

Pemodelan Sistem Deteksi Kadar Unsur Hara Tanah Berdasarkan Nilai NPK Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani

Dityo Kreshna Argeshwara¹⁾, Zulkham Umar Rosyidin²⁾, Aji Prasetya Wibawa³⁾,
Anik Nur Handayani⁴⁾, Mokh. Sholihul Hadi⁵⁾

¹²³⁴⁵⁾ Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang No. 5 Malang, Jawa Timur, Indonesia

¹⁾ dityo.kreshna354@gmail.com

²⁾ zzhulqam@gmail.com

³⁾ aji.prasetya.ft@um.ac.id

⁴⁾ aniknur.ft@um.ac.id

⁵⁾ mokh.sholihul.ft@um.ac.id

Abstrak

Profil kesuburan tanah merupakan hal yang penting dalam pertanian karena merupakan media utama dalam bercocok tanam. Penggunaan pupuk kimia dan pestisida secara terus menerus dan berlebihan akan dapat menimbulkan perubahan sifat fisika dan kimia tanah yang pada akhirnya akan dapat menyebabkan tanah menjadi kritis. Hal ini akan berpengaruh pada produktivitas hasil panen para petani. Salah satu upaya untuk mengetahui tingkat kesuburan tanah adalah melalui diagnosa unsur hara dalam tanah. Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat pemodelan sistem optimalisasi deteksi kadar unsur hara dalam tanah menggunakan fuzzy. Melalui simulasi ini akan didapatkan data kadar unsur hara tanah dengan parameter unsur hara N (Nitrogen), P (Fosfor), K (Kalium) menggunakan labview. Berdasarkan parameter tersebut kemudian dihasilkan berapa nilai kadar unsur hara NPK dalam tanah apakah rendah, sedang atau tinggi. Besar nilai masukan NPK merupakan faktor penting untuk menghasilkan keluaran. Hasil perhitungan crisp output secara manual dan simulasi menggunakan labview dihasilkan nilai error sebesar 1,62 %.

Kata kunci: Fuzzy, Kesuburan Tanah, Unsur Hara, NPK.

Abstract

Soil fertility profile is important in agriculture because it is the main medium for growing crops. The continuous and excessive use of chemical fertilizers and pesticides will cause changes in the physical and chemical properties of the soil which in turn will cause the soil to become critical. This will affect the productivity of farmers' crops. One of the efforts to determine the level of soil fertility is through the diagnosis of nutrients in the soil. The purpose of this study was to model the optimization system for detecting nutrient levels in the soil using fuzzy. Through this simulation, data on soil nutrient levels will be obtained with nutrient parameters N (Nitrogen), P (Phosphorus), and K (Potassium) using Labview. Based on these parameters, the value of the NPK nutrient content in the soil is then generated, whether it is low, medium, or high. The value of the NPK input is an important factor in producing output. The results of manual crisp output calculations and simulations using LabView resulted in an error value of 1.62%.

Keywords: Fuzzy, Soil Fertility, Nutrients, NPK.

1. PENDAHULUAN

Kesuburan tanah dalam sektor pertanian menjadi hal yang sangat penting demi kelangsungan tumbuh tanaman [1]. Kesuburan tanah mengacu pada kapasitas tanah untuk menciptakan produk tanaman yang diinginkan di lingkungan sekitarnya [2]. Secara geografis letak suatu daerah dan jenis tanah yang berbeda akan mempengaruhi tingkat kesuburan tanah [3]. Tanaman akan tumbuh sehat jika kandungan unsur hara terpenuhi

dengan baik. Unsur hara makro pada tanah antara lain N (Nitrogen), P (Pospor), K (Kalium), C (Karbon), H (Hidrogen), O (Oksigen), Mg (Magnesium), dan Ca (Kalsium)[4]. Berbagai unsur hara yang ada dalam tanah yang lebih mendominasi untuk kelangsungan tanaman adalah NPK [5]. Nitrogen (N) pada tanaman dibutuhkan untuk pertumbuhan khususnya dalam pembentukan atau pertumbuhan bagian – bagian vegetatif tanaman seperti batang dan daun. Fosfor (P) dapat merangsang perkembangan perakaran, memperbaiki kualitas hasil serta mempercepat masa kematangan. Unsur Kalium (K) berperan dalam pembentukan protein dan karbohidrat serta meningkatkan kualitas biji atau buah [6].

Tingkat hara dalam tanah dapat menurun karena sering digunakan oleh tanaman yang berada di atas tanah, jika proses ini berlangsung secara terus – menerus maka tanaman akan kekurangan nutrisi sehingga menyebabkan pertumbuhan dan produksi terganggu. Pemupukan dapat membantu tanaman mendapatkan nutrisi yang dibutuhkan. Pemberian pupuk NPK membuat tanaman menjadi responsif baik dari segi pertumbuhan vegetatif maupun generatif [7].

Masalah seperti meningkatnya harga produksi karena harga pupuk yang mahal, kelangkaan dan ketidakseimbangan nutrisi pada tanah, serta tingkat keasaman tanah yang meningkat merupakan faktor penggunaan pupuk kimia yang berlebihan [8]. Jika nilai unsur hara NPK diketahui maka dosis pemupukan setiap lahan dapat disesuaikan dengan status nutrisi tentunya dapat menurunkan biaya pemupukan [9]. Maka dari itu nilai NPK dalam tanah yang menjadi salah satu indikator kesuburan tanah perlu diperhatikan.

Tabel 1. Kriteria Hasil Penilaian Tanah berdasarkan NPK

Unsur Hara	Rendah	Sedang	Tinggi
N (ppm)	<10	15	>15
P (ppm)	<2	3	>3
K (ppm)	<12	21	>21

Sumber : Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur

Tabel 1 menerangkan bahwa kandungan Nitrogen dalam tanah dikatakan rendah apabila Nitrogen nilainya kurang dari 10 ppm, bernilai sedang jika antara 11 - 15 ppm dan tinggi jika lebih dari 15 ppm. Unsur hara Fosfor bernilai rendah jika kurang dari 2 ppm dan sedang jika bernilai 3 ppm serta tinggi jika lebih dari 3 ppm. Sedangkan Kalium dikatakan bernilai rendah jika kurang dari 12 ppm, sedang jika antara 13 - 21 ppm, tinggi jika lebih dari 21 ppm. Melalui data tersebut akan dijadikan acuan dalam penentuan berapa kadar unsur hara yang terkandung di dalam tanah.

Nilai NPK yang diketahui sesuai tabel di atas akan dijadikan acuan dalam membuat pemodelan deteksi kadar unsur hara tanah menggunakan metode Fuzzy Mamdani. Pemodelan akan dilakukan dengan menghitung secara manual sesuai dengan aturan metode Fuzzy Mamdani kemudian membandingkan hasilnya dengan nilai perhitungan menggunakan software Labview. Hasil dari kedua metode perhitungan tersebut akan diketahui selisih error yang digunakan sebagai acuan penentuan metode terbaik.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Logika fuzzy adalah bagian dari sistem kecerdasan buatan yang mengubah kemampuan berpikir manusia menjadi algoritma yang kemudian dieksekusi oleh mesin[10]. Logika Fuzzy merupakan suatu logika yang memiliki nilai kekaburan atau

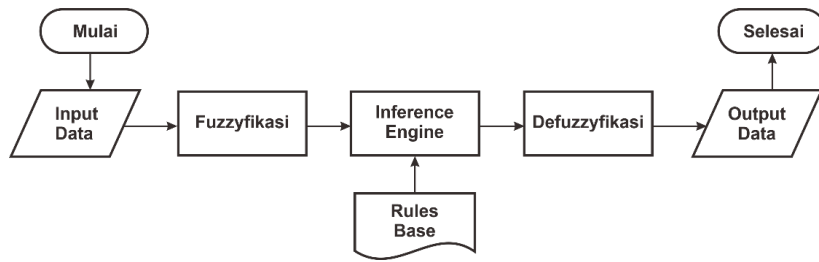
kesamaran (fuzzyness) antara benar atau salah. Logika fuzzy memiliki derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1 [11]. Pencetus logika fuzzy adalah Profesor Lotfi A. Zadeh yang merupakan guru besar di University of California. Logika fuzzy pertama kali dikembangkan melalui tulisannya pada tahun 1965 tentang teori himpunan fuzzy. Beliau adalah seorang ilmuwan Amerika Serikat berkebangsaan Iran [12]. Meskipun logika fuzzy diciptakan di Amerika, praktisi Jepang telah membuatnya lebih populer dan banyak digunakan dengan menerapkannya pada berbagai bidang. Masyarakat Barat lebih memandang masalah sebagai hitam-putih, ya-tidak, bersalah-tidak bersalah, sukses-gagal, tetapi budaya Timur menerima dunia "abu-abu" atau kabur. Dalam kata-kata linguistik, logika fuzzy mendukung nilai keanggotaan mulai dari 0 hingga 1, derajat abu-abu serta hitam dan putih, dan gagasan yang tidak pasti seperti "sedikit", "cukup", dan "sangat".

Metode Fuzzy Mamdani merupakan salah satu bagian dari Fuzzy Inference System yang berguna untuk penarikan kesimpulan atau suatu keputusan terbaik dalam permasalahan yang tidak pasti [13]. Metode Mamdani diperkenalkan oleh Ebrahim Mamdani pada tahun 1975 dan metode ini juga dikenal dengan metode min – max. Konstruksi himpunan fuzzy, penerapan fungsi implikasi, komposisi aturan, dan defuzzifikasi merupakan langkah-langkah dari proses pengambilan keputusan yang memanfaatkan Metode Fuzzy Mamdani untuk mencapai pilihan yang optimal [14]. Pendekatan centroid digunakan untuk defuzzifikasi komposisi aturan mamdani. Solusi tajam dihasilkan dengan cara ini dengan mengambil titik pusat area fuzzy. Pendekatan centroid memiliki dua keuntungan: nilai defuzzifikasi akan bergerak secara bertahap, membuat perubahan dari himpunan fuzzy menjadi lebih lancar dan lebih mudah untuk dihitung [15]. Metode Fuzzy Mamdani memiliki keunggulan karena lebih bersifat partikular, artinya lebih memperhatikan kondisi yang akan terjadi pada setiap daerah fuzzy selama proses berlangsung, sehingga menghasilkan keluaran keputusan yang lebih akurat. Selanjutnya, jika masukan berasal dari orang, teknik ini lebih tepat dan lebih diterima secara luas. Kelemahan metode Fuzzy Mamdani adalah hanya dapat digunakan dengan data kuantitatif dan tidak dapat digunakan dengan data kualitatif.

Penelitian terdahulu yang menjadi rujukan peneliti berjudul Soil Fertilizer Recommendation System using Fuzzy Logic. Dalam penelitian tersebut Sistem Fuzzy berhasil dikembangkan dan disimulasikan untuk memberikan rekomendasi pemupukan yang sesuai. Parameter Musim, Nitrogen, Fosfor dan Kalium digunakan sebagai input Sistem Fuzzy. Kombinasi pupuk yang berbeda dibuat tergantung pada kisaran parameter input yang digunakan [16]. Sedangkan dalam Penelitian ini Metode Fuzzy Mamdani yang digunakan bertujuan untuk mengklasifikasikan kadar unsur hara N, P, dan K pada tanah sehingga mampu dihasilkan nilai kadar unsur hara NPK dalam tanah apakah rendah, sedang atau tinggi.

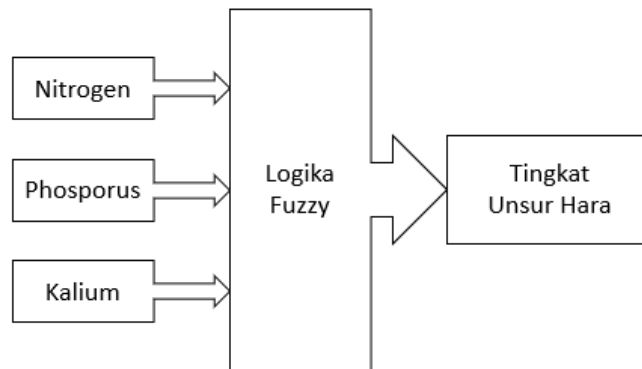
3. METODE PENELITIAN

Metode fuzzy yang digunakan pada penelitian ini menggunakan Metode Fuzzy Mamdani yang terdiri dari tiga tahapan: fuzzifikasi, mesin inferensi, dan defuzzifikasi [17] yang digunakan untuk merekomendasikan nilai kadar unsur hara Nitrogen (N), Fosfor (P), dan Kalium (K) yang terkandung dalam tanah. Rekomendasi diambil berdasarkan besar nilai NPK yang masuk dalam klasifikasi Rendah, Sedang, atau Tinggi. Pada gambar 1 memperlihatkan blok diagram dari sistem fuzzy yang dibuat.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Fuzzy

Secara garis besar proses pengklasifikasian tingkat kadar unsur hara dalam tanah diperlihatkan dalam diagram blok dibawah ini.



Gambar 2. Diagram Blok

Pemrosesan data pada sistem fuzzy ini dimulai dari input data Nitrogen, Fosfor dan Kalium. Nilai kandungan unsur hara yang di dapat pada data di tabel 1 merupakan input dari proses fuzzy. Setelah nilai input data didapat, dilanjutkan dengan proses fuzzifikasi dimana data input yang didapat diubah menjadi nilai fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan melalui nilai keanggotaan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel dibawah.

Tabel 2. Fungsi Keanggotaan Nilai NPK

No	Fungsi Keanggotaan	Keterangan
1	$\mu_{N_R}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 10 \\ \frac{(11-x)}{(11-10)}, & 10 < x < 11 \end{cases}$	Fungsi Keanggotaan Nitrogen bernilai Rendah
2	$\mu_{N_S}(x) = \begin{cases} \frac{(x-10)}{(11-10)}, & 10 < x < 11 \\ 1, & 11 \leq x \leq 15 \\ \frac{(16-x)}{(16-15)}, & 15 < x < 16 \end{cases}$	Fungsi keanggotaan Nitrogen bernilai Sedang
3	$\mu_{N_T}(x) = \begin{cases} \frac{(x-15)}{(16-15)}, & 15 < x < 16 \\ 1, & x \geq 16 \end{cases}$	Fungsi keanggotaan Nitrogen bernilai Tinggi
4	$\mu_{P_R}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 2 \\ \frac{(3-x)}{(3-2)}, & 2 < x < 3 \end{cases}$	Fungsi keanggotaan Fosfor bernilai Rendah

5	$\mu_{P_S}(x) = \begin{cases} \frac{(x-2)}{(3-2)}, & 2 < x < 3 \\ 1, & x = 3 \\ \frac{(9-x)}{(9-3)}, & 3 < x < 9 \end{cases}$	Fungsi keanggotaan Fosfor bernilai Sedang
6	$\mu_{P_T}(x) = \begin{cases} \frac{(x-3)}{(9-3)}, & 3 < x < 9 \\ 1, & x \geq 9 \end{cases}$	Fungsi keanggotaan Fosfor bernilai Tinggi
7	$\mu_{K_R}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 12 \\ \frac{(21-x)}{(21-12)}, & 12 < x < 21 \end{cases}$	Fungsi keanggotaan Kalium bernilai Rendah
8	$\mu_{K_S}(x) = \begin{cases} \frac{(x-12)}{(21-12)}, & 12 < x < 21 \\ 1, & x = 21 \\ \frac{(36-x)}{(36-21)}, & 21 < x < 36 \end{cases}$	Fungsi keanggotaan Kalium bernilai Sedang
9	$\mu_{K_T}(x) = \begin{cases} \frac{(x-21)}{(36-21)}, & 21 < x < 36 \\ 1, & x \geq 36 \end{cases}$	Fungsi keanggotaan Kalium bernilai Tinggi

Tabel di atas menjelaskan nilai keanggotaan dari masing-masing input Nitrogen (N), Fosfor (P) serta Kalium (K) yang mempunyai 3 nilai keanggotaan yaitu nilai keanggotaan rendah (R), sedang (S) dan tinggi (T). Nilai keanggotaan ditentukan berdasar pada data pengelompokan dari Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur. Selain nilai keanggotaan, terdapat beberapa aturan fuzzy yang menjadi acuan keputusan dari masukan fuzzy. Pada penelitian ini, aturan fuzzy yang disediakan ada 27 aturan yang dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Rules Fuzzy

K	R	S	T
NP			
RR	R	R	R
RS	R	S	S
RT	R	S	T
SR	R	S	S
SS	S	S	S
ST	S	S	T
TR	R	S	T
TS	S	S	T
TT	T	T	T

Keterangan : R = Rendah, S = Sedang, T = Tinggi
Sumber : Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur

Aturan fuzzy ditentukan berdasarkan nilai keanggotaan fuzzy yang biasa disebut fuzzy output. Fuzzy output yang ditentukan menghasilkan keputusan berupa nilai yang mudah dipahami. Nilai fungsi keanggotaan fuzzy output dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Fungsi Keanggotaan Nilai Unsur Hara

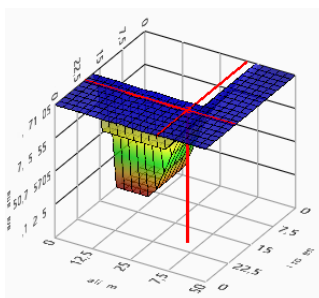
No	Fungsi Keanggotaan	Keterangan
1	$\mu_{U_R}(x) = \begin{cases} 1, & x \leq 33 \\ \frac{(37-x)}{(37-33)}, & 33 < x < 37 \end{cases}$	Fungsi keanggotaan unsur hara bernilai Rendah
2	$\mu_{U_S}(x) = \begin{cases} \frac{(x-33)}{(37-33)}, & 33 < x < 37 \\ 1, & 37 \leq x \leq 66 \\ \frac{(70-x)}{(70-66)}, & 66 < x < 70 \end{cases}$	Fungsi keanggotaan unsur hara bernilai Sedang
3	$\mu_{U_T}(x) = \begin{cases} \frac{(x-66)}{(70-66)}, & 66 < x < 70 \\ 1, & x \geq 70 \end{cases}$	Fungsi keanggotaan unsur hara bernilai Tinggi

Sebelum proses fuzzy dihasilkan, nilai fuzzy output akan melalui proses yang bernama defuzzifikasi. Defuzzifikasi merupakan proses terakhir dalam pemrosesan pada logika fuzzy. Defuzzifikasi yang diterapkan untuk menyelesaikan penelitian ini adalah metode defuzzifikasi Center of Area (COA). Persamaan defuzzifikasi COA dapat dilihat pada persamaan dibawah.

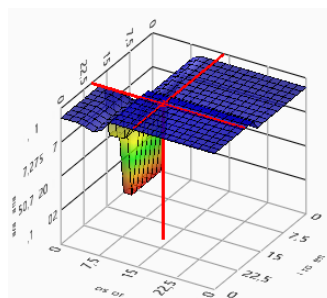
$$z^* = \frac{\sum z \cdot \mu(z)}{\sum \mu(z)}$$

4. PEMBAHASAN

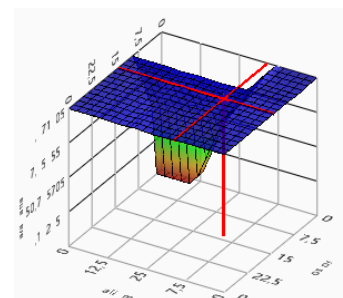
Penelitian ini menggunakan software labview dalam melakukan simulasi. Data yang sudah tertera dimasukkan dalam software labview untuk diketahui hasilnya apakah sesuai dengan yang di harapkan. Berikut adalah tampilan grafik dari data Nitrogen, Fosfor, dan Kalium.



Gambar 3. Grafik Unsur Hara, Nitrogen, dan Kalium



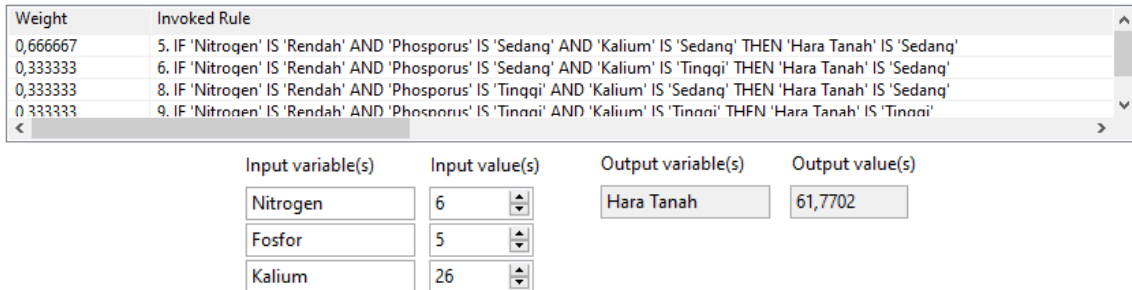
Gambar 4. Grafik Unsur Hara, Nitrogen, dan Fosfor



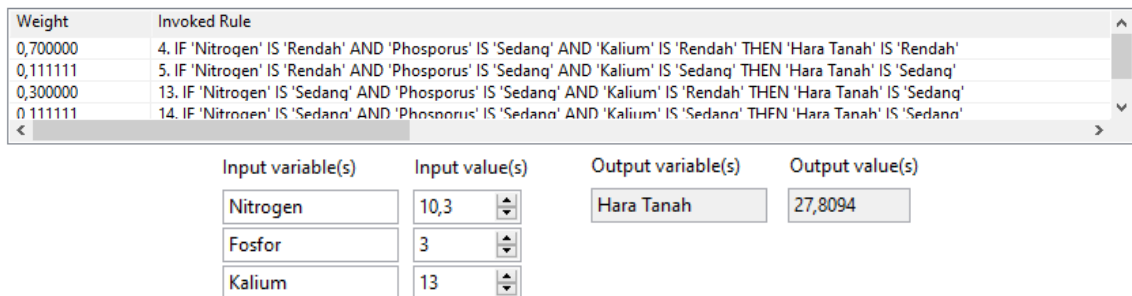
Gambar 5. Grafik Unsur Hara, Fosfor, dan Kalium

Hasil penelitian didapatkan dengan cara menguji inputan dengan 3 nilai yang berbeda. Ketiga nilai ini memiliki nilai keanggotaan fuzzy yang berbeda juga untuk

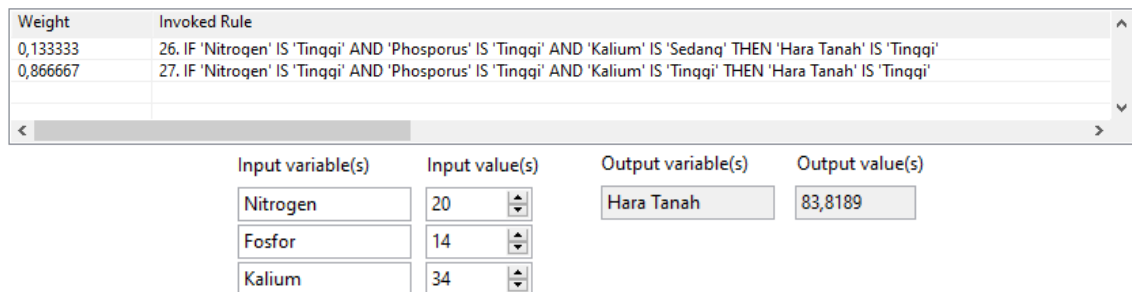
menghasilkan output yang bervariasi. Nilai output yang dihasilkan adalah tingkat unsur hara yang ada pada tanah dengan kriteria Rendah (R), Sedang (S) dan Tinggi (T). Hasil simulasi aturan fuzzy berdasarkan beberapa nilai masukan yang berbeda dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 6. Hasil Percobaan 1 nilai NPK (6, 5, 26)



Gambar 7. Hasil Percobaan 2 nilai NPK (10.3, 3, 13)



Gambar 8. Hasil Percobaan 3 nilai NPK (20, 14, 34)

Ketiga gambar diatas menunjukkan hasil percobaan yang telah dilakukan menggunakan beberapa komposisi nitrogen, fosfor serta kalium yang berbeda. Nilai yang di uji coba adalah komposisi 6, 5, 26 untuk komposisi percobaan unsur hara pertama, komposisi 10.3, 3, 13 untuk komposisi percobaan unsur hara kedua, dan komposisi 20, 14, 34 untuk komposisi percobaan unsur hara ketiga. Dari hasil percobaan pada simulasi, metode fuzzy ini terbukti mampu menentukan kadar unsur hara dengan parameter nitrogen, fosfor dan kalium. Masing-masing komposisi nilai NPK mempunyai beberapa nilai keanggotaan yang berbeda dari rendah sampai tinggi.

Berdasarkan acuan data yang sudah diperoleh dari Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur dilakukan perhitungan keluaran tingkat unsur hara dengan nilai N = 6, P = 5, K = 26.

1. Tahap Fuzzifikasi

Tahap fuzzifikasi melibatkan pengambilan informasi dengan nilai yang diketahui (crisp input) dan mengubahnya menjadi input fuzzy, yang merupakan nilai linguistik yang ditentukan oleh fungsi keanggotaan [18].

NITROGEN

$$\mu_{NR}(6) = 1$$

FOSFOR

$$\mu_{PS}(x) = (b - x)/(b - a)$$

$$\mu_{PS}(5) = (9 - 5)/(9 - 3)$$

$$\mu_{PS}(5) = (4)/(6)$$

$$\mu_{PS}(5) = 0,67$$

$$\mu_{PT}(x) = (x - a)/(b - a)$$

$$\mu_{PT}(5) = (5 - 3)/(9 - 3)$$

$$\mu_{PT}(5) = (2)/(6)$$

$$\mu_{PT}(5) = 0,33$$

KALIUM

$$\mu_{KS}(x) = (b - x)/(b - a)$$

$$\mu_{KS}(26) = (36 - 26)/(36 - 21)$$

$$\mu_{KS}(26) = (10)/(15)$$

$$\mu_{KS}(26) = 0,67$$

$$\mu_{KT}(x) = (x - a)/(b - a)$$

$$\mu_{KT}(26) = (26 - 21)/(36 - 21)$$

$$\mu_{KT}(5) = (5)/(15)$$

$$\mu_{KT}(5) = 0,33$$

2. Tahap Inferensi

Setelah mendapatkan hasil fuzzifikasi, dilanjutkan dengan tahap mesin inferensi yang merupakan tahap penalaran untuk input fuzzy yang diperoleh dari fuzzifikasi proses dan dikirim ke basis pengetahuan yang berisi aturan fuzzy untuk menghasilkan keluaran fuzzy. Proses inferensi dilakukan dengan menggunakan Model Mamdani. Model sering disebut sebagai model Min-Max [19]. Dimana penggunaan metode min-max dengan rules yang didapat yaitu:

Implikasi Min

IF 'Nitrogen' IS 'Rendah' AND 'Fosfor' IS 'Sedang' AND 'Kalium' IS 'Sedang' THEN 'Hara Tanah' IS 'Sedang'

Mengacu pada fungsi keanggotaan diperoleh nilai keanggotaan yaitu :

$$\begin{aligned}\alpha \text{ Predikat}_1 &= \mu_{NR} \cap \mu_{PS} \cap \mu_{KS} \\ &= \min(\mu_{NR} [1] \cap \mu_{PS} [0,67] \cap \mu_{KS} [0,67]) \\ &= \min(1 ; 0,67; 0,67) \\ &= 0,67\end{aligned}$$

IF 'Nitrogen' IS 'Rendah' AND 'Fosfor' IS 'Sedang' AND 'Kalium' IS 'Tinggi' THEN 'Hara Tanah' IS 'Sedang'

Mengacu pada fungsi keanggotaan diperoleh nilai keanggotaan yaitu :

$$\begin{aligned}\alpha \text{ Predikat}_2 &= \mu_{N_R} \cap \mu_{p_S} \cap \mu_{K_T} \\ &= \min(\mu_{N_R} [1] \cap \mu_{p_S} [0,67] \cap \mu_{K_T} [0,33]) \\ &= \min(1; 0,67; 0,33) \\ &= 0,33\end{aligned}$$

IF 'Nitrogen' IS 'Rendah' AND 'Fosfor' IS 'Tinggi' AND 'Kalium' IS 'Sedang' THEN 'Hara Tanah' IS 'Sedang'

Mengacu pada fungsi keanggotaan diperoleh nilai keanggotaan yaitu :

$$\begin{aligned}\alpha \text{ Predikat}_3 &= \mu_{N_R} \cap \mu_{p_T} \cap \mu_{K_S} \\ &= \min(\mu_{N_R} [1] \cap \mu_{p_T} [0,33] \cap \mu_{K_S} [0,67]) \\ &= \min(1; 0,33; 0,67) \\ &= 0,33\end{aligned}$$

IF 'Nitrogen' IS 'Rendah' AND 'Fosfor' IS 'Tinggi' AND 'Kalium' IS 'Tinggi' THEN 'Hara Tanah' IS 'Tinggi'

Mengacu pada fungsi keanggotaan diperoleh nilai keanggotaan yaitu :

$$\begin{aligned}\alpha \text{ Predikat}_4 &= \mu_{N_R} \cap \mu_{p_S} \cap \mu_{K_T} \\ &= \min(\mu_{N_R} [1] \cap \mu_{p_S} [0,67] \cap \mu_{K_T} [0,33]) \\ &= \min(1; 0,67; 0,33) \\ &= 0,33\end{aligned}$$

Implikasi Max

$$\begin{aligned}\mu_{\text{HaraTanahTinggi}} &= \alpha \text{ Predikat}_4 = 0,33 \\ \mu_{\text{HaraTanahSedang}} &= \alpha \text{ Predikat}_1 \cup \alpha \text{ Predikat}_2 \cup \alpha \text{ Predikat}_3 \\ \mu_{\text{HaraTanahSedang}} &= \max(0,67; 0,33; 0,33) = 0,67\end{aligned}$$

dari hasil inferensi didapatkan dua himpunan fuzzy baru yaitu:

Output Hara Tanah IS Sedang	(0,67)
Output Hara Tanah IS Tinggi	(0,33)

3. Defuzzifikasi

Defuzzifikasi dapat didefinisikan sebagai proses pengubahan jumlah Fuzzy yang disajikan dalam bentuk himpunan keluaran Fuzzy dengan fungsi keanggotaan untuk mendapatkan kembali bentuk tegas (crisp) [20]. Proses defuzzifikasi yang digunakan dalam fuzzy mamdani adalah menggunakan metode Center of Area (COA) dimana rumusnya adalah:

$$z^* = \frac{\sum z \cdot \mu(z)}{\sum \mu(z)}$$

Dengan menggunakan rumus ini dapat menghasilkan nilai crisp output (nilai hasil). Nilai pembilang biasa disebut dengan momen sedangkan nilai penyebut dapat ditentukan dengan menghitung luas bangun pada hasil inferensi. Lebih jelasnya dapat dilihat pada perhitungan dibawah:

$$z^* = \frac{((33 + 34 + \dots + 65 + 66) \times (0,67)) + ((67 + 68 + \dots + 99 + 100) \times (0,33))}{((34 \times 0,67) + (34 \times 0,33))}$$

$$z^* = \frac{(1127,61) + (936,87)}{(22,78) + (11,22)}$$

$$z^* = 60,72$$

Nilai keluaran yang didapat dari masukan N = 6, P = 5, K = 26 adalah 60,72 dengan tingkat Unsur Hara Sedang.

Selanjutnya dilakukan perhitungan dengan input nilai NPK yang berbeda. Peneliti membandingkan hasil perhitungan secara manual dengan perhitungan simulasi pada software labview. Dilakukan sebanyak 10 kali percobaan. Adapun data dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Perhitungan Crisp Output Manual dan Crisp Output Simulasi

NO	N (ppm)	P (ppm)	K (ppm)	CRISP MANUAL	CRISP SIMULASI	ERROR (%)
1	6	5	26	60,72	61,77	1,70
2	15,5	7	38	69,98	70,03	0,07
3	10,3	3	13	28,50	27,81	2,48
4	7	1	40	18,50	17,52	5,59
5	15,7	12	21	73,30	73,46	0,22
6	12	8	10	51,50	51,54	0,07
7	25	3	21	51,50	51,50	0,00
8	14	13	40	82,50	83,97	1,75
9	20	14	34	82,50	83,82	1,57
10	10,5	7	14	35,50	34,56	2,72
Rata - Rata Error						1,62

Dari tabel di atas dapat dilihat perbandingan antara perhitungan crisp output manual dan crisp output simulasi. Terdapat perbedaan hasil dengan nilai error yang beragam. Secara keseluruhan nilai error antara perhitungan crisp output manual dan crisp output simulasi bernilai 1,62 %.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan peneliti dihasilkan kesimpulan bahwa sistem fuzzy mamdani dapat digunakan untuk menentukan kadar unsur hara tanah berdasarkan nilai NPK. Besar nilai masukan Nitrogen, Fosfor dan Kalium merupakan faktor penting untuk menghasilkan keluaran. Perhitungan crisp output secara manual dan simulasi dihasilkan nilai error sebesar 1,62 %. Saran untuk penelitian selanjutnya adalah penggunaan sensor NPK dan arduino untuk mencoba sistem fuzzy untuk hasil yang lebih

nyata. Tanah yang digunakan uji coba sebaiknya beragam agar diketahui nilai yang beragam sebagai acuan dalam memilih tanaman apa yang cocok untuk ditanam.

UCAPAN TERIMAKASIH

Tim peneliti mengucapkan terimakasih kepada Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Timur yang sudah membantu dalam penyelesaian penelitian ini dengan memberikan data kriteria hasil penilaian tanah berdasarkan nilai NPK yang diberikan pada tanggal 8 November 2021.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Mukminin, H. Santoso, and C. Supriyanto, "Analisis dan Perancangan Model Fuzzy untuk Sistem Pakar Pendeteksi Tingkat Kesuburan Tanah dan Jenis Tanaman," *J. Teknol. Inf.*, vol. 13, no. 1, pp. 20–29, 2017.
- [2] J. Martin, E. Susanto, and U. Sunarya, "Kendali pH dan Kelembaban Tanah Berbasis Logika Fuzzy Menggunakan Mikrokontroler (Arrangement Ph And Humidity Of Soil Based On Fuzzy Logic Using Microcontroller)," in *e-Proceeding of Engineering*, 2015, vol. 2, no. 2, pp. 2236–2245.
- [3] L. E. P. Daniel, A. Mahmudin, and K. Auliasari, "Penerapan IoT (Internet of Thing) Terhadap Sistem Pendeteksi Kesuburan Tanah pada Lahan Perkebunan," *JATI (Jurnal Mhs. Tek. Inform.)*, vol. 4, no. 2, pp. 207–213, 2020, doi: 10.36040/jati.v4i2.2678.
- [4] J. Prayudha, U. Fatimah, S. Sitorus, and S. Raharjo, "Implementasi Metode Fuzzy Untuk Sistem Identifikasi Kadar Elektrolit Untuk Mengukur Tingkat Kesuburan Tanah Berbasis Mikrokontroler Arduino," *J-Sisko Tech*, vol. 2, no. 1, pp. 92–106, 2019.
- [5] M. Akil, "Kebutuhan hara n, p, dan k tanaman jagung hibrida pada lahan kering di kabupaten gowa," in *Seminar Nasional Serealia*, 2013, vol. 200, pp. 201–213.
- [6] R. H. Bayu Saputra, Denah Suswati, "Kadar Hara NPK Tanaman Kelapa Sawit pada Berbagai Tingkat Kematangan Tanah Gambut di Perkebunan Kelapa Sawit PT. Peniti Sungai Purun Kabupaten Mempawah," *Perkeb. dan Lahan Trop.*, vol. 8, no. 1, pp. 34–39, 2018.
- [7] E. D. S. Nugroho and A. Elonard, "Uji Konsentrasi dan Interval Pemupukan NPK Terhadap Pertumbuhan Marigold (*Tagetes erecta* L.)," *Agrin*, vol. 23, no. 2, p. 103, 2019, doi: 10.20884/1.agrin.2019.23.2.482.
- [8] B. P. Putro, G. Samudro, and W. D. Nugraha, "Pengaruh Penambahan Pupuk NPK Dalam pengomposan Sampah Organik Secara Aerobik Menjadi Kompos Matang dan Stabil Diperkaya," *J. Tek. Lingkungan*, vol. 5, no. 2, pp. 1–10, 2016.
- [9] B. Siswanto, "Sebaran Unsur Hara N, P, K Dan Ph Dalam Tanah," *Buana Sains*, vol. 18, no. 2, p. 109, 2019, doi: 10.33366/bs.v18i2.1184.
- [10] K. Purba, R. Hasanah, and M. Muslim, "Implementasi Logika Fuzzy Untuk Mengatur Perilaku Musuh Dalam Game Bertipe Action-RPG," *J. EECCIS*, vol. 7, no. 1, pp. 15–20, 2013.
- [11] H. Nasution, "Implementasi Logika Fuzzy pada Sistem Kecerdasan Buatan," *ELKHA J. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 2, pp. 4–8, 2012, [Online]. Available: <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/Elkha/article/view/512>.
- [12] V. Hasibuan and M. Ginting, "Implementasi Metode Mamdani Pada Penentuan Tipe Kepribadian," *Tek. Inform. Unika St. Thomas*, vol. 03, no. 479, pp. 166–174, 2018.
- [13] N. Febriany, "Implementatiton of fuzzy time series methods," *J. Math.*, pp. 29–49, 2016.
- [14] A. W. F. Much Junaidi, Eko Setiawan, "Penentuan Jumlah Produksi Dengan Aplikasi Fuzzy – Mamdani," *J. Ilm. Tek. Ind.*, vol. 4, no. 2, pp. 95–104, 2005, [Online]. Available: <https://journals.ums.ac.id/index.php/jiti/article/view/1368>.
- [15] M. Marbun, H. T. Sihotang, and N. V. Marbun, "Perancangan Sistem Perencanaan Jumlah

- Produksi Roti Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani,” *J. Manaj. dan Inform. Pelita Nusant.*, vol. 20, no. 1, pp. 48–54, 2016, [Online]. Available: <http://e-jurnal.pelitanusantara.ac.id/index.php/mantik/article/view/194>.
- [16] J. J. I. Haban, J. C. V. Puno, A. A. Bandala, R. Kerwin Billones, E. P. Dadios, and E. Sybingco, “Soil fertilizer recommendation system using fuzzy logic,” *IEEE Reg. 10 Annu. Int. Conf. Proceedings/TENCON*, vol. 2020-Novem, pp. 1171–1175, 2020, doi: 10.1109/TENCON50793.2020.9293780.
- [17] A. T. Khomeiny, T. Restu Kusuma, A. N. Handayani, A. Prasetya Wibawa, and A. H. Supadmi Irianti, “Grading System Recommendations for Students using Fuzzy Mamdani Logic,” in *4th International Conference on Vocational Education and Training, ICOVET 2020*, 2020, pp. 273–277, doi: 10.1109/ICOVET50258.2020.9230299.
- [18] A. Shahrul, D. W. Wijaya, Aftina, A. N. Handayani, and A. P. Wibawa, “The Implementation of Fuzzy Mamdani Algorithm for Determining Departments in SMK,” in *4th International Conference on Vocational Education and Training, ICOVET 2020*, 2020, pp. 200–205, doi: 10.1109/ICOVET50258.2020.9230309.
- [19] B. Prasetyo, F. S. Aziz, A. N. Handayani, A. Priharto, and A. I. Bin Che Ani, “Lux and current analysis on lab-scale smart grid system using Mamdani fuzzy logic controller,” *J. Mechatronics, Electr. Power, Veh. Technol.*, vol. 11, no. 1, pp. 11–21, 2020, doi: 10.14203/j.mev.2020.v11.11-21.
- [20] K. Faqih, W. Primadi, A. N. Handayani, A. Priharto, and K. Arai, “Smart grid photovoltaic system pilot scale using sunlight intensity and state of charge (SoC) battery based on Mamdani fuzzy logic control,” *J. Mechatronics, Electr. Power, Veh. Technol.*, vol. 10, no. 1, pp. 36–47, 2019, doi: 10.14203/j.mev.2019.v10.36-47.