

PENENTUAN KESESUAIAN LAHAN BUDIDAYA BUAH APEL DI KOTA BATU MENGGUNAKAN *FUZZY INFERENCE SYSTEM* TSUKAMOTO

Farhanna Mar'i^{1*}, Irvi Oktanisa²⁾, Ullum Pratiwi³⁾, Wayan Firdaus Mahmudy⁴⁾

¹⁾Teknik Informatika, Universitas Muhammadiyah Gresik

^{2,3,4)}Magister Ilmu Komputer, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya

¹⁾Jl. Sumatra 101, Gresik Kota Baru (GKB), Kab. Gresik

Email: ¹⁾farhannamar@umg.ac.id

(Naskah masuk: 7 Oktober 2022, diterima untuk diterbitkan: 30 November 2022)

Abstrak

Penurunan produksi tanaman buah apel disebabkan oleh semakin berkurangnya lahan untuk melakukan budidaya buah apel di kota Batu. Untuk memaksimalkan produksi, maka petani perlu memilih lahan yang tepat. Untuk memilih lahan yang tepat bukanlah hal yang mudah sehingga penggunaan *Fuzzy Inference System* (FIS) menggunakan metode *Tsukamoto* dapat mempermudah petani menentukan lahan yang layak untuk membudidayakan buah apel. Pada penelitian ini digunakan empat kriteria utama yang dibutuhkan untuk menentukan kesesuaian lahan yaitu curah hujan, kedalaman efektif perakaran, kelerengan, dan erosi. Output yang dihasilkan pada penelitian ini merupakan hasil penentuan lahan tanam dengan kategori sangat sesuai, sesuai marginal, cukup sesuai, dan tidak sesuai dengan kondisi masukan. Berdasarkan perhitungan akurasi sistem yang diukur menggunakan aturan yang didapatkan dari literatur pada penelitian ini menghasilkan tingkat akurasi sebesar 100%.

Kata kunci: *Penentuan Lahan, Budidaya Buah Apel, FIS Tsukamoto.*

DETERMINATION LAND CULTIVATION OF APPLE FRUIT IN BATU CITY USING FUZZY INFERENCE SYSTEM TSUKAMOTO

Abstract

The decrease of apple crop production is caused by the decreasing of land for apple cultivation in Batu city. To maximize production, farmers need to choose the right land. To choose the right land is not easy so the use of Fuzzy Inference System (FIS) using Tsukamoto method can make it easier for farmers to determine the proper land to cultivate apples. In this study used four main criteria needed to determine the suitability of land that is rainfall, the effective depth of roots, slopes, and erosion. The output generated in this study is the result of determining the planting land with the category are very suitable, marginally appropriate, moderately suitable, and not suitable according to input conditions. Based on the calculation of system accuracy measured using the rules obtained from the literature in this study resulted in an accuracy of 100%.

Keywords: *Determination of Land, Apple Cultivation, FIS Tsukamoto.*

I. PENDAHULUAN

Buah apel merupakan *icon* dari kota Batu Provinsi Jawa Timur yang menjadi salah satu komoditi pertanian hortikultura yang paling banyak diproduksi. Namun, menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Badan Pusat Statistik wilayah Kota Batu menunjukkan adanya penurunan produksi tanaman buah apel. Hal tersebut dibuktikan dengan produksi tanaman buah apel pada tahun 2015 yang turun sebesar 5,2% dibandingkan dengan produksi pada tahun sebelumnya.

Penurunan produksi tanaman buah apel diakibatkan oleh semakin berkurangnya lahan untuk budidaya buah apel di kota Batu. Hal tersebut merupakan dampak dari semakin pesatnya pertumbuhan penduduk dan perkembangan kota batu sebagai kota pariwisata yang membuat alih fungsi lahan tanam buah apel menjadi lahan pemukiman, dan lahan pariwisata[1]. Evaluasi lahan merupakan sebuah proses penilaian dari potensi lahan untuk penggunaan tertentu. Untuk dapat mengevaluasi suatu lahan diperlukan perbandingan antara beberapa sifat dari sumber daya dan syarat-syarat yang dibutuhkan pada lahan tersebut [2].

Ada empat kriteria yang menjadi penilaian kesesuaian lahan tanaman apel diantaranya yaitu erosi, curah hujan, kelerengan, dan kedalaman efektif perakaran[1]. Dalam menentukan nilai keempat parameter tersebut, diperlukan suatu metode yang dapat merepresentasikan ketidakpastian atau samar (*fuzzy*). Sistem inferensi *fuzzy* yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto. FIS Tsukamoto dipilih karena dapat menghasilkan tingkat akurasi yang cukup baik untuk menyelesaikan masalah klasifikasi [3].

Pada penelitian sebelumnya, FIS Tsukamoto adalah algoritme populer untuk memberikan rekomendasi terhadap suatu keputusan. FIS Tsukamoto telah berhasil digunakan untuk menentukan kepribadian seseorang berdasarkan *big five personality* untuk pemilihan jenis pekerjaan [4], Penentuan lokasi untuk usaha lapangan futsal yang diselesaikan dengan metode FIS Tsukamoto, dengan 4 parameter input di antaranya pesaing, jumlah penduduk, fasilitas, dan ukuran lapangan. Output yang dihasilkan berupa stratifikasi peluang usaha, yaitu kelurahan yang cocok untuk membuka lapangan futsal [5]. Pendeteksian varietas unggul pada tanaman jagung [6], Secara khusus dalam penentuan kesesuaian lahan, metode FIS Tsukamoto berhasil diterapkan dalam penentuan lahan tanam optimum untuk tanaman tembakau dengan tingkat akurasi sebesar 70% menggunakan 7 kriteria input yang menghasilkan output berupa kelayakan lahan tanam, tingkat akurasi didapatkan dengan membandingkan hasil sistem dengan hasil pakar [3], Kesesuaian lahan untuk tanaman karet dan kelapa sawit menggunakan 8 kriteria input yaitu Kedalaman tanah, Kejenuhan basa, C-organik, N total, KTK tanah, P205, pH, K20 dan menghasilkan tingkat akurasi sebesar 100% [7].

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu, dapat ditarik kesimpulan bahwa metode FIS Tsukamoto bisa diterapkan untuk penentuan kesesuaian lahan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini diusulkan metode FIS Tsukamoto tersebut untuk penentuan kesesuaian lahan budidaya buah apel di kota Batu. Parameter yang digunakan sebagai input dari sistem yaitu, curah hujan, kedalaman efektif perakaran, kelerengan, dan erosi yang dihasilkan dari peta evaluasi kesesuaian lahan tanaman apel di kota Batu. Output dari penentuan lahan tanam buah apel ini adalah sangat layak, cukup layak, dan tidak layak.

II. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Deskripsi Permasalahan

Penentuan Kesesuaian Lahan menggunakan FIS Tsukamoto, terlebih dahulu harus ditentukan kriteria nilai sebagai dasar dalam nilai parameter input. Adapun *Range* nilai yang didapatkan dari penelitian tentang kesesuaian lahan untuk budidaya apel untuk kriteria kesesuaian lahan disajikan di Tabel 1. berikut ini :

Tabel 1. Rentang Data Kriteria Nilai Kesesuaian lahan

No.	Kriteria	Range Nilai
1.	Curah hujan	$2500 \leq x < 1600$
2.	Kedalaman efektif perakaran	$100 < x < 50$
3.	Kelerengan	$x \geq 8 ; x > 30$
4.	Erosi	0-100

Tabel 1 merupakan data dari *Range* nilai untuk kriteria kesesuaian lahan. *Range* nilai curah hujan didapat dari data curah hujan yang bervariasi di kota Batu yaitu berkisar sekitar 1600 – 2500 mm per-tahun. *Range* nilai kedalaman efektif perakaran didapat dari data kedalaman efektif perakaran di kota Batu yang berkisar 75 – 100 cm dan lebih dari 100 cm. *Range* nilai kelerengan di wilayah kota Batu didapat dari data yaitu sebesar 0% - 30%, yang sebagian besar masuk kedalam kategori 0 – 80% dan sebagian kecilnya masuk dalam 30%. *Range* nilai erosi di kota Batu didapat dengan menggunakan kategori yaitu kategori sedang dan kategori berat yaitu dengan interval 0 – 100 yang merupakan pembatas utama dalam menggunakan lahan secara berkelanjutan.

2.2 Himpunan Fuzzy

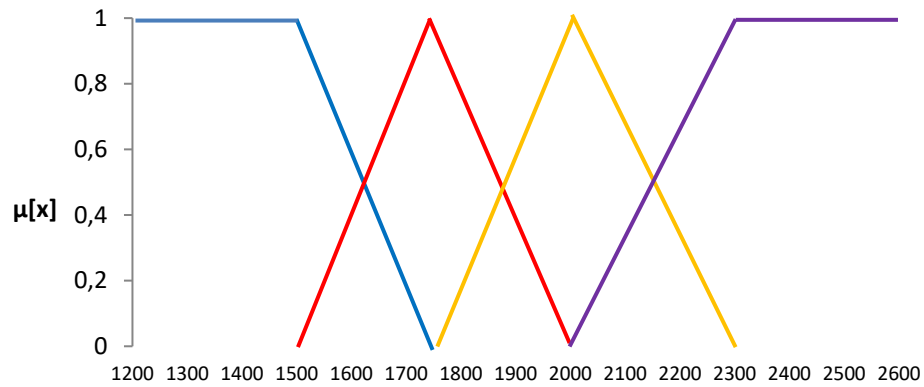
Dalam penelitian ini, himpunan *fuzzy* yang digunakan berupa 4 nilai linguistik. Pembentukan himpunan *fuzzy* ini disesuaikan dengan input parameter kesesuaian lahan. Adapun data himpunan *fuzzy* beserta nilai linguistik dari masing-masing variabel input digambarkan pada Tabel 2. berikut ini.

Tabel 2. Himpunan Fuzzy

No.	Variabel input	Nilai Linguistik
1.	Curah hujan	Tinggi Cukup Tinggi Sedang Rendah
2.	Kedalaman efektif perakaran	Tinggi Cukup Tinggi Sedang Rendah
3.	Kelerengan	Tinggi Cukup Tinggi Sedang Rendah
4.	Erosi	Tidak ada erosi Ringan Sedang Berat

2.3 Fuzzyfikasi

Fuzzyfikasi adalah sebuah proses perubahan nilai tegas (*crisp*) menjadi nilai linguistik yang telah ditentukan sebelumnya berdasarkan fungsi keanggotaan tertentu. Pada Gambar 1 hingga Gambar 4 berikut ini digambarkan fungsi keanggotaan himpunan *fuzzy* dengan 4 parameter input.



Gambar 1. Himpunan Fuzzy Curah Hujan

Derajat keanggotaan **rendah** :

$$\mu_{rendah}(x) = \begin{cases} 1 ; & x \leq 1500 \\ \frac{1700-x}{1700-1500} & 1500 < x < 1700 \\ 0 ; & x \geq 1700 \end{cases}$$

Derajat keanggotaan **sedang** :

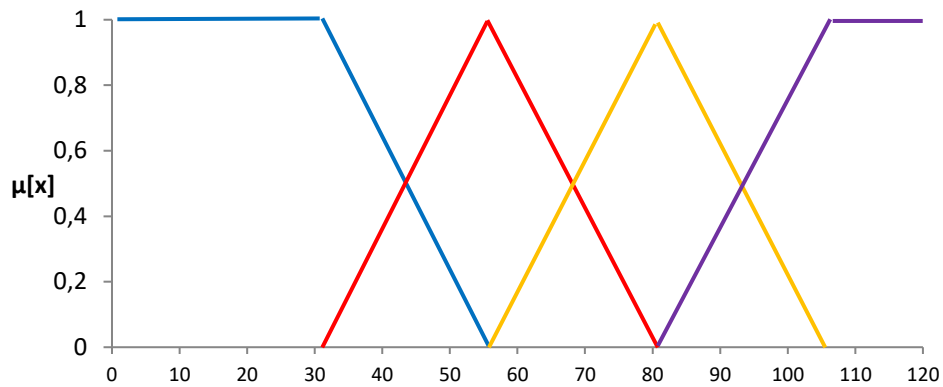
$$\mu_{sedang}(x) = \begin{cases} 0 ; & x < 1500 \text{ atau } x \geq 2000 \\ \frac{1750-x}{1750-1500} ; & 1500 < x < 1750 \\ \frac{2000-x}{2000-1750} ; & 1750 < x < 2000 \\ 1 ; & x = 1750 \end{cases}$$

Derajat keanggotaan **cukup tinggi** :

$$\mu_{cukup\ tinggi}(x) = \begin{cases} 0 ; & x \leq 1700 \text{ atau } x \geq 2300 \\ \frac{x-1750}{2000-1750} ; & 1750 < x < 2000 \\ \frac{2300-x}{2300-2000} ; & 2000 \leq x \leq 2300 \\ 1 ; & x = 2000 \end{cases}$$

Derajat keanggotaan **tinggi** :

$$\mu_{tinggi}(x) = \begin{cases} 1 ; & x \geq 2300 \\ \frac{x-2000}{2300-2000} ; & 2000 < x < 2300 \\ 0 ; & x \leq 2000 \end{cases}$$



Gambar 2. Himpunan *Fuzzy* Kedalaman Efektif Perakaran

Derajat keanggotaan **rendah** :

$$\mu_{\text{rendah}}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq 30 \\ \frac{55-x}{55-30}; & 30 < x < 55 \\ 0; & x \geq 55 \end{cases}$$

Derajat keanggotaan **sedang** :

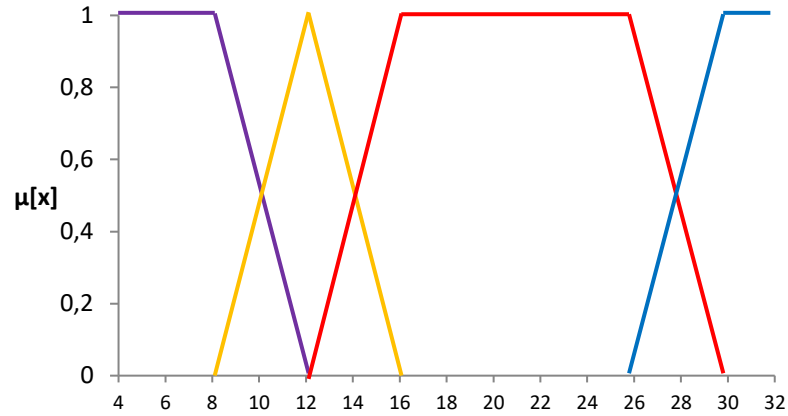
$$\mu_{\text{sedang}}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 30 \text{ atau } x \geq 80 \\ \frac{x-30}{55-30}; & 30 < x < 55 \\ \frac{80-x}{80-55}; & 55 < x < 80 \\ 1; & x = 55 \end{cases}$$

Derajat keanggotaan **cukup tinggi** :

$$\mu_{\text{cukup tinggi}}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 55 \text{ atau } x \geq 105 \\ \frac{x-55}{80-55}; & 55 < x < 80 \\ \frac{105-x}{105-80}; & 85 < x < 105 \\ 1; & x = 85 \end{cases}$$

Derajat keanggotaan **tinggi** :

$$\mu_{\text{tinggi}}(x) = \begin{cases} 1; & x \geq 105 \\ \frac{x-80}{105-80}; & 80 < x < 105 \\ 0; & x \leq 80 \end{cases}$$



Gambar 3. Himpunan *Fuzzy* Kelerengan

Derajat keanggotaan **tinggi** :

$$\mu_{\text{tinggi}}(x) = \begin{cases} 1 & ; x \leq 8 \\ \frac{12-x}{12-8} & ; 8 < x < 12 \\ 0 & ; x \geq 12 \end{cases}$$

Derajat keanggotaan **cukup tinggi** :

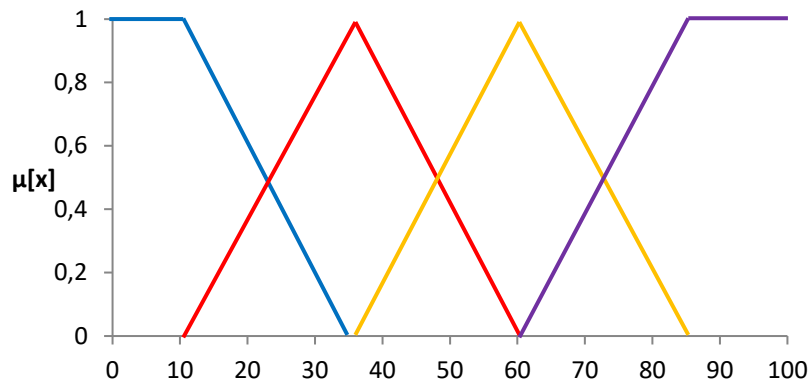
$$\mu_{\text{cukup tinggi}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 8 \text{ atau } x \geq 16 \\ \frac{12-x}{12-8} & ; 8 < x < 12 \\ \frac{x-12}{16-12} & ; 12 \leq x \leq 16 \\ 1 & ; x=12 \end{cases}$$

Derajat keanggotaan **sedang** :

$$\mu_{\text{sedang}}(x) = \begin{cases} 0 & ; x \leq 8 \text{ atau } x \geq 30 \\ \frac{16-x}{16-12} & ; 12 \leq x < 16 \\ \frac{x-26}{30-26} & ; 26 < x < 30 \\ 1 & ; 16 \leq x \leq 26 \end{cases}$$

Derajat keanggotaan **rendah** :

$$\mu_{\text{rendah}}(x) = \begin{cases} 1 & ; 30 \leq x < 32 \\ \frac{x-24}{28-24} & ; 24 < x < 28 \\ 0 & ; x \leq 24 \end{cases}$$



Gambar 4. Himpunan Fuzzy Erosi

Derajat keanggotaan **rendah** :

$$\mu_{\text{rendah}}(x) = \begin{cases} 1 ; & 0 < x \leq 10 \\ \frac{35-x}{35-10} ; & 10 < x < 35 \\ 0 ; & x \geq 35 \end{cases}$$

Derajat keanggotaan **sedang** :

$$\mu_{\text{sedang}}(x) = \begin{cases} 0 ; & x \leq 10 \text{ atau } x \geq 60 \\ \frac{x-10}{35-10} ; & 10 < x < 35 \\ \frac{60-x}{60-35} ; & 35 < x < 60 \\ 1 ; & x = 35 \end{cases}$$

Derajat keanggotaan **cukup tinggi** :

$$\mu_{\text{cukup tinggi}}(x) = \begin{cases} 0 ; & x \leq 35 \text{ atau } x \geq 85 \\ \frac{60-x}{60-35} ; & 35 < x < 60 \\ \frac{x-60}{85-60} ; & 60 \leq x \leq 85 \\ 1 ; & x = 60 \end{cases}$$

Derajat keanggotaan **tinggi** :

$$\mu_{\text{tinggi}}(x) = \begin{cases} 0 ; & x < 60 \\ \frac{85-x}{85-60} ; & 60 < x < 85 \\ 1 ; & x \geq 85 \end{cases}$$

1.4 Sistem Inferensi Fuzzy

Fuzzy Inference System (FIS) merupakan sebuah proses perhitungan berdasarkan konsep logika fuzzy, teori himpunan fuzzy, dan aturan fuzzy [8]. Sistem Inferensi Fuzzy Tsukamoto merupakan salah satu dari metode sistem inferensi yang membentuk sebuah aturan / rule based dengan bentuk *if-then*. Setelah mendapatkan aturan, berikutnya ialah menghitung derajat keanggotaan sesuai dengan aturan yang telah ditentukan.

Untuk menghitung penentuan jumlah aturan didapatkan dengan rumus kombinasi yang merupakan jumlah variabel linguistik dipangkatkan dengan jumlah variabel input. Dalam penelitian ini terdapat 4 variabel linguistik untuk setiap variabel input yaitu rendah, sedang, cukup tinggi, dan tinggi, begitu juga dengan jumlah variabel input yaitu curah hujan, kedalaman efektif perakaran, kelerengan, dan erosi. Sehingga akan ditentukan sejumlah 4^4 aturan yaitu 256 aturan, tetapi dalam penelitian ini akan digunakan 25 aturan ekstrim yang didapatkan dari pakar yang mengerti dan berpengalaman tentang syarat tumbuh tanaman apel [9].

Tabel 3. Aturan *Fuzzy*

No.	Id_aturan	Ch	Kep	Klr	Er	Output
1.	R-01	rendah	rendah	rendah	rendah	tidak sesuai
2.	R-02	rendah	rendah	rendah	sedang	tidak sesuai
3.	R-03	rendah	rendah	rendah	cukup tinggi	tidak sesuai
4.	R-04	rendah	rendah	rendah	tinggi	tidak sesuai
5.	R-05	rendah	rendah	sedang	rendah	tidak sesuai
6.	R-06	rendah	rendah	sedang	sedang	tidak sesuai
7.	R-07	rendah	rendah	sedang	cukup tinggi	tidak sesuai
8.	R-08	rendah	rendah	sedang	tinggi	tidak sesuai
9.	R-09	rendah	rendah	cukup tinggi	rendah	tidak sesuai
10.	R-10	rendah	rendah	cukup tinggi	sedang	tidak sesuai
11.	R-011	rendah	rendah	cukup tinggi	cukup tinggi	tidak sesuai
12.	R-012	rendah	rendah	cukup tinggi	tinggi	tidak sesuai
13.	R-013	rendah	rendah	tinggi	rendah	tidak sesuai
14.	R-014	rendah	rendah	tinggi	sedang	tidak sesuai
15.
256.	R-256	tinggi	tinggi	tinggi	tinggi	sangat sesuai

Keterangan :

Ch = Curah Hujan

Kep = Kedalaman Efektif Perakaran

Klr = Kelerengan

Er = Erosi

1.5 Defuzzifikasi

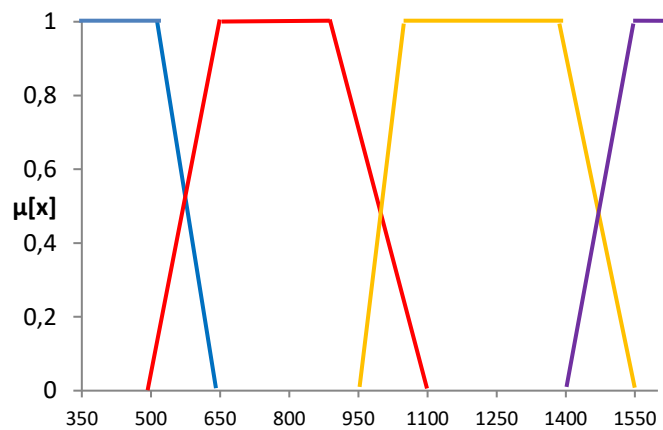
Dalam tahap defuzzifikasi output *fuzzy* yang didapatkan dari tahap sistem inferensi akan diubah kedalam nilai crisp (tegas). Akan dicari nilai z sebagai output yang didapatkan dari himpunan *fuzzy* output seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Linguistik

No.	Output	Nilai Linguistik
1.	<500	Tidak Sesuai
2.	500-1000	Sesuai Marginal
3.	1000 - 1500	Cukup Sesuai
4.	>1500	Sangat Sesuai

Sumber : [10]

Pada Gambar 5 disajikan himpunan *fuzzy* output yang terdiri dari nilai linguistik yang dijabarkan pada Tabel 3.



Gambar 5. Himpunan *Fuzzy* Output

III. IMPLEMENTASI

Implementasi pada contoh permasalahan, didapatkan data dengan parameter kesesuaian lahan yang tertera pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Contoh Permasalahan

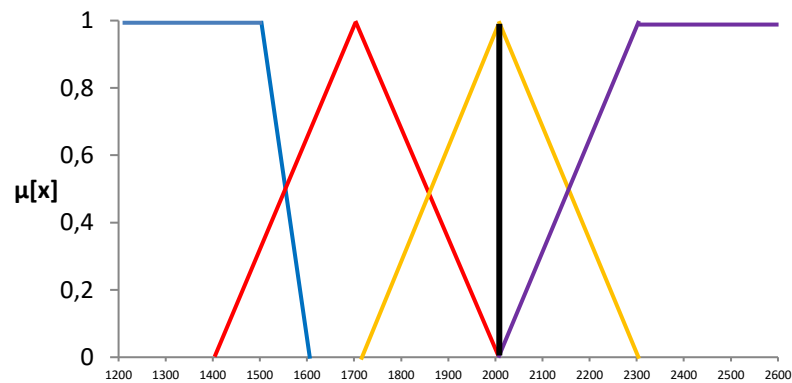
No.	Kriteria	Nilai
1.	Curah hujan	2000
2.	Kedalaman efektif perakaran	65
3.	Kelerengan	24
4.	Erosi	60

Pada Tabel 2 merupakan contoh permasalahan dengan data yang didapat yaitu nilai dari kriteria curah hujan sebesar 200, kedalaman efektif perakaran sebesar 65, kelerengan sebesar 24 dan erosi sebesar 60. Nilai ini digunakan sebagai parameter kesesuaian lahan.

3.1 Fuzzifikasi

Proses awal dalam perhitungan *fuzzy inference system (FIS) Tsukamoto* adalah Fuzzifikasi, nilai crisp yang merupakan input dari parameter lahan akan dikelompokkan kedalam bentuk *fuzzy* dengan variabel linguistik sebagai berikut.

a. Variabel Linguistik Curah Hujan

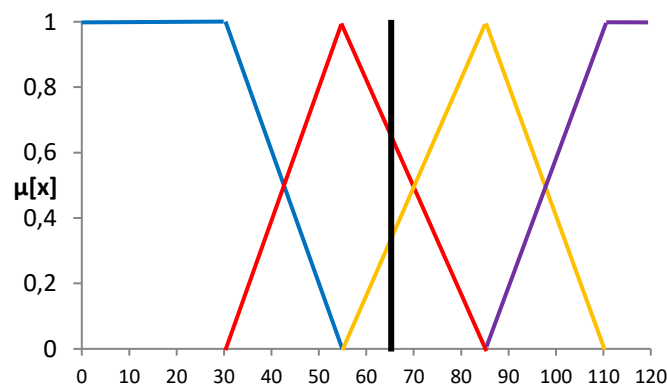


Berdasarkan nilai crisp input pada contoh permasalahan, nilai curah hujan adalah 2000. Input tersebut berada pada variabel linguistik sedang, dan cukup tinggi.

$$\begin{aligned} \mu_{rendah}(2000) &= 0; \\ \mu_{sedang}(2000) &= 0; \\ \mu_{cukup\ tinggi}(2000) &= 1; \\ \mu_{tinggi}(2000) &= 0; \end{aligned}$$

Nilai input crisp untuk curah hujan 2000, berada pada derajat 1 pada variabel linguistik cukup tinggi, dan 0 pada variabel linguistik rendah, sedang, dan tinggi.

b. Variabel Linguistik Kedalaman Efektif Perakaran

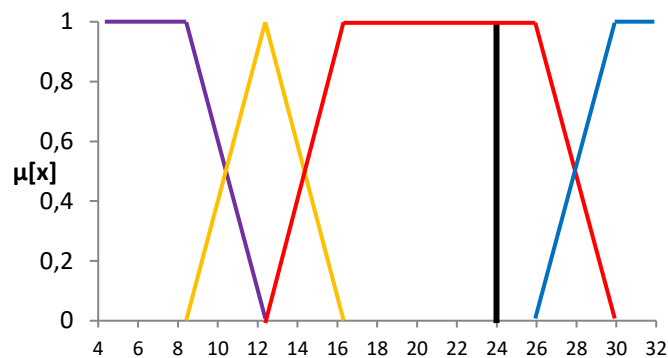


Nilai crisp input pada contoh permasalahan untuk variabel kedalaman efektif perakaran adalah 65, Input tersebut berada pada variabel linguistik sedang, dan cukup tinggi.

$$\begin{aligned} \mu_{rendah}(65) &= 0; \\ \mu_{sedang}(65) &= \frac{65 - 55}{85 - 55} = 0,333; \\ \mu_{cukup\ tinggi}(65) &= \frac{85 - 65}{85 - 55} = 0,667; \\ \mu_{tinggi}(65) &= 0; \end{aligned}$$

Nilai input crisp untuk kedalaman efektif perakaran 65, berada pada derajat 0,667 pada variabel linguistik cukup tinggi, dan 0,333 pada variabel linguistik sedang.

c. Variabel Linguistik Kelerengan

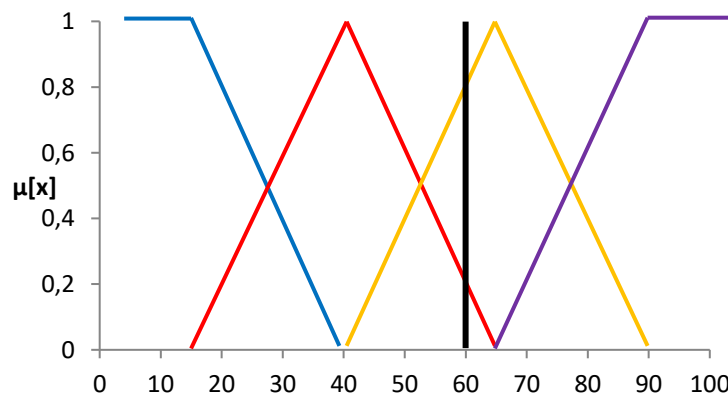


Nilai crisp input pada contoh permasalahan untuk variabel kelerengan adalah 24, Input tersebut berada pada variabel linguistik cukup tinggi.

$$\begin{aligned} \mu_{rendah}(24) &= 0; \\ \mu_{sedang}(24) &= 0; \\ \mu_{cukup\ tinggi}(24) &= 1; \\ \mu_{tinggi}(24) &= 0; \end{aligned}$$

Nilai input crisp untuk kedalaman efektif perakaran 24, berada pada derajat 1 pada variabel linguistik cukup tinggi, dan 0 pada variabel linguistik rendah, sedang, tinggi.

d. Variabel Linguistik Erosi



Nilai crisp input pada contoh permasalahan untuk variabel erosi adalah 60, Input tersebut berada pada variabel linguistik cukup tinggi.

$$\begin{aligned} \mu_{rendah}(60) &= 0; \\ \mu_{sedang}(60) &= 0; \\ \mu_{cukup\ tinggi}(60) &= 1; \\ \mu_{tinggi}(60) &= 0; \end{aligned}$$

Nilai input crisp untuk erosi 60, berada pada derajat 1 pada variabel linguistik cukup tinggi, dan 0 pada variabel linguistik rendah, sedang, tinggi.

3.2 Sistem Inferensi

Berdasarkan perhitungan fuzzifikasi dapat disimpulkan bahwa pada contoh permasalahan tersebut memiliki variabel linguistik untuk setiap variabel input seperti yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Variabel Linguistik

Curah Hujan	Kedalaman Efektif Perakaran	Kelerengan	Erosi	Output
cukup tinggi	sedang	cukup tinggi	cukup tinggi	Cukup sesuai
cukup tinggi	cukup tinggi	cukup tinggi	cukup tinggi	Cukup sesuai

Pada Tabel 5. juga disajikan output yang berasal dari tabel aturan yaitu pada Tabel 3.

3.2.1 Aplikasi fungsi Implikasi

Setelah didapatkan aturan yang cocok dengan contoh permasalahan, selanjutnya akan dilakukan perhitungan derajat keanggotaan minimum dari setiap nilai linguistik yang disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai Minimum

Curah Hujan	Kedalaman Efektif Perakaran	Kelerengan	Erosi	Min	Output
1	0,333	1	1	0,333	Cukup sesuai
1	0,667	1	1	0,667	Cukup sesuai

Selanjutnya akan dicari nilai z yang akan digunakan pada proses berikutnya yaitu defuzzifikasi yang akan dihitung menggunakan rumus pada persamaan 1.

$$z = z_{max} - \alpha n(z_{max} - z_{min}) \quad (1)$$

Nilai z_{max} dan z_{min} didapatkan dari derajat keanggotaan output yang telah ditentukan. αn merupakan nilai Min yang terdapat pada Tabel 6. Pada Tabel 7 akan disajikan nilai z dari aturan yang sesuai.

Tabel 7. Nilai crisp z

α -predikat	z_{min}	z_{max}	z	Output
0,333	900	1550	1333,5	Cukup Sesuai
0,667	900	1550	1116,4	Cukup Sesuai

3.3 Defuzzifikasi

Pada tahap defuzzifikasi akan dicari nilai z menggunakan metode rata-rata terpusat yang akan dihitung menggunakan persamaan (2)

$$z = \left(\frac{\alpha_1 \times z_1 + \alpha_n \times z_n}{\sum \alpha_{1..n}} \right) \quad (2)$$

Menggunakan persamaan 2 maka akan diperoleh nilai z rata-rata yaitu 1189,05. Maka, dapat disimpulkan Penentuan lahan untuk contoh permasalahan adalah cukup sesuai untuk budidaya buah apel dengan nilai z adalah 1189,05.

3.4 Pengujian Akurasi Sistem

Pengujian akurasi sistem dilakukan dengan membandingkan hasil output dalam sistem dengan hasil output pada manualisasi. Adapun hasil akurasi dihitung menggunakan rumus pada persamaan (3).

$$\text{Akurasi} = \frac{\text{Hasil output benar}}{\text{Jumlah Data Uji}} \times 100\%$$

Pada pengujian akan degenerate data uji secara random dengan jumlah 10 Data Uji dan ditampilkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Pengujian Sistem

Data Uji	Output Manualisasi	Output Sistem	Hasil
1.	Tidak sesuai	Tidak sesuai	1
2.	Sesuai Marginal	Sesuai Marginal	1
3.	Cukup Sesuai	Cukup Sesuai	1
4.	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai	1
5.	Tidak Sesuai	Tidak Sesuai	1
6.	Cukup Sesuai	Cukup Sesuai	1
7.	Sesuai Marginal	Sesuai Marginal	1
8.	Sangat Sesuai	Sangat Sesuai	1
9.	Cukup Sesuai	Cukup Sesuai	1
10.	Sesuai Marginal	Sesuai Marginal	1
Total			10

Maka, hasil akurasi adalah $= \frac{\text{Hasil output benar}}{\text{Jumlah Data Uji}} = \frac{10}{10} \times 100\% = 100\%$

IV. Kesimpulan

Dalam peelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa metode logika *fuzzy* dengan *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto dapat menyelesaikan permasalahan penentuan kesesuaian lahan budidaya buah Apel berdasarkan 4 parameter input, yaitu Curah hujan, Kedalaman efektif perakaran, Kelerengan, dan Erosi. Berdasarkan hasil pengujian sistem didapatkan nilai akurasi sebesar 100%. Pada penelitian selanjutnya dapat menggunakan algoritma evolusi untuk melakukan optimasi pada fungsi keanggotaan *Fuzzy Inference System* (FIS) Tsukamoto.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Aditiyas, W., Haji, A. T., & Rahadi, J. B. (2014). Analisis Spasial Untuk Evaluasi Kesesuaian Lahan Tanaman Apel Di Kota Batu - Jawa Timur. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 1-7.
- [2] Nurwansyah, M. A. (2012). *Karakteristik Tanah Dan Lahan Untuk Kesesuaian Lahan Ubikayu (Manihot spp.) Di Provinsi Lampung*. INSTITUT PERTANIAN BOGOR, Bogor.
- [3] Auliya, Y. A., & Mahmudy, W. F. (2016). Pemilihan Lahan Tanam Optimum Untuk Tanaman Tembakau Menggunakan *Fuzzy Inference System (FIS)* Tsukamoto. *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi 2016 (SENTIKA 2016)* (hal. 402-409). Yogyakarta: ISSN: 2089-9815.
- [3] Badan Pusat Statistik Kota Batu. (2016). *Statistik Daerah Kota Batu*. Badan Pusat Statistik Kota Batu, Batu.
- [4] Mar'i, Farhanna, Mahmudy, Wayan Firdaus, Yusainy, Cleoputri. Sistem Rekomendasi Profesi Berdasarkan Dimensi Big Five Personality Menggunakan *Fuzzy Inference System* Tsukamoto. *Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, [JTIK], v. 6, n. 5, p. 457-466, okt. 2019. ISSN 2528-6579.
- [5] Shobah, M. A., Santoso, E., & Sutrisno. (2017). Aplikasi Penentuan Lokasi untuk Usaha Lapangan Futsal di Kecamatan Bangil Menggunakan Metode *Fuzzy* Tsukamoto. *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, 2465-2470.
- [6] Wahyuni, S., Santoso. Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto untuk pendeteksian varitas unggul pada tanaman jagung. *Information Technology Journal*. Vol 1. No.3 Mei 2019. hlm. 23-28.
- [7] Yusida, M., Kartini, D., Farmadi, A., Nugroho, R.A., Muliadi. Implementasi *Fuzzy* Tsukamoto dalam penentuan kesesuaian lahan untuk tanaman karet dan kelapa sawit. *Kumpulan Jurnal Ilmu Komputer (KLIK)*, Vol. 04, No. 02 sept 2017. ISSN : 2406-7857
- [8] Kusumadewi, Sari., Purnomo, Hari. *Aplikasi logika fuzzy untuk pendukung keputusan*. Graha Ilmu : Yogyakarta. 2013. ISBN 978-979-7566-32-6.
- [9] Lestantyo, P., Ramdhani, F., & Mahmudy, W. F. (2017). *Analisis Geospasial Dan Evaluasi Situasi Terkini Untuk Kesesuaian Lahan Perkebunan Apel Menggunakan Fuzzy Inference System*. Malang: Brawijaya University.
- [10] Djaenudin, d. Kriteria Kesesuaian Lahan untuk Komoditas Pertanian. *Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor*.
- [11] Hastanto, O. D., & Taryono, H. (2013). Kesesuaian Lahan untuk Tanaman Apel di Kecamatan Ngargoyoso Kabupatern Karanganyar. *Available Online at http://eprints.ums.ac.id/24047/32/NASKAH_PUBLIKASI.pdf*.
- [12] Yusida, M., Farmadi, A., & Kartini, D. (2017). Implementasi *Fuzzy* Tsukamoto Dalam Penentuan Kesesuaian Lahan Untuk Tanaman Karet Dan Kelapa Sawit. *Jurnal Elektronik Nasional Teknologi dan Ilmu Komputer (JENTIK)*, 165-178.