

ANALISIS PENDEKATAN STATISTIK DAN FUZZY MAMDANI DALAM PREDIKSI PRODUKTIVITAS PADI

(Analysis of Approaches Statistics and Fuzzy Mamdani in Rice Productivity Prediction)

Dhandy Ahmad Ferryan, Elok Indana Zulfa, Dian Candra Rini Novitasari*)

Program Studi Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Ampel Surabaya
Jl. Ahmad Yani 117, Surabaya, Indonesia

e-mail: dhandyahmad8@gmail.com, elok1508@gmail.com, *)diancrini@uinsby.ac.id

*)penulis korespondensi

Abstract. Indonesia has fertile soil, so it is suitable for agricultural land. However, Indonesia still needs to import rice from abroad because rice productivity in Indonesia is often inconsistent. Therefore, rice productivity in Indonesia needs to be estimated for the future. This study aimed to determine the amount of rice productivity from production factors and harvested area that occurred in Indonesia from September 2021 to June 2022. The data used were rice production and rice harvested from January 2019 to August 2021 sourced from the Central Statistics Agency, Indonesia. Data processing in this study uses the Polynomial Regression method to determine predictions of future rice production and harvest area and the Mamdani Fuzzy Logic method. Data processing in this study uses a prediction method, namely the Polynomial Regression method, to determine future production and harvested area predictions and the Mamdani method of Fuzzy Logic for decision making. The results obtained from the Mamdani polynomial and fuzzy regression methods, predictions of rice productivity in September 2021 to June 2022 have increased in the range of 23.33 to 27.91.

Keywords: Fuzzy Mamdani, polynomial regression, prediction, rice productivity

MSC2020: 62A86

Received: 24-02-2022, accepted: 25-03-2022

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara agraris karena perekonomian Indonesia berbasis pada sektor pertanian. Indonesia tergolong sebagai negara penghasil padi terbesar ketiga di dunia setelah China dan India [1]. Indonesia juga memiliki tanah yang subur. Hal tersebut dapat dilihat dari banyaknya lahan yang cocok untuk dijadikan lahan perkebunan dan pertanian dikarenakan di Indonesia memiliki iklim tropis dan curah hujan yang tinggi. Curah hujan yang tinggi dan udara yang hangat cocok untuk melakukan aktivitas bercocok tanam pada lahan pertanian. Aktivitas pada lahan pertanian di Indonesia terdapat dua macam, yaitu pertanian lahan kering dan pertanian lahan basah. Jenis tanaman yang ditanam dan tumbuh di sawah sangat beragam, tetapi pada umumnya tanaman yang ditanam oleh petani adalah padi [2].

Produksi padi dan luas panen padi di Indonesia terkadang mengalami kenaikan dan penurunan. Hal tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor yaitu curah hujan, kecepatan angin, dan suhu. Kenaikan dan penurunan pada produksi padi serta luas panen padi juga mengakibatkan produktivitas padi sering tidak konsisten. Produktivitas itu sendiri terkadang mengalami kenaikan dan penurunan yang dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain tekanan udara, suhu rata-rata pada daerah tertentu, curah hujan, penyinaran matahari, menurunnya produksi padi dan seberapa besar luas lahan produksinya [3]. Oleh karena itu, agar dapat meningkatkan kesejahteraan petani dalam konteks pertanian, para petani harus dapat meningkatkan produktivitas padi pada lahan pertanian.

Produktivitas padi pada dasarnya merupakan bagaimana cara untuk meningkatkan hasil dengan kualitas dan kuantitas yang maksimal [4]. Produktivitas merupakan nilai output dari suatu input sumber daya alam yang digunakan, atau dapat diartikan sebagai perbandingan antara hasil yang didapatkan (keluaran) dengan keseluruhan sumber daya (masukan) [5]. Produktivitas padi dapat diartikan juga sebagai hasil panen petani padi selama satu musim per satuan luas [6]. Dalam lingkup pertanian, terdapat dua cara yang dapat dilakukan dalam meningkatkan produksi padi tiap tahunnya, yaitu dengan menambah luas areal tanam dan meningkatkan produktivitas. Meningkatkan produktivitas dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu: menggunakan varietas unggul, penerapan sistem tanam, penggunaan pupuk dan sebagainya [7]. Produktivitas padi ini ada keterkaitannya dengan pemenuhan kebutuhan pangan di Indonesia. Pemenuhan kebutuhan pangan yang cukup adalah penentu untuk tercapainya ketahanan pangan nasional. Pemenuhan kebutuhan pangan di Indonesia adalah kebutuhan akan padi yang diolah menjadi beras.

Semakin bertambah jumlah penduduk pada suatu daerah akan meningkatkan kebutuhan beras pada daerah tersebut, sedangkan berkurangnya lahan pertanian yang dibangun untuk lahan industri mengakibatkan turunnya produktivitas padi [8]. Oleh karena itu, hingga saat ini Indonesia belum mampu memenuhi kebutuhan beras dalam negeri sehingga Indonesia masih bergantung dengan impor beras. Alasan pemerintah melakukan impor beras dikarenakan Indonesia masih minim kemampuan dalam mengelola barang mentah menjadi barang jadi untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Sehingga Indonesia melakukan kebijakan impor pada barang setengah jadi menjadi barang jadi untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dengan jumlah yang sangat besar. Alasan lain pemerintah mengapa melakukan impor beras adalah agar harga beras di Indonesia tetap stabil [6].

Salah satu cara agar Indonesia tidak bergantung terus menerus dengan impor beras adalah meningkatkan produktivitas padi. Namun ternyata, produktivitas padi tersebut juga seringkali mengalami kenaikan dan penurunan. Hal tersebut menimbulkan kecemasan apabila suatu saat produktivitas padi mengalami penurunan terus menerus. Oleh karena itu, produktivitas padi perlu diprediksi agar dapat mengetahui seberapa besar

produktivitas padi di masa yang akan datang agar dapat mengurangi impor beras di Indonesia.

Penelitian ini menggunakan Logika *Fuzzy* metode Mamdani sebagai sistem pendukung keputusan yang terkait dengan prediksi produktivitas padi kedepannya. Logika berarti penalaran dan *fuzzy* berarti samar, dapat disimpulkan bahwa logika *fuzzy* adalah penalaran yang samar [9]. Metode Mamdani dikenal sebagai metode *Min-Max*. Metode ini berjalan berdasarkan aturan-aturan linguistik. Metode Mamdani pertama kali diperkenalkan oleh Ebrahim H. Mamdani pada tahun 1975 [10]. Metode Mamdani sering digunakan untuk penelitian sistem pengambilan keputusan. Metode Mamdani ini memiliki keunikan yaitu penilaian didapatkan dari derajat keanggotaan. Derajat keanggotaan meliputi nilai suatu variabel berdasarkan tingkat linguistiknya [11]. Adapun faktor-faktor yang diperhatikan dalam menentukan produktivitas padi di Indonesia yaitu prediksi produksi dan luas panen padi. Produksi padi dan luas panen padi diprediksi pada periode berikutnya, dan hasil dari prediksi tersebut digunakan sebagai variabel input untuk proses fuzzy Mamdani hingga didapatkan hasil prediksi produktivitas padi sebagai variabel *output*nya.

Langkah pertama yaitu memprediksi produksi padi dan luas panen padi dengan menggunakan metode regresi polinomial orde-2. Regresi polinomial merupakan metode regresi dengan variabel bebas X dengan pangkat terurut. Regresi polinomial orde-2 cocok digunakan dalam memprediksi dengan jangka waktu yang cukup Panjang. Penelitian yang dilakukan oleh Andika et al. yang membahas tentang perbandingan metode regresi linier dan regresi polinomial dalam memprediksi produksi daging nasional didapatkan hasil regresi polinomial lebih baik dari regresi linier karena regresi polinomial memiliki hasil *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) lebih kecil dari regresi linier [12–13]. Hasil prediksi tersebut digunakan sebagai variabel *input* untuk *fuzzy* Mamdani. Setelah diperoleh hasil prediksinya langkah selanjutnya yaitu menghitung nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). MAPE merupakan akurasi suatu hasil prediksi yang digunakan untuk mengukur jarak antara data asli dengan data hasil prediksi [14]. MAPE dapat dihitung dengan melihat kesalahan absolut pada setiap periode dibagi dengan nilai data asli, kemudian dirata-rata kesalahan presentase absolutnya [15]. Setelah diperoleh nilai prediksi produksi padi dan luas panen padi, kemudian akan dilanjutkan dengan membuat himpunan *fuzzy* hingga didapatkan hasil prediksi produktivitas padi serta pengambilan keputusannya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui penggunaan Logika *Fuzzy* metode Mamdani dalam pengambilan keputusan berkaitan dengan produktivitas padi yang diharapkan dapat bermanfaat pada pemerintah untuk meminimalisir impor beras di Indonesia.

2. Metodologi

Prosedur penelitian menggunakan pendekatan statistik yaitu metode regresi linier

seederhana dan regresi polinomial orde dua serta *fuzzy* jenis Mamdani sebagai sistem pendukung keputusannya adalah sebagai berikut.

1. Data input berupa data produksi padi dan luas panen padi dari bulan Januari 2019 sampai Agustus 2021.
2. Memprediksi produksi padi dan luas panen padi menggunakan metode regresi polinomial orde-2. Model dari regresi polinomial dibentuk dalam persamaan [7]

$$Y = a_0 + a_1X + a_2X^2 + \dots + a_nX^n \quad (1)$$

dengan Y : variabel prediksi; a_0 : nilai intersep; a_1, \dots, a_n : nilai slope; X : variabel bebas; n : derajat polinomial; dan ε : nilai galat.

3. Pada prediksi produksi padi menggunakan data luas panen padi sebagai variabel X dan data produksi padi sebagai variabel Y . Sedangkan pada prediksi luas panen padi menggunakan nilai 0 sampai 31 sebagai variabel X dan data produksi luas panen padi sebagai variabel Y .
4. Didapatkan hasil prediksi produksi padi dan luas panen padi. Hasil tersebut digunakan sebagai variabel input untuk proses *fuzzy* Mamdani.
5. Menghitung nilai MAPE dengan menggunakan rumus [16]:

$$MAPE = \frac{\sum(Y_1 - Y_t)}{Y_1} \times 100\% \quad (2)$$

dengan Y_1 : data asli; Y_t : data hasil prediksi; dan n : banyaknya data.

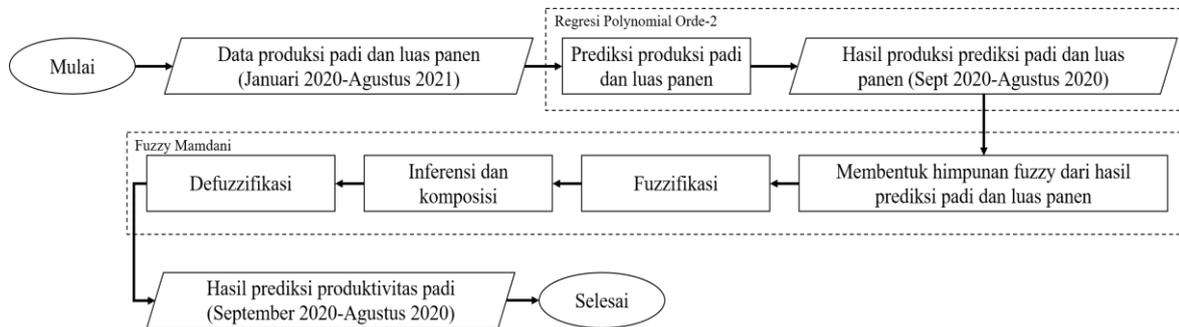
6. Membuat himpunan *fuzzy* untuk mengubah data input yang berupa data pasti (*crisp input*) menjadi bentuk *fuzzy* (*fuzzy input*).
7. Fuzzifikasi: melalui himpunan fuzzy, didapatkan α -predikat dari masing-masing linguistik yang merupakan *fuzzy* input yang selanjutnya akan diproses pada tahap inferensi.
8. Inferensi: pada tahap ini akan dilakukan evaluasi pada tiap aturan untuk mendapatkan output *fuzzy*. Pada metode Mamdani, *outputnya* merupakan himpunan *fuzzy* yang diperoleh dari fungsi implikasi MIN dan MAX.
9. Defuzzifikasi: output *fuzzy* akan diubah menjadi *output* yang bernilai tegas/pasti (*crisp output*). Pada metode Mamdani proses defuzzifikasi menggunakan metode Centroid dengan rumus [17]:

$$z^* = \frac{\int z\mu(z)dz}{\int \mu(z)dz} \quad (3)$$

dengan z^* : nilai hasil penegasan; z : nilai domain ke- i ; dan $\mu(z)$: derajat keanggotaan titik.

10. Didapatkan hasil prediksi produktivitas padi dari proses defuzzifikasi.
11. Analisis prediksi: langkah yang terakhir adalah menganalisis prediksi dari bulan September 2021 sampai Juni 2022 dan menentukan keputusan apakah produktivitas padi dapat mengurangi impor beras di Indonesia atau tidak.

Adapun alur penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Hasil prediksi produktivitas padi

3. Hasil dan Pembahasan

Penelitian ini menggunakan metode regresi polinomial orde-2 dan *Fuzzy Mamdani* sebagai sistem pendukung keputusannya.

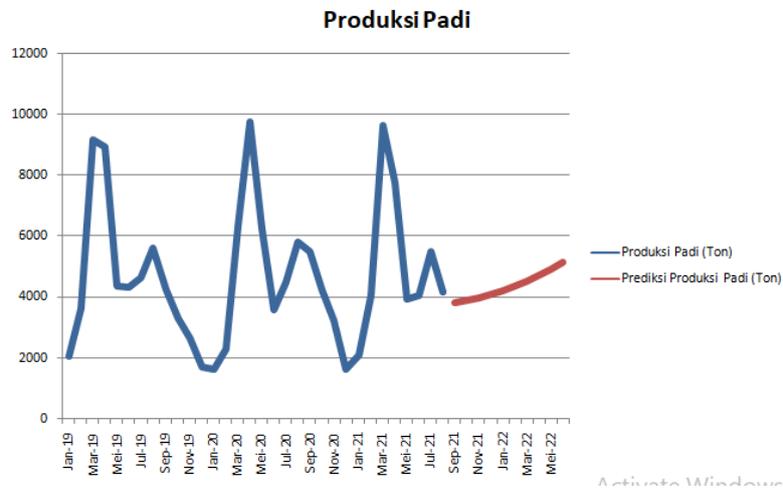
3.1 Prediksi Produksi Padi dan Luas Panen (September 2021 – Juni 2022)

Langkah pertama yaitu melakukan prediksi produksi padi dan luas panen padi menggunakan metode regresi polinomial orde-2. Pada metode regresi polinomial ini, langkah awal untuk menentukan prediksinya adalah menentukan nilai X sebagai variabel bebas dan nilai Y sebagai variabel yang dipengaruhi. Pada prediksi produksi padi menggunakan data luas panen padi sebagai variabel X dan data produksi padi sebagai variabel Y . Sedangkan pada prediksi luas panen padi menggunakan nilai 0 sampai 31 sebagai variabel X dan data produksi luas panen padi sebagai variabel Y . Setelah dilakukan perhitungan dengan melibatkan persamaan (1), didapat persamaan $Y_1 = 5391 + (-5.73)X_1 + 0.00469 X_1^2$ untuk variabel produksi padi dan $Y_2 = 971.7124 + 0.066721 X_2 + (-0.55193) X_2^2$ untuk variabel luas panen padi, dengan Y_1 merupakan hasil prediksi produksi padi dan Y_2 merupakan hasil prediksi luas panen padi. Dari persamaan tersebut didapat prediksi nilai input untuk bulan September 2021 sampai Juni 2022 yang dapat dilihat pada Tabel 1.

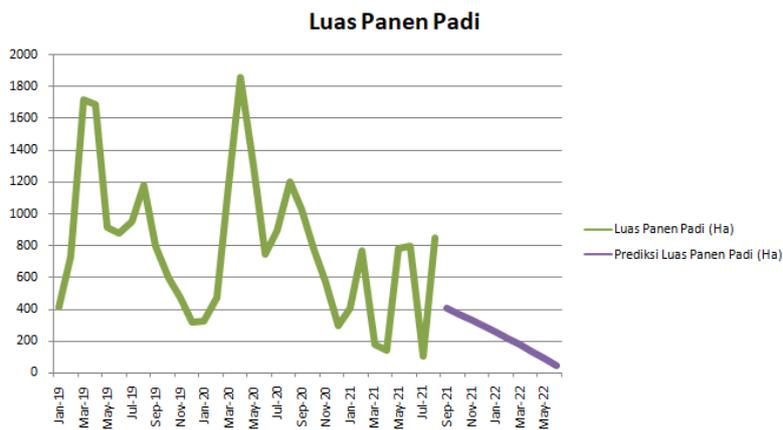
Tabel 1. Prediksi produksi dan luas panen padi

Periode	Produksi (ribu ton)	Luas Panen (ribu hektar)
September 2021	3832	409
Oktober 2021	3906	373
November 2021	3995	336
Desember 2021	4100	298
Januari 2022	4221	259
Februari 2022	4361	218
Maret 2022	4524	177
April 2022	4703	135
Mei 2022	4908	91
Juni 2022	5132	47

Hasil prediksi produksi padi dan prediksi luas panen padi ditunjukkan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3.



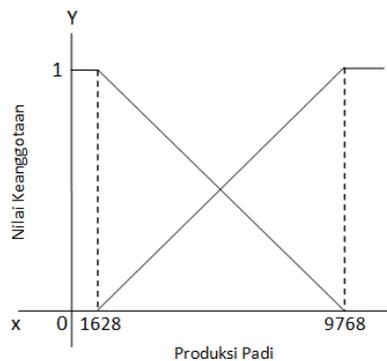
Gambar 2. Data produksi dan prediksi produksi padi



Gambar 3. Data luas panen dan prediksi luas panen padi

3.2 Membuat Himpunan Fuzzy

Selanjutnya, akan dibentuk himpunan *fuzzy* serta menentukan derajat keanggotaan pada setiap linguistik. Berdasarkan data yang diperoleh, maka dapat dibentuk himpunan keanggotaan seperti terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Himpunan keanggotaan produksi padi

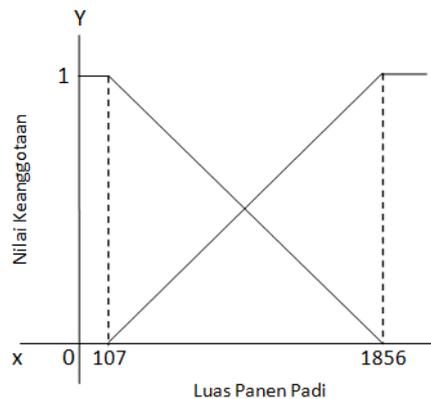
Pada Gambar 4, himpunan keanggotaan produksi padi menggunakan trapesium *membership*. Saat x lebih dari atau samadengan 9768 maka *membership function* pada himpunan banyak bernilai 1 dan pada himpunan sedikit bernilai 0. Saat x kurang dari atau sama dengan 1620 maka *membership function* pada himpunan banyak bernilai 0 dan pada himpunan sedikit bernilai 1. Pada himpunan banyak, semakin kecil nilai x maka semakin kecil juga *membership function*nya, sedangkan pada himpunan sedikit, semakin kecil nilai x maka semakin besar nilai *membership function*nya.

Berdasarkan data produksi, maka fungsi keanggotaan dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Banyak} = \begin{cases} 1, & x \geq 9768 \\ \frac{x-1620}{9768-1620}, & 1620 < x < 9768, \\ 0, & x \leq 1620 \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{Sedikit} = \begin{cases} 0, & x \geq 9768 \\ \frac{9768-x}{9768-1620}, & 1620 < x < 9768. \\ 1, & x \leq 1620 \end{cases} \quad (5)$$

Himpunan keanggotaan variabel luas panen padi diberikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Himpunan keanggotaan luas panen padi

Pada Gambar 5, himpunan keanggotaan luas panen padi menggunakan trapesium *membership*. Saat x lebih dari atau sama dengan 1856 maka *membership function* pada himpunan besar bernilai 1 dan pada himpunan kecil bernilai 0. Saat x kurang dari atau sama dengan 107 maka *membership function* pada himpunan besar bernilai 0 dan pada himpunan kecil bernilai 1. Pada himpunan besar, semakin kecil nilai x maka semakin kecil juga *membership function*nya. Sedangkan pada himpunan kecil, semakin kecil nilai x maka semakin besar nilai *membership function*nya.

Berdasarkan data luas panen, maka fungsi keanggotaan dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Besar} = \begin{cases} 1, & x \geq 1856 \\ \frac{x-107}{1856-107}, & 107 < x < 1856, \\ 0, & x \leq 107 \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{Kecil} = \begin{cases} 0, & x \geq 1856 \\ \frac{1856-x}{1856-107}, & 107 < x < 1856. \\ 1, & x \leq 107 \end{cases} \quad (7)$$

Berdasarkan himpunan yang telah dibuat, diperoleh nilai alfa predikat dari perhitungan fuzzifikasi menggunakan data prediksi produksi padi dan luas panen padi pada bulan September 2021 yaitu pada himpunan banyak $\alpha_1 = 0.27148$, himpunan sedikit $\alpha_2 = 0.72852$, himpunan besar $\alpha_3 = 0.17267$, dan himpunan kecil $\alpha_4 = 0.82733$.

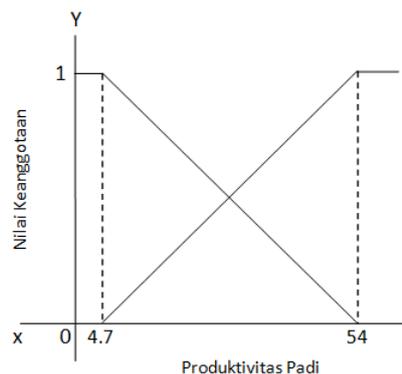
3.3 Inferensi

Selanjutnya adalah tahap inferensi, berdasarkan penelitian dari [18] yang membahas tentang hubungan antara luas panen, produksi dan produktivitas padi dapat disimpulkan bahwa aturan yang digunakan pada metode Mamdani dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Aturan pada metode Mamdani

Aturan	
[R1]	Jika Produksi Sedikit dan Luas Panen Kecil maka Produktivitas Rendah
[R2]	Jika Produksi Banyak dan Luas Panen Kecil maka Produktivitas Tinggi
[R3]	Jika Produksi Sedikit dan Luas Panen Besar maka Produktivitas Rendah
[R4]	Jika Produksi Banyak dan Luas Panen Besar maka Produktivitas Tinggi

Himpunan *output* akan dilibatkan dalam proses pemilihan nilai α -predikat dengan aturan implikasi MIN, himpunan *output* atau himpunan prediksi produktivitas padi adalah sebagai berikut:



Gambar 6. Himpunan keanggotaan produktivitas padi

Pada Gambar 6, himpunan keanggotaan produktivitas padi menggunakan trapesium *membership*. Saat x lebih dari atau samadengan 54 maka *membership function* pada himpunan tinggi bernilai 1 dan pada himpunan rendah bernilai 0. Saat x kurang dari atau samadengan 4.7 maka *membership function* pada himpunan tinggi bernilai 0 dan pada himpunan rendah bernilai 1. Pada himpunan tinggi, semakin kecil nilai x maka semakin

kecil juga membership functionnya. Sedangkan pada himpunan rendah, semakin kecil nilai x maka semakin besar nilai *membership function*nya.

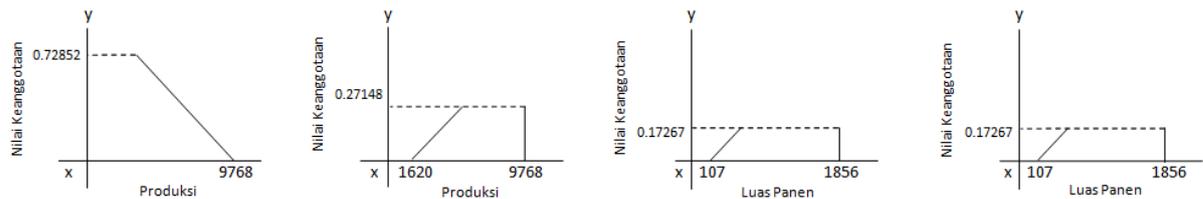
$$\text{Tinggi} = \begin{cases} 1, & x \geq 54 \\ \frac{x-54}{54-4.7}, & 4.7 < x < 54, \\ 0, & x \leq 4.7 \end{cases} \quad (8)$$

$$\text{Rendah} = \begin{cases} 0, & x \geq 54 \\ \frac{54-x}{54-4.7}, & 4.7 < x < 54. \\ 1, & x \leq 4.7 \end{cases} \quad (9)$$

Dengan menggunakan nilai alfa predikat yang telah didapatkan, maka dapat diperoleh nilai MIN dari setiap aturan yang dijabarkan sebagai berikut:

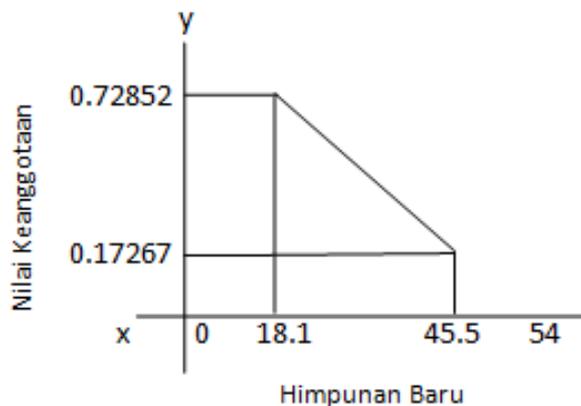
$$\begin{aligned} [R1] &= \min(\text{sedikit}, \text{kecil}) = (0.72852 ; 0.82733) = 0.72852, \\ [R2] &= \min(\text{banyak}, \text{kecil}) = (0.27148 ; 0.82733) = 0.27148, \\ [R3] &= \min(\text{sedikit}, \text{besar}) = (0.72852 ; 0.17267) = 0.17267, \\ [R4] &= \min(\text{banyak}, \text{besar}) = (0.27148 ; 0.17267) = 0.17267. \end{aligned}$$

Pada Gambar 7 diberikan gambar grafik dari nilai MIN setiap aturan.



Gambar 7. Grafik dengan nilai MIN dari tiap aturan

Selanjutnya akan dikomposisikan setiap aturan sehingga membentuk grafik himpunan baru dengan menggunakan metode MAX. Lalu menentukan nilai a_1 (batas bawah) dan a_2 (batas atas) dengan bantuan himpunan variabel output. Sehingga didapat himpunan baru yaitu:



Gambar 8. Grafik himpunan baru

$$\text{Himpunan baru} = \begin{cases} 0.72852, & 0 < x < 18.1, \\ \frac{54-x}{54-4.7}, & 18.1 < x < 45.5, \\ 0.17267, & 45.5 < x < 54. \end{cases} \quad (10)$$

3.4 Defuzzifikasi

Selanjutnya masuk pada tahap defuzzifikasi menggunakan metode Centroid dengan melibatkan persamaan (3) dan didapatkan hasil sebesar 23.33 untuk prediksi produktivitas padi di bulan September 2021. Perhitungan diulang dengan cara yang sama tapi menggunakan nilai *input* yang berbeda berdasarkan Tabel 1 sehingga didapatkan hasil prediksi produktivitas padi yang dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 9.

Tabel 3. Hasil prediksi produktivitas padi

Periode	Prediksi Produktivitas
September 2021	23.33
Oktober 2021	23.58
November 2021	23.87
Desember 2021	24.23
Januari 2022	24.64
Februari 2022	25.13
Maret 2022	25.7
April 2022	26.34
Mei 2022	27.09
Juni 2022	27.91



Gambar 9. Hasil prediksi produktivitas padi

Pada perhitungan yang telah dilakukan, didapat bahwa prediksi produktivitas padi dari bulan September 2021 hingga Juni 2022 mengalami kenaikan. Hal tersebut terjadi karena pada variabel *input* prediksi produksi mengalami kenaikan sedangkan variabel *input* prediksi luas panen mengalami penurunan. Dikarenakan menurut penelitian dari Syahril meskipun luas panen mengalami penurunan, produktivitas tetap naik dikarenakan

produktivitas tidak terpengaruh oleh luas panen [18]. Menurut penelitian dari [6] luas panen setiap tahun semakin kecil, tetapi hal tersebut tidak menyebabkan produksinya juga menurun. Jadi didapat hasil bahwa produktivitas tidak terpengaruhi oleh luas panen. Pada penelitian ini, produktivitasnya mengalami kenaikan tetapi pada Gambar 8 dapat dilihat bahwa grafik mengalami penurunan dan jika nilai dari prediksi produktivitas di *inputkan* pada persamaan (8) dan (9), maka hasil persamaan (9) atau rendah akan memiliki nilai lebih besar dari persamaan (8) atau tinggi. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa nilai prediksi produktivitas padi masih berada pada nilai rendah sehingga belum dapat mengurangi impor beras di Indonesia.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan mengenai aplikasi logika *fuzzy* menggunakan metode Mamdani dalam pengambilan keputusan produktivitas padi, maka dapat diambil kesimpulan bahwa prediksi produktivitas padi dari bulan September 2021 sampai bulan Juni 2022 mengalami kenaikan yaitu pada kisaran 23.33 sampai 27.91 dan masih berada pada nilai rendah. Dari hasil yang didapat, produktivitas padi belum dapat mengurangi impor beras di Indonesia.

Daftar Pustaka

- [1] Aryawati, N.P.R., Budhi, M.K.S., (2018), Pengaruh produksi, luas lahan, dan pendidikan terhadap pendapatan petani dan alih fungsi lahan Provinsi Bali, *E-Jurnal Ekonomi Pembangunan Universitas Udayana* **7(9)**, 1918-1952.
- [2] Sari, I.I., Kurniawati, E.F., (2020), Peramalan produksi padi menggunakan Metode Least Square di Desa Leranwetan Kecamatan Palang Kabupaten Tuban, *Jurnal Unirow (Math Vision)* **2(1)**, 23-28.
- [3] Bachtiar, F.A., Ramadhona, G., Setiawan, B.D., (2018), Prediksi produktivitas padi menggunakan jaringan syaraf tiruan backpropagation, *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer* **2(12)**, 6048-6057.
- [4] Maesaroh, S., Kusrini, (2017), Sistem prediksi produktifitas pertanian padi menggunakan data mining, *Jurnal ENERGY* **7(2)**, 25-39.
- [5] Aprilyanti, S., (2017), Pengaruh usia dan masa kerja terhadap produktivitas kerja (Studi Kasus: PT. OASIS Water International Cabang Palembang), *Jurnal Sistem dan Manajemen Industri* **1(2)**, 68-72. <https://doi.org/10.30656/jsmi.v1i2.413>

- [6] Maswadi, (2017), Analisis hubungan antara luas panen produksi tenaga kerja pertanian terhadap Pdrb di Kota Pontianak, *Jurnal Social Economic Agriculture* **6(2)**, 9-15.
- [7] Wahyudi, Fajar, M., Noviar, (2020), Generalized additive models di Provinsi Banten, *Jurnal Ilmu Pendidikan Matematika, Matematika, dan Statistika* **1(2)**, 105-112.
- [8] Rahayu, S.E., Febriaty, H., (2019), Analisis perkembangan produksi beras, *Prosiding Seminar Nasional Kewirausahaan* **1(1)**, 219-226.
- [9] Djara, I.K.E.R., Widiastuti, T., Sihotang, D.M., (2019), Penerapan logika *fuzzy* menggunakan metode Mamdani dalam optimasi permintaan obat, *Jurnal Komputer dan Informatika* **7(2)**, 157-161.
- [10] Wardani, A.R., Nasution, Y., Amijaya, F., (2017), Aplikasi logika *fuzzy* dalam mengoptimalkan produksi minyak kelapa sawit di PT. Waru Kaltim Plantation menggunakan Metode Mamdani, *Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer* **12(2)**, 94. <http://dx.doi.org/10.30872/jim.v12i2.651>
- [11] Sitohang, S., Napitupulu, R.D., (2017), *Fuzzy logic* untuk menentukan penjualan rumah dengan metode Mamdani (Studi Kasus: Pt Gracia Herald), *Jurnal ISD* **2(2)**, 91-101.
- [12] Putra, A.E., Juarna, A., (2021), Prediksi produksi daging sapi Nasional dengan metode regresi linier dan regresi polinomial pendahuluan regresi linier regresi polinomial, *Jurnal Ilmiah KOMPUTASI* **20(2)**, 209-215.
- [13] Putri, E.R.S., Novianti, F., Yasmin, Y.R.A., Novitasari D.R.C., (2021), Prediksi kasus aktif kumulatif covid-19 di Indonesia menggunakan model regresi linier berganda, *Transformasi: Jurnal Pendidikan Matematika Dan Matematika* **5(2)**, 567-577.
- [14] Setialaksana, W., Sulaiman, D.R.A., Dewi, S.S., Lamasitudju, C.A., Ashadi, N.R., Asriadi, M., (2020), Model jaringan syaraf tiruan dalam peramalan kasus positif covid-19 di Indonesia, *Jurnal Media Pendidikan Teknik Informatika dan Komputer* **3(2)**, 53.
- [15] Krisma, A., Azhari, M., Widagdo, P.P., (2019), Perbandingan metode *double exponential smoothing* dan *triple exponential smoothing* dalam parameter tingkat *error Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* dan *Means Absolute Deviation (MAD)*, *Prosiding Seminar Nasional Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi* **4(2)**, 81-87.
- [16] Muhadzdzab, H., Asfi, M., Putri, T.E., (2020), Sistem prediksi untuk menentukan jumlah pendaftaran mahasiswa baru pada universitas catur insan cendekia menggunakan metode *least square*, *Jurnal Informatika Universitas Pamulang* **5(3)**, 350.

- [17] Sembiring, Z., (2017), Penerapan Metode *Fuzzy Mamdani* pada rem otomatis mobil cerdas, *Seminar Nasional Teknologi Informatika*, 124-129.
- [18] Syahril, M., (2019), Analisis *Vector Autoregression* (VAR) terhadap hubungan antara luas panen, produksi dan produktivitas panen padi (Studi Kasus Kota Yogyakarta Tahun 1993 -2015), *Jurnal Ilmu Pertanian* **7(1)**, 9-15.
<http://dx.doi.org/10.35138/paspalum.v9i2.311>