran Hutan Dan Lahan," *Transient: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*, vol. 9, no. 3, pp. 289–297, 2020.
- [6] M. G. Pereira, J. Parente, M. Amraoui, A. Oliveira, and P. M. Fernandes, "The role of weather and climate conditions on extreme wildfires," in *Extreme Wildfire Events and Disasters: Root Causes and New Management Strategies*, Elsevier, 2019, pp. 55–72. doi: 10.1016/B978-0-12-815721-3.00003-5.
- [7] Berlian, "Tanjung Puting, Tempat Terbaik Melihat Orangutan," *Majalah Dermaga*, May 26, 2023. https://www.majalahdermaga.co.id/post/41/tanjung_puting__tempat_terbaik_melihat_orangutan (accessed May 26, 2023).
- [8] D. Utama, A. Nasirudin, and M. Iqbal, "Design of River Tour Boat s Hull For Taman Nasional Tanjung Puting, Central Borneo," *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, vol. 17, no. 1, pp. 28–39, 2020.
- [9] E. Nurlaela and InfoPBUN, "Kebakaran di Taman Nasional Tanjung Puting Mencapai 239 Hektare," *kumparan.com*, Aug. 30, 2019. <https://kumparan.com/infopbun/kebakaran-di-taman-nasional-tanjung-puting-mencapai-239-hektare-1rldHdLAojZ> (accessed May 24, 2023).
- [10] N. Riso, A. Kenshanahan, and A. Teresia, "Luas Kebakaran Taman Nasional Tanjung Puting Capai 10 Hektar," *Kumparan.com*, Aug. 24, 2019. <https://kumparan.com/kumparannews/luas-kebakaran-taman-nasional-tanjung-puting-capai-10-hektar-1rj7EUFvz8R> (accessed Aug. 24, 2023).
- [11] P. M. Anjarani, M. Yunita, and G. C. Mailoa, "Literature Analysis on the Bornean Orangutan (Pongo Pygmaeus) Conservation Ecotourism in Tanjung Puting National Park, Waringin Barat City, Central Kalimantan," *International Journal of Travel, Hospital and Events*, vol. 1, no. 3, pp. 248–265, 2022.
- [12] D. R. Fitriadi, A. R. Al Tahtawi, T. D. Hendrawati, and S. Rahayu, "Sistem pencegahan dini kebakaran gedung menggunakan logika fuzzy dengan inferensi Mamdani berbasis IoT," *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*, vol. 2, no. 2, pp. 159–170, Sep. 2022, doi: 10.35313/jitel.v2.i2.2022.159-170.
- [13] B. Utomo, B. A. Yusmiono, A. P. Prasetya, M. Julita, and M. K. Putri, "Analisis Tingkat Bahaya Karhutla (Kebakaran Hutan dan Lahan) di Kabupaten Ogan Ilir Provinsi Sumatera Selatan," *Jurnal Wilayah dan Lingkungan*, vol. 10, no. 1, pp. 30–41, Apr. 2022, doi: 10.14710/jwl.10.1.30-41.
- [14] E. I. Putra and I. L. Puspawati, "Pengaruh Kelembapan, Suhu Udara Dan Curah Hujan Terhadap Kejadian Kebakaran Gambut Di

- Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi,”
Jurnal Silvikultur Tropika, vol. 10, no. 3, pp. 189–193, 2020.
- [15] J. Yandi, T. B. Kurniawan, E. S. Negara, and M. Akbar, “Prediksi Lokasi Titik Panas Kebaran Hutan Menggunakan Model Regresion SVM (Support Vector Machine) pada Data Kebakaran Hutan Daops Manggala Agni Oki Provinsi Sumatera Selatan Tahun 2019,” *InfoTekJar: Jurnal Nasional Informatika dan Teknologi Jaringan*, vol. 6, no. 1, pp. 10–15, 2021, doi: 10.30743/infotekjar.v6i1.4101.
- [16] A. F. Saptari and D. N. Handiani, “Penentuan Daerah Rawan Kebakaran Hutan Di Kabupaten Alor Nusa Tenggara Timur Dengan Metode Fuzzy Logic,” *FTSP*, pp. 272–277, 2022.
- [17] M. Arsyad and M. Wati, “Model Aplikasi Pelaporan Titik Bencana pada Badan Penanggulangan Bencana Daerah Berbasis Android,” *Jutisi: Jurnal Ilmiah Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 11, no. 3, pp. 873–882, 2022.
- [18] “Teluk Pulai, Central Kalimantan, Indonesia 10-Day Weather Forecast - The Weather Channel | Weather.com.”
<https://weather.com/weather/tenday/1/3120ed6fa52ac6e9be29233d674fb70fbdd98140b2fcc175ed4d9efe68e3a538> (accessed Jun. 07, 2023).