

## IMPLEMENTASI METODE *FUZZY SUGENO* PADA PEMODELAN PERTUMBUHAN TANAMAN KEDELAI DENGAN VARIASI DOSIS PUPUK

Rizal Furqan Ramadhan<sup>1</sup>, Kunti Eliyen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universitas Islam Negeri Sayyid Ali Rahmatullah Tulungagung

<sup>2</sup> PSDKU Polinema Kota Kediri

*rizalfurqann@gmail.com*

### ABSTRAK

Pertanian merupakan salah satu bidang profesi masyarakat khususnya di Indonesia. Pertanian merupakan kegiatan yang mampu menghasilkan kebutuhan pokok manusia yakni kebutuhan pangan. Salah satu tanaman yang cukup dikenal oleh kalangan petani di Indonesia adalah kedelai. Tanaman yang bagus tentunya didukung dengan pemberian pupuk yang bagus baik pupuk alami maupun pupuk buatan. Era saat ini dengan dukungan perkembangan teknologi informasi yang cukup pesat kegiatan pertanian bisa dimodelkan menggunakan sebuah aplikasi sehingga para petani mampu mengetahui terlebih dahulu hasil dari tanaman sebelum dilakukan proses penanaman maupun pemberian pupuk. Pada penelitian ini objek tanamannya adalah kedelai jenis kaba sedangkan jenis pupuk sebagai variabel adalah NPK dan pupuk kandang. Metode *Fuzzy Sugeno* menghasilkan 9 aturan atau *rule* yang digunakan untuk meramalkan perkembangan tanaman kedelai berdasarkan pemberian dosis pupuk yang berbeda. Aturan yang dihasilkan metode *Fuzzy Sugeno* merupakan bentuk inovasi dari kecerdasan buatan yang dapat diimplementasikan pada sistem pemodelan atau peramalan. Untuk mengukur perbandingan hasil pemodelan atau peramalan tanaman kedelai digunakan metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) yang menghasilkan jumlah rata-rata error adalah 14,9 % sehingga bisa dikatakan metode *fuzzy Sugeno* dapat menerapkan pemodelan tanaman kedelai sesuai dengan kondisi di lapangan.

**Keyword :** *Fuzzy Sugeno, kedelai, pertanian, pupuk kandang, pupuk NPK*

### 1. PENDAHULUAN

Teknologi Informasi membawa pengaruh besar terhadap perubahan zaman. Seluruh bidang kehidupan manusia menerima dampak perubahan karena berkembangnya teknologi informasi. Teknologi informasi juga mampu memberikan manfaat pada segala bidang meskipun lintas disiplin ilmu. Salah satu bidang lain yang menerima manfaat dari teknologi informasi adalah bidang pertanian. Pertanian merupakan kegiatan pengolahan tanaman supaya mampu dimanfaatkan untuk kelangsungan hidup manusia.

Tanaman kedelai merupakan jenis tanaman yang mampu menghasilkan sumber protein nabati. Protein nabati yang terkandung didalamnya membuat tanaman kedelai bisa dikatakan sebagai tanaman yang mengandung gizi yang baik serta menempati urutan tertinggi sebagai tanaman kacang-kacangan dengan penyedia sumber protein tertinggi. Terdapat beberapa tahap pemeliharaan tanaman kedelai yakni pengairan atau penyiraman, pemupukan, penyiangan dan penyulaman. Pada tahap pemupukan memiliki aturan pemberian dosis serta waktu pemupukannya, dimana waktu pemupukan tersebut biasanya dilakukan sebanyak 2 kali. Pada teknik konvensional, untuk mengetahui pengaruh suatu perlakuan pada tanaman, maka harus dilakukan uji coba penanaman secara langsung. Untuk mengetahui hasil tanam dari beberapa variasi perlakuan, maka harus dilakukan penanaman sebanyak kombinasi variabel perlakuan tersebut. Hal itu sangat memakan biaya dan waktu. Berdasarkan paparan tersebut, perlu

dikembangkan penelitian pemodelan tanaman kedelai berbasis logika *fuzzy* untuk meningkatkan tingkat produktivitas petani kedelai. Perlakuan yang diberikan terdiri dari 2 antara lain variasi dosis pupuk NPK dan pupuk Kandang.

Teknik *fuzzy* yang digunakan pada penelitian adalah metode *Fuzzy Sugeno*. Metode *Fuzzy Sugeno* memiliki ciri khas menghasilkan keluaran berupa aturan atau *rule* yang dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan petani sebelum melakukan kegiatan perawatan tanaman kedelai.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Suhartono mengenai pemodelan tanaman zinnia menggunakan lindenmayer memperoleh hasil bahwa metode Lindenmayer dapat mengidentifikasi pertumbuhan tanaman zinnia selama 25 hari sebanyak 6 tahapan. Dan setiap tahapannya dapat divisualisasikan berbasis teknologi informasi [1].

Pemodelan tanaman kedelai menggunakan metode *Fuzzy Sugeno* diharapkan dapat memberikan manfaat baru pada dunia pertanian khususnya kepada para petani sebelum melakukan kegiatan perawatan tanaman.

### 2. TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. *Artificial Intelligence*

*Artificial Intelligence* atau kecerdasan buatan merupakan penerapan ide manusia baik secara matematis maupun teoritis dalam bentuk teknologi informasi. Salah satu teknik kecerdasan buatan adalah metode *Fuzzy* [2], [3]. Logika *fuzzy* merupakan logika baru yang lama dikarenakan ilmu tentang logika *fuzzy* modern dan metode baru

ditemukan beberapa tahun yang lalu, padahal sebenarnya konsep tentang logika fuzzy sendiri sudah ada pada diri kita sejak lama [4]. Logika fuzzy merupakan suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output [5] [6].

**2.2. Metode Fuzzy Sugeno**

Penalaran pada metode Fuzzy Sugeno hampir sama dengan penalaran Mamdani, hanya saja output (konsekuen) sistem tidak berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linear [7] [8]. Metode ini diperkenalkan oleh Takagi - Sugeno Kang pada tahun 1985 [9].

a. Model Fuzzy Sugeno Orde-Nol

Secara umum bentuk model fuzzy SUGENO Orde-Nol adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \cdot (x_2 \text{ is } A_2) \cdot (x_3 \text{ is } A_3) \cdot \dots \cdot (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } z=k \quad (1)$$

dengan  $A_i$  adalah himpunan fuzzy ke- $i$  sebagai anteseden, dan  $k$  adalah suatu konstanta (tegas) sebagai konsekuen.

b. Model Fuzzy Sugeno Orde-Satu

Secara umum bentuk model fuzzy SUGENO Orde-Satu adalah:

$$\text{IF } (x_1 \text{ is } A_1) \cdot \dots \cdot (x_N \text{ is } A_N) \text{ THEN } z = p_1 \cdot x_1 + \dots + p_N \cdot x_N + q \quad (2)$$

dengan  $A_i$  adalah himpunan fuzzy ke- $i$  sebagai anteseden, dan  $p_i$  adalah suatu konstanta (tegas) ke- $i$  dan  $q$  juga merupakan konstanta dalam konsekuen [10] [11].

Apabila komposisi aturan menggunakan metode Sugeno, maka defuzzifikasi dilakukan dengan cara mencari nilai rata-ratanya [12] [13].

**2.3. Tanaman Kedelai**

Tanaman kedelai secara taksonomis mengatakan kedelai diberi nama *Soja max*, *Glycine max*, dan *Glycine soja* [14]. Banyaknya nama lain dari tanaman kedelai cukup dikenal dan tersebar luas di penjuru dunia. Pada zaman dahulu tanaman kedelai juga tidak hanya dijadikan sebagai makanan.

Beberapa abad sebelum masehi, bangsa Cina memanfaatkan kedelai untuk dijadikan susu dengan cara merebusnya, lalu digiling, diperas, dan diambil airnya. Kacang – kacangan dan biji – bijian seperti kacang kedelai, kacang tanah, biji kecipir, koro, kelapa, dan lain – lain merupakan bahan pangan sumber protein dan lemak nabati yang sangat penting peranannya dalam kehidupan.

Tanaman kedelai merupakan sumber protein nabati yang efisien maksudnya bahwa untuk memperoleh jumlah protein yang cukup diperlukan kedelai dalam jumlah yang kecil. Kedelai dibagi menjadi dua golongan, pertama berdasarkan jenisnya, yaitu kedelai putih/kuning, kedelai coklat, kedelai hijau, dan kedelai hitam. Kedua menurut umurnya terbagi atas umur pendek (60-80 hari), sedang (90-100 hari), dan panjang (110-120 hari). Varietas kedelai yang digunakan pada penelitian ini adalah varietas Kaba.

Tanaman kedelai mengandung protein 35%, bahkan pada varietas unggul kadar proteinnya dapat mencapai 40 - 43 %. Dibandingkan dengan beras, jagung, tepung singkong, kacang hijau, daging, ikan segar, dan telur ayam, kedelai mempunyai kandungan protein yang lebih tinggi, hamper menyamai kadar protein susu skim kering [15].

**2.4. Pupuk**

Pupuk merupakan material yang ditambahkan pada media tanam atau tanaman untuk mencukupi kebutuhan hara yang diperlukan tanaman sehingga mampu berproduksi dengan baik. Material pupuk dapat berupa bahan organik ataupun non-organik (mineral). Pupuk terdiri dari 2 jenis antara lain Pupuk Alam dan Pupuk Buatan. Pada penelitian jenis pupuk alam yang digunakan adalah pupuk kandang sementara untuk pupuk buatan yang digunakan adalah pupuk NPK.

**3. METODE PENELITIAN**

Alur penelitian yang berisi tahapan-tahapan penelitian digambarkan sesuai dengan Gambar 1.



Gambar 1. Alur Penelitian

a. Observasi

Pada penelitian ini dilakukan observasi terlebih dahulu pada tanaman kedelai. Jenis kedelai yang dipilih pada penelitian ini adalah kedelai Kaba. Pada lokasi penelitian dilakukan observasi

berupa pengamatan pada morfologi tanaman kedelai.

b. Persiapan Peralatan serta Lahan

Tahapan selanjutnya adalah persiapan peralatan serta lahan. Pada tahapan ini dilakukan persiapan

- peralatan yang terkait guna penelitian mampu dilaksanakan secara lancar. Peralatan yang dimaksud meliputi alat, tempat tanaman, bibit tanaman yang akan ditanam. Bibit yang digunakan berasal dari salah satu Balitkabi di Provinsi Jawa Timur.
- c. Penelitian
 

Penelitian dilakukan di pekarangan peneliti yakni RT 10 RW 04 Desa Pucanganak, Kecamatan Tugu Kabupaten Trenggalek. Lahan yang digunakan merupakan milik pribadi supaya kegiatan penelitian dapat berjalan lancar.
  - d. Analisa Data
 

Data yang diolah pada penelitian antara lain data pertumbuhan tanaman kedelai, pemberian dosis pupuk NPK serta pemberian dosis pupuk Kandang. Tanaman kedelai akan dibagi menjadi 2 kelompok sesuai dengan pemberian jenis pupuknya. Dari perbedaan pemberian dosis dari 2 jenis pupuk tersebut akan menghasilkan sebuah data yang diolah kedalam basis data kemudian diolah kembali menggunakan metode Fuzzy Sugeno.
  - e. Perancangan Program
 

Perancangan program meliputi desain virtual tanaman kedelai yang akan dimasukkan ke aplikasi editor *GroImp*. Dari aplikasi tersebut hasil tanam kedelai akan dimodelkan sesuai dengan tinggi dan ukuran yang lain.
  - f. Pembuatan Program
 

Tahapan terakhir merupakan teknis dari penelitian yakni pengkodean menggunakan bahasa pemrograman *XL-System*. Bahasa pemrograman ini cukup rumit dan masih langka digunakan oleh para programmer sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengkaji keefektifan bahasa pemrograman ini.

**4. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**4.1 Penelitian di lapangan**

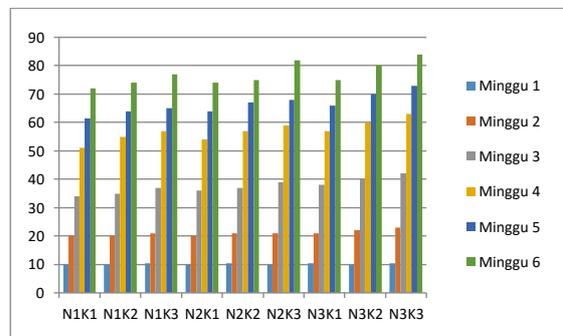
Penelitian diawali dengan proses tanam kedelai dengan masa percobaan selama 6 minggu. Pada masing-masing tanaman diberikan dosis pupuk NPK dan pupuk kandang yang berbeda. Kedua pupuk tersebut dicampur dengan dosis berbeda sehingga pengaruh yang didapatkan pada tanaman juga berbeda. Takaran dosis pupuk sesuai pada Tabel 1.

Tabel 1. Takaran Dosis Pupuk

Level Pupuk	Takaran Pupuk NPK	Takaran Pupuk Kandang
N1K1	2 gram	90 gram
N1K2	2 gram	135 gram
N1K3	2 gram	180 gram
N2K1	4 gram	90 gram
N2K2	4 gram	135 gram
N2K3	4 gram	180 gram
N3K1	7 gram	90 gram
N3K2	7 gram	135 gram
N3K3	7 gram	180 gram

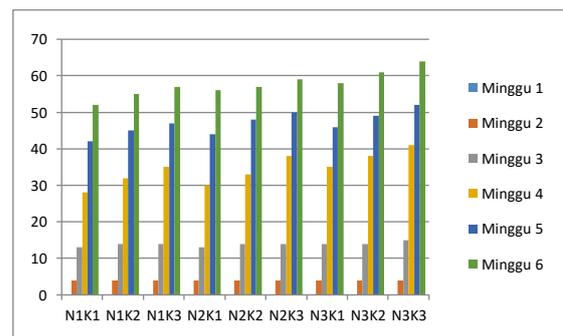
Pada dasarnya, dua pupuk tersebut yakni pupuk NPK dan pupuk Kandang masing – masing terdiri dari 3 level. Level takaran paling sedikit, kemudian level takaran sedang dan yang terakhir yakni level takaran banyak. Dari masing – masing ketiga level dan takaran kedua pupuk tersebut, kemudian dikombinasikan sehingga menghasilkan 9 macam level pupuk yang digunakan sebagai perlakuan pada penelitian ini. Dosis yang diberikan antara pupuk kandang dan NPK berbeda karena dilihat dari jenis pupuknya yakni alami dan buatan. Perbedaan pemberian dosis pupuk di lapangan berdasarkan pertimbangan dengan pakar biologi.

Penelitian di lapangan terhadap tanaman kedelai Dari penelitian di lapangan variabel yang diamati antara lain adalah tinggi tanaman dan jumlah daun. Berdasarkan perlakuan pemberian dosis pupuk NPK dan Kandang di lapangan memberikan beberapa pengaruh sesuai dengan grafik.



Gambar 2. Grafik Tinggi Tanaman

Sesuai gambar 2 bahwa tinggi tanaman mengalami peningkatan yang signifikan. Pada Gambar 2, tinggi tanaman paling signifikan adalah pada kombinasi pupuk yang memiliki takaran paling banyak.



Gambar 3. Grafik Jumlah Daun

Berdasarkan grafik pada gambar 3, jumlah daun pada tanaman kedelai kaba mengalami pertumbuhan yang signifikan saat diberikan takaran banyak pada kombinasi pupuk.

**4.2 Pembentukan Himpunan Fuzzy**

Dosis pupuk NPK terdiri dari 3 himpunan fuzzy antara lain sedikit dengan takaran 2 gram, sedang dengan takaran 4 gram dan banyak dengan takaran 7 gram. Untuk himpunan fuzzy keseluruhan sesuai dengan Tabel 2 dan Grafik pada gambar 4.

Tabel 2. Himpunan variabel dosis pupuk NPK

No	Himpunan	Domain
1	Sedikit	[2, 4]
2	Sedang	[2, 4, 7]
3	Banyak	[4, 7]



Gambar 4. Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Pupuk NPK

Pada gambar 4 dijelaskan bahwa himpunan pupuk NPK SEDIKIT direpresentasikan dengan kurva linear turun, dengan garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Pada himpunan pupuk NPK SEDANG direpresentasikan dengan kurva segitiga, merupakan gabungan antara 2 garis (linear). Sedangkan himpunan pupuk NPK BANYAK direpresentasikan dengan kurva linear naik, kenaikan himpunan dimulai pada nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan nol [0] bergerak ke kanan menuju ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih tinggi.

Dosis pupuk kandang dibagi menjadi 3 himpunan fuzzy antara lain sedikit, sedang dan banyak. Himpunan fuzzy pupuk Kandang sedikit yakni dengan takaran 90 gram, pada tingkatan sedang yakni dengan takaran 135 gram, sedangkan pada tingkatan banyak yakni dengan takaran 180 gram sesuai pada Tabel 3.

Tabel 3. Himpunan variabel dosis pupuk Kandang

No	Himpunan	Domain
1	Sedikit	[90, 135]
2	Sedang	[90, 135, 180]
3	Banyak	[135, 180]

Pada gambar 5 dijelaskan bahwa himpunan pupuk Kandang SEDIKIT direpresentasikan dengan kurva linear turun, dengan garis lurus dimulai dari nilai domain dengan derajat keanggotaan tertinggi pada sisi kiri, kemudian bergerak menurun ke nilai domain yang memiliki derajat keanggotaan lebih rendah. Pada himpunan pupuk NPK SEDANG

direpresentasikan dengan kurva segitiga, merupakan gabungan antara 2 garis (linear). Sedangkan himpunan pupuk NPK BANYAK direpresentasikan dengan kurva linear naik.



Gambar 5. Grafik Fungsi Keanggotaan Variabel Pupuk Kandang

Hasil pada tinggi tanaman kedelai yakni pada bagian yang pendek direpresentasikan dengan kurva linear turun sedangkan tanaman yang tinggi direpresentasikan dengan kurva linear naik sesuai dengan gambar 6.



Gambar 6. Grafik Fungsi Keanggotaan Tinggi Tanaman

Jumlah daun tanaman kedelai jumlah daun yang sedikit direpresentasikan dengan kurva linear turun sedangkan jumlah daun yang banyak direpresentasikan dengan kurva linear naik sesuai Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Fungsi Keanggotaan Jumlah Daun

**4.3 Pembentukan Komposisi Aturan**

Data yang diambil untuk digunakan pada komposisi aturan ini adalah data pada minggu terakhir, yakni minggu ke – 6 sesuai pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Rata – rata Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun Minggu ke- 6

No	Dosis Pupuk		Rata – rata tinggi tanaman	Rata – rata jumlah daun
	NPK	Kandang		
1	2 gram	90 gram	72 cm	52
2	2 gram	135 gram	74 cm	55
3	2 gram	180 gram	77 cm	57
4	4 gram	90 gram	74 cm	56
5	4 gram	135 gram	75 cm	57

No	Dosis Pupuk		Rata – rata tinggi tanaman	Rata – rata jumlah daun
	NPK	Kandang		
6	4 gram	180 gram	82 cm	59
7	7 gram	90 gram	75 cm	58
8	7 gram	135 gram	80 cm	61
9	7 gram	180 gram	84 cm	64

Dari data Tabel 4 yang diambil pada minggu terakhir didapat total 9 aturan fuzzy berdasarkan level masing – masing pupuk supaya mudah dalam mengelompokkan sesuai dengan Tabel 5 dan 6. Tinggi tanaman akan semakin banyak ketika dosis pupuk yang diberikan banyak begitupun sebaliknya, sehingga kondisi pemodelan atau peramalan hampir mendekati dengan kondisi di lapangan.

Tabel 5. Komposisi aturan Tinggi Tanaman

Pupuk	Bentuk aturan
N1K1	[Rule 1] IF NPK SEDIKIT And Kandang SEDIKIT Then Tinggi Tanaman 72
N1K2	[Rule 2] IF NPK SEDIKIT And Kandang SEDANG Then Tinggi Tanaman 74
N1K3	[Rule 3] IF NPK SEDIKIT And Kandang BANYAK Then Tinggi Tanaman 77
N2K1	[Rule 4] IF NPK SEDANG And Kandang SEDIKIT Then Tinggi Tanaman 74
N2K2	[Rule 5] IF NPK SEDANG And Kandang SEDANG Then Tinggi Tanaman 75
N2K3	[Rule 6] IF NPK SEDANG And Kandang BANYAK Then Tinggi Tanaman 82
N3K1	[Rule 7] IF NPK BANYAK And Kandang SEDIKIT Then Tinggi Tanaman 75
N3K2	[Rule 8] IF NPK BANYAK And Kandang SEDANG Then Tinggi Tanaman 80
N3K3	[Rule 9] IF NPK BANYAK And Kandang BANYAK Then Tinggi Tanaman 84

Tabel 6. Komposisi aturan Jumlah Daun

Pupuk	Bentuk aturan
N1K1	[Rule 1] IF NPK SEDIKIT And Kandang SEDIKIT Then Jumlah Daun 52
N1K2	[Rule 2] IF NPK SEDIKIT And Kandang SEDANG Then Jumlah Daun 55
N1K3	[Rule 3] IF NPK SEDIKIT And Kandang BANYAK Then Jumlah Daun 57
N2K1	[Rule 4] IF NPK SEDANG And Kandang SEDIKIT Then Jumlah Daun 56
N2K2	[Rule 5] IF NPK SEDANG And Kandang SEDANG Then Jumlah Daun 57
N2K3	[Rule 6] IF NPK SEDANG And Kandang BANYAK Then Jumlah Daun 59
N3K1	[Rule 7] IF NPK BANYAK And Kandang SEDIKIT Then Jumlah Daun 58
N3K2	[Rule 8] IF NPK BANYAK And Kandang SEDANG Then Jumlah Daun 61
N3K3	[Rule 9] IF NPK BANYAK And Kandang BANYAK Then Jumlah Daun 64

Pada tabel 5 dan 6 komposisi diatas didapatkan masing – masing 9 aturan. Namun untuk output (konsekuen) system bukan berupa himpunan fuzzy, melainkan berupa konstanta atau persamaan linier,

karena pada penelitian ini menggunakan Metode Sugeno.

#### 4.4 Evaluasi Aplikasi

Pada tahapan pengujian dicoba dengan memasukkan takaran pupuk NPK sebanyak 6 gram dan pupuk Kandang sebanyak 120 gram. Keduanya sama – sama masuk pada tingkatan takaran sedikit. Nilai fungsi keanggotaan pada pupuk NPK sesuai pada persamaan 1, 2 dan 3.

$$\begin{aligned} \mu_n \text{ SEDIKIT} [6] &= 0 \quad (1) \\ \mu_n \text{ SEDANG} [6] &= \frac{7-n}{7-4} = \frac{7-6}{3} = \frac{1}{3} = 0,3 \quad (2) \\ \mu_n \text{ BANYAK} [6] &= \frac{n-4}{7-4} = \frac{6-4}{3} = \frac{2}{3} = 0,6 \quad (3) \end{aligned}$$

Pada nilai fungsi keanggotaan pada pupuk Kandang sesuai persamaan 4,5 dan 6.

$$\begin{aligned} \mu_k \text{ SEDIKIT} [120] &= \frac{135-k}{135-90} = \frac{135-120}{45} = \frac{15}{45} = 0,3 \quad (4) \\ \mu_k \text{ SEDANG} [120] &= \frac{k-90}{135-90} = \frac{120-90}{45} = \frac{30}{45} = 0,6 \quad (5) \\ \mu_k \text{ BANYAK} [120] &= 0 \quad (6) \end{aligned}$$

Proses selanjutnya yakni aplikasi fungsi implikasi Metode fuzzy sugeno dengan menggunakan nilai fungsi keanggotaan untuk menghitung nilai  $\alpha$ -predikat. Pada proses perhitungan nilai  $\alpha$ -predikat ini juga berdasarkan aturan – aturan yang telah ada sesuai penelitian yang dilakukan dan menghasilkan 9 macam bentuk aturan. Untuk perhitungan nilai  $\alpha$ -predikat dijelaskan sesuai persamaan

[R1] NPK SEDIKIT And Kandang SEDIKIT Then Tinggi Tanaman 72

[R1] NPK SEDIKIT And Kandang SEDIKIT Then Jumlah Daun 52

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \mu_{\text{nsedikit}} \cap \mu_{\text{ksekit}} \\ &= \min (\mu_{\text{nsedikit}} [6], \mu_{\text{ksekit}} [120]) \\ &= \min (0 : 0,3) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Setelah proses mencari nilai  $\alpha$ -predikat keseluruhan maka akan dicari nilai z (crisp).

[R1] NPK SEDIKIT And Kandang SEDIKIT Then Tinggi Tanaman 72

[R1] NPK SEDIKIT And Kandang SEDIKIT Then Jumlah Daun 52

$$\begin{aligned} \alpha\text{-predikat}_1 &= \mu_{\text{nsedikit}} \cap \mu_{\text{ksekit}} \\ &= \min (\mu_{\text{nsedikit}} [6], \mu_{\text{ksekit}} [120]) \\ &= \min (0 : 0,3) \\ &= 0 \end{aligned}$$

Pada proses implikasi sebelumnya,  $\alpha$  – predikat yang tidak nol terdapat pada aturan : [R4], [R5], [R7] dan [R8], dengan menggunakan metode penegasan (defuzzy), maka tinggi tanaman wortel adalah: Nilai titik pusat (z) untuk tinggi tanaman :

$$Z_{tinggi} = \frac{\alpha 4 * zt4 + \alpha 5 * zt5 + \alpha 7 * zt7 + \alpha 8 * zt8}{\frac{\alpha 4 + \alpha 5 + \alpha 7 + \alpha 8}{0,3 * 80 + 0,3 * 80 + 0,3 * 80 + 0,6 * 76}} = 78,9$$

Sesuai dengan perhitungan diatas, untuk perhitungan nilai penegasan pada jumlah daun sama proses perhitungannya

Nilai titik pusat (z) untuk jumlah daun tanaman :

$$Z_{daun} = \frac{\alpha 4 * zd4 + \alpha 5 * zd5 + \alpha 7 * zd7 + \alpha 8 * zd8}{\frac{\alpha 4 + \alpha 5 + \alpha 7 + \alpha 8}{0,3 * 60 + 0,3 * 60 + 0,3 * 56 + 0,6 * 60}} = 59,5$$

Tahapan akhir penelitian yaitu evaluasi. Pada tahapan ini dilakukan perbandingan antara pemodelan/penelitian di lapangan serta data pemodelan berbasis komputer. Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui perbedaan secara signifikan antara data penelitian di lapangan serta data yang dihasilkan pada pemodelan. Perbandingan data yang sedikit memberikan asumsi bahwa pemodelan yang dilakukan berhasil atau mendekati keadaan sebenarnya.

Untuk menghitung perbandingannya atau lebih dikenal dengan error rate, pada penelitian ini digunakan Metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Metode MAPE merupakan persentase kesalahan rata-rata secara absolut atau mutlak. Metode MAPE dikenal sebagai pengukuran statistik tentang akurasi dari sebuah prediksi pada metode peramalan. Metode MAPE dapat memberikan keluaran seberapa besar kesalahan hasil peramalan dibandingkan dengan nilai sebenarnya. Semakin kecil nilai presentas kesalahan (*percentage error*) pada MAPE maka hasil peramalannya semakin akurat.

$$PE_i = \frac{(X_i - F_i)}{X_i} \times 100\%$$

$$MAPE = \frac{\sum PE_i}{n} \tag{3}$$

Data yang digunakan sebagai evaluasi merupakan data tinggi dan jumlah daun tanaman kedelai mulai minggu ke-1 sampai minggu ke-6. Rata-rata nilai error sesuai pada Tabel 7.

Tabel 7. Rata-rata Nilai Error

Pengambilan Data	Nilai Error data lapangan dan simulasi
Minggu -1	6,2 %
Minggu -2	3%
Minggu -3	14,3 %
Minggu -4	25,9 %
Minggu -5	21,2 %
Minggu -6	18,9 %
Total Rata-rata	14,9 %

## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan dipaparkan, menghasilkan kesimpulan yakni hasil pemodelan atau peramalan mendekati kondisi *real* di lapangan. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan hasil perhitungan *MAPE* menghasilkan nilai *error* yang sedikit sebanyak 14,9 %. Selain itu, implementasi metode *Fuzzy Sugeno* menghasilkan *rule* atau aturan kombinasi pupuk sebanyak 9. Dari 9 aturan atau *rule* tersebut sudah dapat membuktikan persamaan kondisi kedelai di sistem dan di lapangan saat peneliti melakukan kegiatan tanam kedelai.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Suhartono, "Pemodelan Pertumbuhan Tanaman Zinnia Menggunakan Lindenmayer System dengan Mathematica," *CAUCHY: Jurnal Matematika Murni dan Aplikasi*, vol. 3, no. 1, pp. 33–37, 2013.
- [2] R. Ramadhan and K. Eliyen, "IMPLEMENTASI METODE TOPSIS PADA DECISION SUPPORT SYSTEM UNTUK PENILAIAN MAHASISWA BERBASIS PRESTASI AKADEMIK DAN NON AKADEMIK," *Rabit : Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi Univrab*, vol. 7, no. 2, Jul. 2022, doi: 10.36341/rabit.v7i2.2470.
- [3] A. Suryowinoto, "Pemodelan Tanaman Virtual Menggunakan Lindenmayer System," *Inform: Jurnal Ilmiah Bidang Teknologi Informasi dan Komunikasi*, vol. 2, no. 2, 2017.
- [4] R. F. Ramadhan, H. Tolle, and M. A. Muslim, "Perancangan Decision Support System Penilaian Kinerja Dosen Berdasarkan Penilaian Prestasi Kerja Pegawai dan Beban Kinerja Dosen," *MATICS*, vol. 8, no. 2, 2016, doi: 10.18860/mat.v8i2.3555.
- [5] R. F. Ramadhan and K. Eliyen, "Implementasi Metode Analytical Hierarchy Process pada Penilaian Mahasiswa Berprestasi Berbasis Decision Support System," *Jurnal Informatika dan Rekayasa Perangkat Lunak*, vol. 4, no. 2, pp. 98–105, 2022.
- [6] D. R. Ramdania, M. Irfan, S. N. Habsah, C. Slamet, W. Uriawan, and K. Manaf, "Fisher-Yates and fuzzy Sugeno in game for children with special needs," *TELKOMNIKA (Telecommunication Computing Electronics and Control)*, vol. 18, no. 2, pp. 879–889, 2020.
- [7] D. I. Saputra, A. Najmurokhman, and Z. Fakhri, "Skema Implementasi Fuzzy Inference System tipe Sugeno Sebagai Algoritma Pengendali Pada Sistem Pengamatan Berbasis IoT," *Prosiding Semnastek*, 2019.
- [8] R. Rizky, T. Hidayat, A. Hardianto, and Z. Hakim, "Penerapa Metode Fuzzy Sugeno Untuk pengukuran Keakuratan Jarak Pada Pintu Otomatis di CV Bejo Perkasa," *Jurnal*

- Teknik Informatika UNIKA Santo Thomas*, pp. 33–42, 2020.
- [9] Z. Civelek, “Optimization of fuzzy logic (Takagi-Sugeno) blade pitch angle controller in wind turbines by genetic algorithm,” *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 23, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [10] A.-T. Nguyen, T. Taniguchi, L. Eciolaza, V. Campos, R. Palhares, and M. Sugeno, “Fuzzy control systems: Past, present and future,” *IEEE Comput Intell Mag*, vol. 14, no. 1, pp. 56–68, 2019.
- [11] I. Afriliana, A. H. Sulasmoro, and A. Sofyan, “Implementasi Fuzzy Sugeno Untuk Kinerja Pengajaran Dosen,” *Smart Comp: Jurnalnya Orang Pintar Komputer*, vol. 8, no. 2, pp. 74–77, 2019.
- [12] W. Priatna and R. Purnomo, “Implementasi Fuzzy Inference System Metode Sugeno Pada Aplikasi Penilaian Kinerja Dosen,” *Techno. Com*, vol. 19, no. 3, pp. 245–261, 2020.
- [13] G. E. Martínez, C. I. Gonzalez, O. Mendoza, and P. Melin, “General type-2 fuzzy sugeno integral for edge detection,” *J Imaging*, vol. 5, no. 8, p. 71, 2019.
- [14] Z. Fadli, P. Parwito, and E. R. Togatorop, “RESPON PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI TANAMAN KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merrill) DENGAN PEMBERIAN BERBAGAI JENIS PUPUK ORGANIK CAIR DAN LIMBAH KULIT KOPI,” *PUCUK: Jurnal Ilmu Tanaman*, vol. 1, no. 1, pp. 1–14, 2021.
- [15] A. Manasikana and K. Kusrinah, “Pengaruh Dosis Rhizobium Serta Macam Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max*) Varietas Anjasmoro,” *Al-Hayat: Journal of Biology and Applied Biology*, vol. 2, no. 1, pp. 28–38, 2019.