

Program Bantu Perkiraan Hasil Panen Tanaman Jagung Berbasis Web Studi Kasus: Kelompok Tani Mutiara Desa Maunggal Karya

Reggy Charles Imanuel Lassut^a, Yetli Oslan^b, Argo Wibowo^c

^{abc}Program Studi Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Duta Wacana
email: reggy.lasut@si.ukdw.ac.id^a, yetli@staff.ukdw.ac.id^b, argo@staff.ukdw.ac.id^c

Submitted: 17-01-2024, Reviewed: 19-05-2024, Accepted 08-08-2024
<https://doi.org/10.47233/jteksis.v6i4.1253>

Abstract

This thesis discusses the challenges encountered by the Mutiara Farmer Group. During the corn crop production process, the group faces field-related factors that affect corn production. To estimate crop production, the group still relies on a manual prediction method, which often leads to estimation errors that can harm its members. Additionally, the lack of planning and preparation in managing corn crops poses a significant problem. This research presents a web-based program for estimating corn crop yields using the Tsukamoto Fuzzy method with field-related factors. It is hoped that this program can solve the problems of farmer groups, so that they can plan corn crop production with the expected results. The results indicate that the system can help to predict crop production with a high degree of accuracy, as demonstrated by a MAPE (Mean Absolute Percentage Error) value of 15.92%.

Keywords: Fuzzy Logic, Fuzzy Tsukamoto, MAPE (Mean Absolute Percentage Error), Corn Crop Forecast, Corn Crop Production

Abstrak

Penelitian ini membahas permasalahan yang dihadapi oleh Kelompok Tani Mutiara. Dalam melakukan proses produksi tanaman jagung terdapat faktor-faktor lapangan yang mempengaruhi produksi jagung. Kelompok tani masih menggunakan metode perkiraan secara manual, sehingga sering terjadi kesalahan perkiraan yang mana dapat merugikan anggota kelompok tani. Kurangnya perencanaan dan kesiapan dalam mengelola tanaman jagung juga menjadi masalah. Oleh karena itu, penelitian ini mengembangkan program bantu perkiraan hasil panen tanaman jagung berbasis web dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto dengan menggunakan factor-faktor yang ada di lapangan. Program ini diharapkan dapat menyelesaikan permasalahan kelompok tani, sehingga mereka dapat merencanakan penanaman jagung dengan hasil yang diharapkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem ini mampu membantu dalam melakukan prediksi/perkiraan hasil panen dengan akurasi yang cukup tinggi, ditunjukkan dengan nilai MAPE (Mean Absolute Percentage Error) sebesar 15,92%.

Keywords: Logika Fuzzy, Fuzzy Tsukamoto, MAPE (Mean Absolute Percentage Error), Prakiraan Tanaman Jagung, Produksi Jagung

This work is licensed under Creative Commons Attribution License 4.0 CC-BY International license



PENDAHULUAN

Pertanian memegang peranan penting dalam perekonomian Indonesia, karena mayoritas penduduknya bekerja sebagai petani, khususnya petani jagung. Setelah padi, jagung merupakan makanan pokok kedua di Indonesia, menurut Mohamad, Alam & Abd Rauf [1], Pertanian Indonesia termasuk pertanian tropik karena letak kawasan berada di daerah tropis dan di lewati oleh garis khatulistiwa yang memotong daerah di Indonesia hampir menjadi dua [2]. Jagung merupakan bahan baku pertanian sekunder yang sangat penting baik dalam budidaya maupun pemanfaatan.

Sektor pertanian di Kabupaten Pohuwato khususnya pada sektor tanaman jagung yang menjadi salah satu komoditas unggulan, jagung menjadi produksi tertinggi di Kabupaten Pohuwato, menurut data Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Pohuwato tahun 2015 produksi tanaman

jagung mencapai 370.453,7 Ton [3], Kecamatan Randangan adalah salah satu Kecamatan yang memproduksi jagung tertinggi di Kabupaten Pohuwato. Berikut merupakan data produksi tanaman jagung di Kecamatan Randangan.

Kelompok Tani Mutiara, Desa Manunggal Karya, Kecamatan Randangan sebagian besar menggantungkan hidupnya sebagai petani jagung untuk memenuhi kebutuhan keluarga, namun terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi produksi hasil panen tanaman jagung yaitu luas lahan, jumlah bibit, jenis bibit, pupuk, hama. faktor lain yang mempengaruhi hasil produksi tanaman jagung dikarenakan kurangnya perencanaan dan kesiapan dalam mengelola tanaman jagung sehingga menjadi masalah bagi pendapatan petani [4]. Prediksi hasil panen jagung sebelumnya dilakukan dengan menggunakan metode konvensional seperti pengamatan langsung dan

pengetahuan pengalaman petani. Hal ini mengakibatkan tidak ada dokumen tertulis sehingga menjadi sulit melakukan pelacakan target dan hasil panen aktual pada periode panen sebelumnya. Oleh karena tidak adanya dokumen tertulis terkait masa tanam dan hasil aktual, maka perkiraan hasil panen periode berikutnya hanya didasarkan pada perkiraan dan pengalaman petani saja. Dengan menggunakan sistem prediksi maka proses tanam dan prediksi hasil panen diharapkan dapat dilakukan lebih akurat dan cepat karena memiliki catatan penanaman dan hasil panen pada periode sebelumnya.

Oleh karena itu, pengembangan sistem untuk melakukan prediksi hasil panen tanaman jagung yang lebih modern menjadi perhatian utama. Kemajuan dalam bidang teknologi menjadi bagian penting dalam perkembangan pertanian. Salah satu teknologi prediksi yang bisa dimanfaatkan adalah dengan menggunakan metode logika Fuzzy.

Metode logika fuzzy telah muncul sebagai metode yang efektif di berbagai bidang karena menawarkan pendekatan yang fleksibel dan intuitif dalam pengambilan keputusan dan pemecahan masalah. Di antara sistem logika fuzzy yang berbeda, model Tsukamoto menonjol karena kemampuannya yang unik [5]. Dibandingkan dengan pendekatan logika fuzzy lainnya, seperti Mamdani dan Sugeno, model Tsukamoto menawarkan beberapa keunggulan [6]. Salah satu keunggulan utama model Tsukamoto adalah kemampuannya menangani data yang tidak tepat dan tidak pasti secara efektif. Dengan memungkinkan penggunaan penilaian subjektif dan perkiraan model sistem, pendekatan Tsukamoto memberikan cara yang lebih realistis dan kuat dalam mengkarakterisasi kehandalan dan perilaku sistem. Hal ini sangat berguna dalam bidang ilmu yang membutuhkan jaminan kepastian, dimana komponen ketidakpastian yang signifikan seringkali disebabkan oleh ketidaktepatan, dan dimana logika fuzzy dapat berfungsi sebagai alternatif terhadap pemodelan probabilistik tradisional [7]. Selain itu, model Tsukamoto unggul dalam resolusi konflik dan penilaian berbagai kriteria. Hal ini sangat berguna dalam skenario kompleks pertanian yang mengharuskan adanya prediksi antara berbagai faktor yang berbeda dan dinamis.

Berdasarkan keunggulan yang diperoleh dari beberapa fakta penelitian sebelumnya, maka pemanfaatan metode Fuzzy Tsukamoto pada prediksi panen jagung dapat menghasilkan akurasi yang lebih baik karena dapat mempertimbangkan tingkat ketidakpastian dan kompleksitas dari faktor-faktor yang mempengaruhi hasil panen. Metode ini juga dapat digunakan untuk mengatasi keterbatasan pengukuran dan ketidakpastian dalam

data pertanian yang digunakan. Dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto dalam sistem prediksi hasil panen jagung, petani dapat memperoleh perkiraan yang lebih akurat untuk merencanakan kegiatan pertanian, mengelola risiko, dan meningkatkan efisiensi produksi jagung.

METODE PENELITIAN

2.1. Tahapan Pengumpulan Data

Pada pengumpulan data dilakukan dengan tahapan yaitu dengan melakukan studi literatur yang mana untuk mencari konsep dan teori yang dapat mendukung penelitian, tahapan selanjutnya melakukan observasi secara langsung pada lahan anggota kelompok tani mutiara, Desa Manunggal Karya, Kecamatan Randangan untuk mengamati keadaan/kondisi permasalahan yang sedang terjadi, tahapan terakhir yaitu dengan melakukan Wawancara kepada ketua kelompok tani untuk mengetahui data apa saja yang ada dan yang dapat digunakan dalam penelitian.

2.2. Tinjauan Pustaka

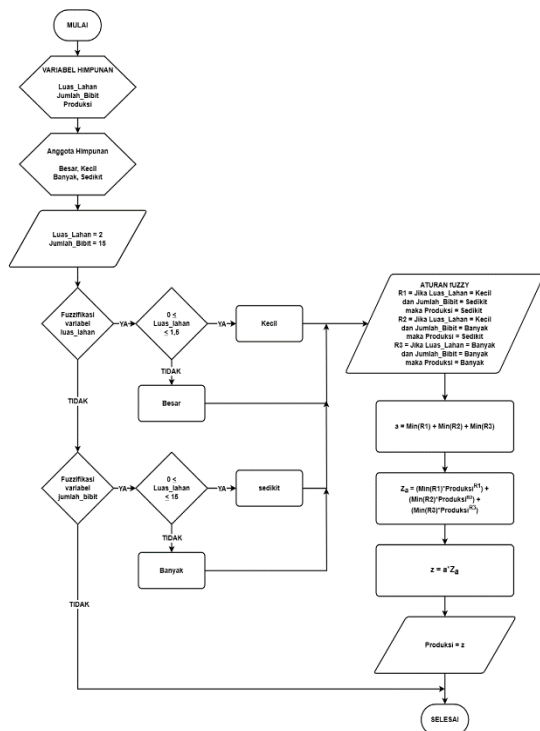
Pertanian jagung merupakan bahan baku terpenting kedua di sektor pangan dan berperan penting dalam pertumbuhan ekonomi Indonesia. Mayoritas pendapatan nasional Indonesia berasal dari sektor ini [8]. Dalam meningkatkan produktivitas jagung, perlu dilakukan peramalan produktivitas. Ini melibatkan perkiraan tingkat produktivitas di masa mendatang berdasarkan data dari tahun-tahun sebelumnya. Data tersebut kemudian dianalisis menggunakan teknik ilmiah dan statistik [9]. Kelompok tani dalam hal ini melakukan peramalan dengan menggunakan Teknik peramalan manual, Karena prediksi diperoleh dari data tahun masa lampau, sehingga dapat merancang peramalan secara efektif dan efisien [10]. sehingga permasalahan yang didapat yaitu data yang dihasilkan dari perkiraan secara manual masih jauh lebih banyak dari hasil aktual.

Oleh karena itu, dari permasalahan diatas perlu adanya sistem untuk mengatasi permasalahan yang dihadapi oleh kelompok tani. Sistem yang akan dikembangkan yaitu program bantu perkiraan hasil panen tanaman jagung berbasis web dengan menggunakan logika Fuzzy metode Fuzzy Tsukamoto yang memperkirakan hasil panen berikutnya dengan hasil akhir nilai rata-rata terbobot. Harapan dengan adanya program bantu dapat menyelesaikan permasalahan yang ada di kelompok tani mutiara. Sehingga kelompok tani mutiara dapat melakukan perencanaan penanaman jagung dengan hasil yang telah diperkirakan.

2.3. Flowchart Fuzzy Tsukamoto

Folowchart adalah tipe diagram yang menggambarkan algoritma, alur kerja, atau proses

dengan menggunakan simbol-simbol grafis dan menghubungkan langkah-langkahnya dengan panah [11]. Sistem prediksi hasil pertanian jagung dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto dapat dijelaskan dalam beberapa tahap berurutan yang umumnya, di kenal dengan proses fuzzifikasi, interfrensi dan defuzzifikasi [12]. Dapat dilihat seperti gambar dibawah ini :



Gambar 1. Flowchart Perhitungan Fuzzy Tsukamoto Program Bantu Perkiraan Hasil Panen

2.4. Logika Fuzzy

Logika fuzzy adalah suatu pendekatan yang memperluas logika boolean untuk menangani konsep nilai samar, ketidakpastian, dan kebenaran sebagian atau “degree of truth” [13]. Berbeda dengan logika klasik yang mendefinisikan segala sesuatu dalam istilah biner (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), logika fuzzy menggantikan konsep kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran.

Ini memungkinkan penanganan situasi yang lebih kompleks dan nuansa yang lebih halus dalam penalaran dan pengambilan Keputusan [14]. Logika Fuzzy dapat diterapkan dalam berbagai bidang, seperti sistem diagnosis penyakit dalam bidang kedokteran, pemodelan sistem pemasaran, riset operasi dalam bidang ekonomi, kendali kualitas air, prediksi adanya gempa bumi, dan lainnya [15].

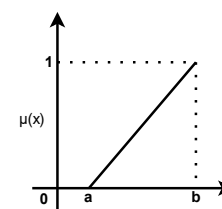
Himpunan fuzzy merupakan pengembangan lebih lanjut dari konsep himpunan matematika. Dalam himpunan tegas (crispi) [16]. Nilai keanggotaan suatu elemen X dalam suatu himpunan A, yang biasanya ditulis dengan $\mu_A(x)$ hanya memiliki 2 kemungkinan yaitu: satu(1) yang berarti element tersebut merupakan anggota dari himpunan tersebut, dan nol(0) yang berarti sebaliknya element tersebut bukan anggota dari himpunan tersebut [17].

Fungsi keanggotaan merupakan kurva yang memetakan data input (di sumbu X) ke dalam nilai keanggotaannya, yang juga dikenal sebagai derajat keanggotaan. Nilai ini berada dalam rentang 0 hingga 1 [18]. Dalam himpunan fuzzy yang digunakan pada penelitian ini yaitu Kuvra linier.

Dalam representasi linear, pemetaan input menjadi derajat keanggotaan digambarkan sebagai garis lurus [19].

A. Linier Naik

Linier naik bermula dari derajat keanggotaan nol (0) dan beranjak menuju nilai domain dengan derajat keanggotaan yang lebih besar. Dapat disimpulkan bahwa linier naik berawal dari batas bawah dan bergerak menuju nilai batas atas [20].



Gambar 2. Kurva Linier Naik

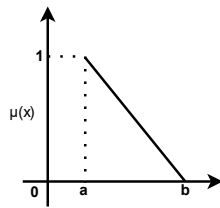
Fungsi Keanggotaan:

$$\mu_{\text{Linier Naik}}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

Keterangan: a = Batas Bawah, b = Batas Atas, x = Nilai Inputan.

B. Linier Turun

Linier Turun kebalikan dari Linier Naik. Proses ini berawal dari derajat 1 dan bergerak ke kanan menuju nilai domain dengan derajat keanggotaan yang lebih rendah [20]. Singkatnya, Linier Turun dimulai dari batas atas dan bergerak menuju nilai batas bawah.



Gambar 3. Kurva Linier Turun

Fungsi Keanggotaan:

$$\mu_{\text{Linier Turun}}(x) = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

Keterangan: a = Batas Bawah, b = Batas Atas, x = Nilai Inputan.

Metode Fuzzy Tsukamoto memiliki 3 tahapan secara umum, yaitu: Fuzzifikasi, inferensi, defuzzifikasi.

A. Fuzzifikasi

Fuzzifikasi adalah proses awal dalam perhitungan fuzzy, yang bertujuan untuk mengubah input yang memiliki nilai kebenaran yang absolut menjadi input fuzzy yang dinyatakan dalam bentuk tingkat keanggotaan atau tingkat kebenaran [21].

B. Inferensi

Proses inferensi merupakan langkah penerapan aturan pada masukan fuzzy yang dihasilkan selama proses fuzzifikasi. Secara sintaksis aturan fuzzy mengumpulkan aturan-aturan fuzzy dalam bentuk pernyataan IF...THEN yang ditulis sebagai berikut: IF antecedent THEN consequent. Artinya apabila syarat (anteseden) terpenuhi maka hasil (outcome) akan mengikuti [21].

C. Defuzzifikasi

Proses akhir ini dikenal sebagai Defuzzifikasi, yang memiliki tujuan untuk mengkonversi nilai fuzzy yang telah diproses menjadi nilai tegas berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan sebelumnya [21]. Defuzzifikasi adalah tahap yang sangat penting dalam metode Fuzzy Tsukamoto. Nilai output yang dihasilkan adalah nilai yang telah diproses dari kumpulan aturan-aturan fuzzy, sehingga menghasilkan bilangan real yang tegas. Dalam studi kasus ini, proses defuzzifikasi menggunakan metode yang disebut Center Of Area (COA) atau Weighted Average. Rumusnya adalah sebagai berikut:

$$Z = \frac{a_i z_i + a_j z_j}{a_i + a_j} \quad (3)$$

α -predikat ke-i, adalah output pada anteseden aturan ke-i.

2.5. Mean Absolute Presentase Error (MAPE)

Pengukuran akurasi dilakukan dengan menggunakan formula Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Ini adalah proses perhitungan yang membandingkan data asli dengan data hasil ramalan. Selisih dari perhitungan ini diabsolutkan sehingga menghasilkan nilai positif, yang kemudian diubah menjadi persentase dari data asli [22].

Semakin kecil nilai MAPE, semakin akurat metode tersebut dalam melakukan ramalan atau prediksi. Untuk mengukur tingkat akurasi suatu metode dalam melakukan prediksi, digunakan rumus berikut:

$$MAPE = \frac{|y-z|}{y} \times 100\% \quad (4)$$

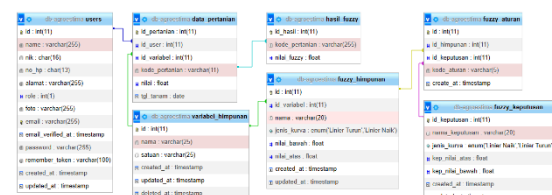
Keterangan: n = jumlah data, y = nilai hasil aktual, z = nilai hasil prediksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Database Program bantu Perkiraan Hasil Panen

Dalam pembuatan database peneliti menginginkan system yang dinamis, Database yang dinamis memungkinkan system program bantu perkiraan hasil panen tanaman jagung dapat menentukan memperbaharui, memodifikasi, dan mengakses data variable, himpunan dan aturan fuzzy secara real-time. Hal ini sangat berguna dikarenakan metode fuzzy Tsukamoto sangat mementingkan faktor-faktor yang terdapat dilapangan. Dengan demikian, pembuatan database yang dinamis memainkan peran kunci dalam memaksimalkan efisiensi operasional, meningkatkan produktivitas, dan mendukung pengambilan keputusan berbasis data [23].

Berikut adalah database yang digunakan pada sistem yang merujuk pada Entity Relationship Diagram Program Bantu Perkiraan Hasil Panen :



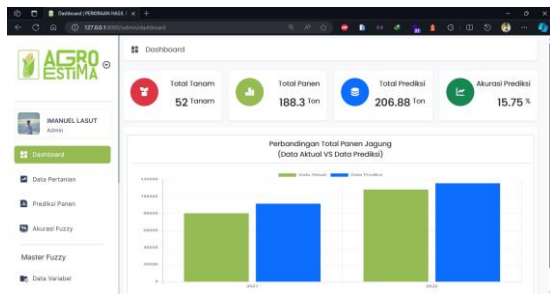
Gambar 4. Database Program Bantu Perkiraan Hasil Panen

3.2. Hasil pengujian sistem

3.2.1. Implementasi Sistem

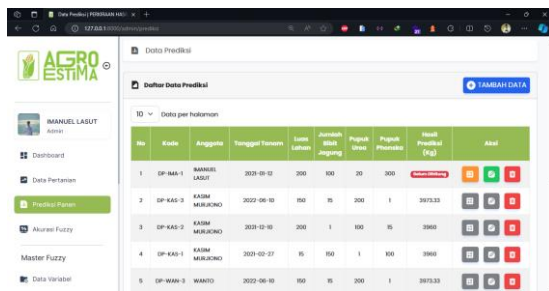
Gambar 6 merupakan halaman awal setelah berhasil melakukan login, pada halaman dashboard

admin menampilkan informasi-informasi secara keseluruhan terhadap data dari program bantu perkiraan hasil panen tanaman jagung. Informasi yang dapat dilihat pada halaman dashboard merupakan informasi grafik perbandingan total panen tanaman jagung baik itu total panen prediksi atau total panen aktual dari seluruh pengguna dan informasi lainnya yang dapat dilihat yaitu total penanaman, total panen aktual, total prediksi, dan akurasi prediksi.



Gambar 5. Halaman Dashboard

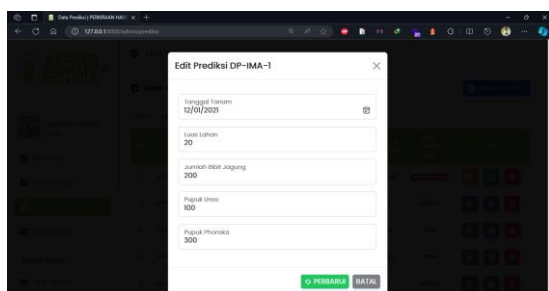
Gambar 7 menunjukkan halaman data prediksi. Di halaman ini, admin dapat melihat seluruh prediksi dari anggota dan juga menambahkan data prediksi untuk dirinya sendiri.



No	Kode	Anggota	Tanggal Tanam	Luas Lahan (m ²)	Jumlah Bibit Jagung (kg)	Pupuk Urea (kg)	Pupuk Phospat (kg)	Hasil Prediksi (kg)	Aksi
1	DP-IMA-1	MANUEL LASUT	2023-09-12	200	100	30	300	3975.33	[Edit] [Hapus]
2	DP-KAS-3	KARIM MURICHO	2022-06-10	150	75	200	1	3975.33	[Edit] [Hapus]
3	DP-KAS-2	KARIM MURICHO	2023-12-10	200	1	100	15	3960	[Edit] [Hapus]
4	DP-KAS-1	KARIM MURICHO	2023-02-27	15	100	1	100	3960	[Edit] [Hapus]
5	DP-WAN-3	WANJO	2022-06-10	150	75	200	1	3975.33	[Edit] [Hapus]

Gambar 7. Halaman Data Prediksi

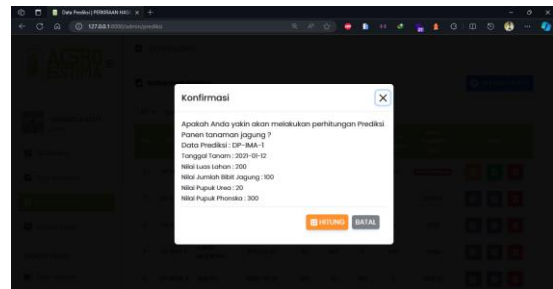
Gambar 8 menampilkan halaman formulir untuk menambah data prediksi. Pada formulir ini, terdapat beberapa bidang input, seperti tanggal dan beberapa ketentuan lainnya yang berkaitan dengan data prediksi. Pengguna diharapkan untuk mengisi semua bidang input ini dengan informasi yang akurat dan relevan. Setelah semua data dimasukkan, pengguna dapat menekan tombol simpan.



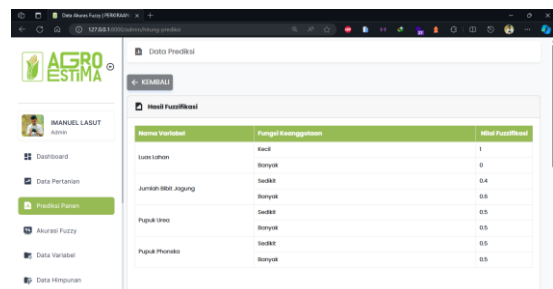
The 'Edit Prediksi' form contains the following fields: 'Tanggal Panen' (12/01/2023), 'Luas Lahan' (20), 'Jumlah Bibit Jagung' (300), 'Pupuk Urea' (100), and 'Pupuk Phospat' (300). Buttons for 'PERBARUI' and 'BATAL' are at the bottom.

Gambar 8. Modal Edit Data Prediksi

Gambar 9 menunjukkan halaman modal untuk menghitung data prediksi. Halaman ini menampilkan secara detail data pertanian yang akan diprediksi. Setelah pengguna yakin untuk melakukan perhitungan prediksi dengan data tersebut, mereka dapat menekan tombol 'Hitung'. Hasil perhitungan kemudian dapat dilihat pada Gambar 10, yang ditampilkan di bawah ini.

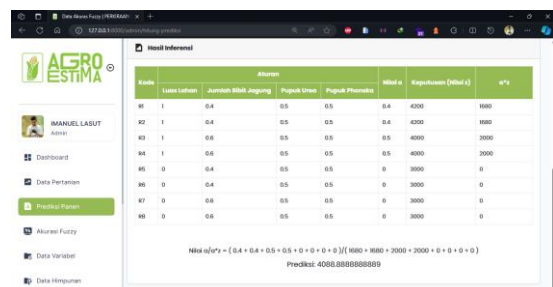


Gambar 9. Modal Hitung Data Prediksi



Nama Variabel	Fungsi Keanggotaan	Nilai Fuzzyifikasi
Luas Lahan	Banyak	1
Jumlah Bibit Jagung	Banyak	0.4
Pupuk Urea	Banyak	0.5
Pupuk Phospat	Banyak	0.5

Gambar 10. Halaman Hasil Perhitungan Prediksi

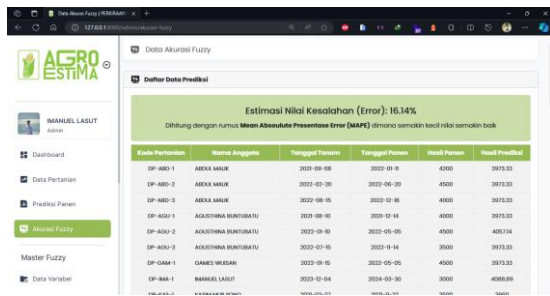


Kode	Luas Lahan	Jumlah Bibit Jagung	Pupuk Urea	Pupuk Phospat	Nilai μ	Keanggotaan (Nilai μ)	μ ²
81	1	0.4	0.5	0.5	0.4	4000	1600
82	1	0.4	0.5	0.5	0.4	4000	1600
83	1	0.6	0.5	0.5	0.5	4000	2000
84	1	0.6	0.5	0.5	0.5	4000	2000
85	0	0.4	0.5	0.5	0	3000	0
86	0	0.4	0.5	0.5	0	3000	0
87	0	0.6	0.5	0.5	0	3000	0
88	0	0.6	0.5	0.5	0	3000	0

Nilai μ_{ry} = (0.4 + 0.4 + 0.5 + 0.5 + 0 + 0 + 0) / (1600 + 1600 + 2000 + 2000 + 0 + 0 + 0 + 0)
 Prediksi: 4088.888888888889

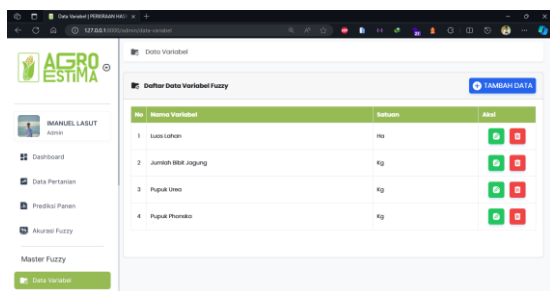
Gambar 11. Halaman Hasil Perhitungan Prediksi (Lanjutan)

Gambar 12 menampilkan halaman akurasi metode Fuzzy. Pada halaman ini, pengguna dapat melihat hasil akurasi prediksi yang dihasilkan oleh metode Fuzzy dengan menggunakan metode perhitungan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Nilai persentase yang dihasilkan oleh perhitungan MAPE menunjukkan sejauh mana tingkat akurasi prediksi. Semakin kecil nilai persentase yang dihasilkan, maka semakin baik hasil prediksi dari metode Fuzzy Tsukamoto.



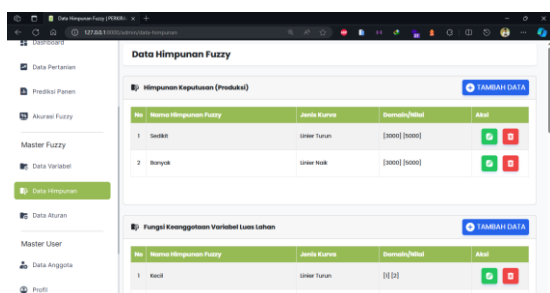
Gambar 12. Halaman Akurasi Fuzzy

Gambar 13 menampilkan halaman variabel Fuzzy. Halaman ini hanya dapat diakses oleh pengguna dengan hak akses admin. Fungsi utama dari halaman ini adalah untuk menentukan variabel-variabel yang akan digunakan dalam perhitungan metode Fuzzy Tsukamoto pada program ini. Uniknya, penggunaan variabel dalam program ini tidak bersifat monoton, melainkan dinamis. Variabel-variabel tersebut dapat diubah sesuai dengan kebutuhan prediksi pertanian yang ada. Admin memiliki kemampuan untuk menambahkan variabel baru dengan menekan tombol 'Tambah Data'.



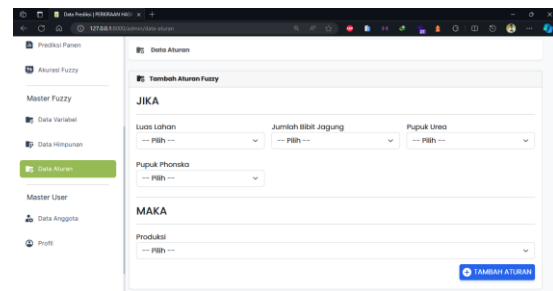
Gambar 13. Halaman Variabel Fuzzy

Gambar 14 menampilkan halaman data himpunan Fuzzy. Pada halaman ini, admin memiliki kemampuan untuk menambahkan, mengedit, dan menghapus data himpunan. Data fungsi anggota variabel pada halaman ini bersifat dinamis, yang dipengaruhi oleh jumlah data variabel yang telah dijelaskan sebelumnya pada Gambar 13. Oleh karena itu, setiap fungsi anggota variabel dapat menambahkan data sesuai dengan kebutuhan anggota variabel himpunan fuzzy.

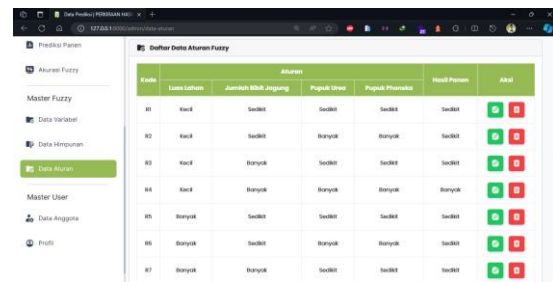


Gambar 14. Halaman Data Himpunan Fuzzy

Gambar 15 menampilkan halaman untuk menambah data aturan Fuzzy. Pada halaman ini, admin dapat menambahkan aturan Fuzzy dengan memilih data dari himpunan yang telah ada. Admin dapat menentukan aturan yang akan digunakan dalam perhitungan Fuzzy. Sementara itu, Gambar 16 menampilkan halaman daftar aturan Fuzzy. Halaman ini menampilkan daftar aturan yang telah ditambahkan oleh admin.



Gambar 15. Halaman Tambah Data Aturan Fuzzy



Gambar 16. Halaman Daftar Data Aturan Fuzzy

3.2.2. Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam studi ini berasal dari Kelompok Tani Mutiara, data pertanian terbagi menjadi tiga periode tanaman selama tahun 2021-2022. Data tersebut mencakup informasi tentang nama petani, tanggal penanaman, tanggal panen, luas lahan, jumlah bibit, jumlah pupuk urea, jumlah pupuk phonska, dan hasil panen.

3.2.3. Implementasi Perhitungan Fuzzy Tsukamoto

A. Pembentukan Variabel Fuzzy

Pembentukan variabel fuzzy didasari dari data penelitian yang telah di normalisasi. Tujuan dari perhitungan fuzzy ini adalah untuk memprediksi hasil panen tanaman jagung. Hasil prediksi tersebut dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Variabel Fuzzy Program Bantu Perkiraan Hasil Panen

Nama Variabel	Satuan	Fungsi
Luas Lahan	Ha	Input
Jumlah Bibit	Kg	Input
Pupuk Urea	Kg	Input
Pupuk Phonska	Kg	Input
Hasil Prediksi Panen	Kg	Output

B. Pembentukan Himpunan Fuzzy

Pembentukan himpunan fuzzy biasanya melibatkan penentuan fungsi keanggotaan, yang mendefinisikan bagaimana nilai input dipetakan ke tingkat keanggotaan dalam himpunan fuzzy. Fungsi keanggotaan ini bisa berupa fungsi matematika sederhana atau bisa juga berdasarkan pengetahuan pakar atau data historis, pada pembahasa kali ini pembentukan himpunan fuzzy menggunakan fungsi matematika dan pengetahuan pakar, dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Pembentukan Himpunan Fuzzy Program Bantu Perkiraan Hasil Panen

Fungsi	Nama Variabel	Himpunan Fuzzy	Jenis Kurva	Nilai	
Input	Luas Lahan	Kecil	Linier Turun	1	
		Besar	Linier Naik	2	
	Jumlah Bibit	Sedikit	Linier Turun	5	
		Banyak	Linier Naik	30	
	Pupuk Urea	Sedikit	Linier Turun	100	
		Banyak	Linier Naik	400	
	Pupuk Phonska	Sedikit	Linier Turun	100	
		Banyak	Linier Naik	300	
	Output	Hasil Prediksi	Sedikit	Linier Turun	3000
			Banyak	Linier Naik	5000

C. Pembentukan Aturan Fuzzy

Setelah pembentukan keanggotaan himpunan fuzzy, langkah selanjutnya adalah membuat aturan fuzzy. Pembentukan aturan fuzzy dapat dilakukan dengan berbagai metode. Salah satunya adalah dengan menggunakan Pohon Keputusan (Decision Tree) yang merujuk pada anggota himpunan fuzzy pada Tabel 2 dan Tabel 3. Metode lainnya adalah dengan memanfaatkan pengetahuan dari pakar yang ahli dalam bidang tersebut. Pada pembuatan aturan fuzzy Tsukamoto pada studi kasus kali ini menggunakan operasi logika yaitu oprato and Berikut adalah hasil dari aturan fuzzy pada Tabel 4.

Tabel 3. Pembentukan Aturan Fuzzy Program Bantu Perkiraan Hasil Panen

Kode Aturan	Keterangan
R1	Luas Lahan = Kecil AND Jumlah Bibit = Sedikit AND Pupuk Urea = Sedikit AND

	Pupuk Phonska = Sedikit THEN Hasil Prediksi = Sedikit
R2	Luas Lahan = Kecil AND Jumlah Bibit = Sedikit AND Pupuk Urea = Banyak AND Pupuk Phonska = Banyak THEN Hasil Prediksi = Banyak
R3	Luas Lahan = Kecil AND Jumlah Bibit = Banyak AND Pupuk Urea = Sedikit AND Pupuk Phonska = Sedikit THEN Hasil Prediksi = Sedikit
R4	Luas Lahan = Kecil AND Jumlah Bibit = Banyak AND Pupuk Urea = Banyak AND Pupuk Phonska = Banyak THEN Hasil Prediksi = Banyak
R5	Luas Lahan = Besar AND Jumlah Bibit = Sedikit AND Pupuk Urea = Sedikit AND Pupuk Phonska = Sedikit THEN Hasil Prediksi = Sedikit
R6	Luas Lahan = Besar AND Jumlah Bibit = Sedikit AND Pupuk Urea = Banyak AND Pupuk Phonska = Banyak THEN Hasil Prediksi = Banyak
R7	Luas Lahan = Besar AND Jumlah Bibit = Banyak AND Pupuk Urea = Sedikit AND Pupuk Phonska = Sedikit THEN Hasil Prediksi = Sedikit
R8	Luas Lahan = Besar AND Jumlah Bibit = Banyak AND Pupuk Urea = Banyak AND Pupuk Phonska = Banyak THEN Hasil Prediksi = Banyak

3.2.4. Pengujian Metode Fuzzy Tsukamoto

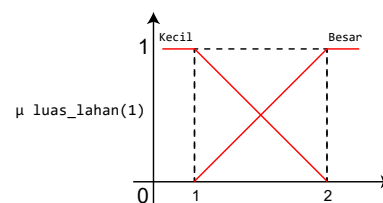
Pada pengujian Fuzzy Tsukamoto mengambil satu kasus pada data pertanian, dengan data pertanian luas lahan, jumlah bibit, pupuk urea, pupuk phonska, dan hasil prediksi, dari data pertanian tersebut di inialisasikan ke dalam variabel x, untuk data pertanian yang akan dilakukan pengujian dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Data Pengujian Fuzzy Tsukamoto Program Bantu Perkiraan Hasil Panen

Luas Lahan (Kg)	Jumlah Bibit (Kg)	Jumlah Pupuk		Hasil Panen (Ton)
		Urea (kg)	Phonska (Kg)	
1	15	200	100	3,2

A. Proses Fuzzifikasi

Proses mencari nilai fungsi keanggotaan luas lahan seperti berikut ini:



Gambar 17. Fungsi Keanggotaan Luas Lahan

Derajat keanggotaan luas lahan Kecil:

$$\mu_{luas_lahan\ Kecil}(1) = \begin{cases} 1; & x \leq 1 \\ \frac{2-x}{2-1}; & 1 \leq x \leq 2 \\ 0; & x \geq 2 \end{cases} \quad (5)$$

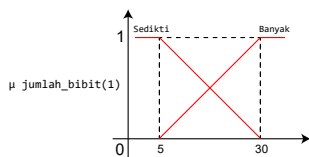
Maka hasil dari derajat keanggotaan luas lahan kecil yaitu: 1

Derajat Keanggotaan luas lahan Besar:

$$\mu_{luas_lahan\ Besar}(1) = \begin{cases} 0; & x \leq 1 \\ \frac{x-1}{2-1}; & 1 \leq x \leq 2 \\ 1; & x \geq 2 \end{cases} \quad (6)$$

Maka hasil dari derajat keanggotaan luas lahan besar yaitu: 0

Proses mencari nilai fungsi keanggotaan jumlah bibit seperti berikut ini:



Gambar 18. Fungsi Keanggotaan Jumlah Bibit

Derajat keanggotaan jumlah bibit Sedikit:

$$\mu_{jumlah_bibit\ Sedikit}(1) = \begin{cases} 1; & x \leq 5 \\ \frac{30-x}{30-5}; & 5 \leq x \leq 30 \\ 0; & x \geq 30 \end{cases} \quad (7)$$

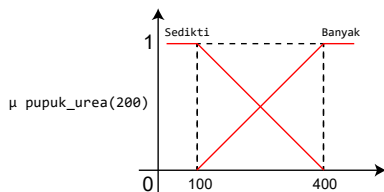
Maka hasil dari derajat keanggotaan luas lahan sedikit yaitu: 0,60.

Derajat keanggotaan jumlah bibit Banyak:

$$\mu_{jumlah_bibit\ Banyak}(1) = \begin{cases} 0; & x \leq 5 \\ \frac{x-5}{30-5}; & 5 \leq x \leq 30 \\ 1; & x \geq 30 \end{cases} \quad (8)$$

Maka hasil dari derajat keanggotaan luas lahan banyak yaitu: 0,40

Proses mencari nilai fungsi keanggotaan pupuk urea seperti berikut ini:



Gambar 19. Fungsi Keanggotaan Pupuk Urea

Derajat keanggotaan pupuk urea Sedikit:

$$\mu_{pupuk_urea\ Sedikit}(200) = \begin{cases} 1; & x \leq 100 \\ \frac{400-x}{400-100}; & 100 \leq x \leq 400 \\ 0; & x \geq 400 \end{cases} \quad (9)$$

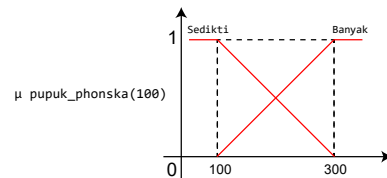
Maka hasil dari derajat keanggotaan pupuk_urea sedikit yaitu: 0,67

Derajat keanggotaan pupuk urea Banyak:

$$\mu_{pupuk_urea\ Banyak}(x) = \begin{cases} 0; & x \leq 100 \\ \frac{x-100}{400-100}; & 100 \leq x \leq 400 \\ 1; & x \geq 400 \end{cases} \quad (10)$$

Maka hasil dari derajat keanggotaan pupuk_urea banyak yaitu: 0,33

Proses mencari nilai fungsi keanggotaan pupuk phonska seperti berikut ini:



Gambar 20. Fungsi keanggotaan Pupuk Phonska

Derajat keanggotaan pupuk phonska Sedikit:

$$\mu_{pupuk_phonska\ Sedikit}(100) = \begin{cases} 1; & x \leq 100 \\ \frac{300-x}{300-100}; & 100 \leq x \leq 300 \\ 0; & x \geq 300 \end{cases} \quad (11)$$

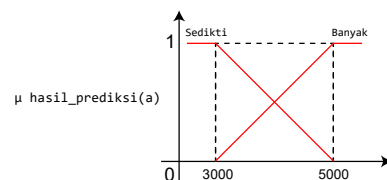
Maka hasil dari derajat keanggotaan pupuk_phonska sedikit yaitu: 1

Derajat keanggotaan pupuk phonska Banyak:

$$\mu_{pupuk_phonska\ Banyak}(100) = \begin{cases} 0; & x \leq 100 \\ \frac{x-100}{300-100}; & 100 \leq x \leq 300 \\ 1; & x \geq 300 \end{cases} \quad (12)$$

Maka hasil dari derajat keanggotaan pupuk_phonska banyak yaitu: 0

Proses mencari nilai fungsi keanggotaan hasil prediksi seperti berikut ini:



Gambar 21. Fungsi Keanggotaan Hasil Prediksi

Derajat keanggotaan hasil prediksi Sedikit:

$$\mu_{hasil_prediksi\ Sedikit}(a) = \begin{cases} 1; & x \leq 3000 \\ \frac{5000-z}{5000-3000}; & 3000 \leq z \leq 5000 \\ 0; & z \geq 5000 \end{cases} \quad (13)$$

Derajat keanggotaan hasil prediksi Banyak:

$$\mu_{hasil_prediksi\ Banyak}(a) = \begin{cases} 0; & z \leq 3000 \\ \frac{z-3000}{5000-3000}; & 3000 \leq z \leq 5000 \\ 1; & z \geq 5000 \end{cases} \quad (14)$$

B. Proses Inferensi

Pada proses inferensi fuzzy ini dilakukan fungsi implikasi dengan fungsi min dari komposisi aturan fuzzy. Mencari α - Predikat disetiap aturan fuzzy:

$$R1 = \text{Luas Lahan} = \text{Kecil AND Jumlah Bibit} \\ = \text{Sedikit AND Pupuk Urea} = \text{Sedikit}$$

AND Pupuk Phonska = Sedikit THEN

Hasil Prediksi = Sedikit

$$a \text{ Predikat}^1 = \min(1; 0,60; 0,67; 1)$$

$$a \text{ Predikat}^1 = 0,60$$

z^1 dari hasil prediksi sedikit:

$$\mu_{\text{hasil_prediksi sedikit}}(0,60) = \left\{ \frac{5000-z}{5000-3000} \right\} \quad (15)$$

$$z^1 = 3800$$

R2 = Luas Lahan = Kecil AND Jumlah Bibit

= Sedikit AND Pupuk Urea = Banyak

AND Pupuk Phonska = Banyak THEN

Hasil Prediksi = Banyak

$$a \text{ Predikat}^2 = \min(1; 0,60; 0,33; 0)$$

$$a \text{ Predikat}^2 = 0$$

z^2 dari hasil prediksi Banyak:

$$\mu_{\text{hasil_prediksi Banyak}}(0) = \left\{ \frac{z-3000}{5000-3000} \right\} \quad (16)$$

$$z^2 = 3000$$

R3 = Luas Lahan = Kecil AND Jumlah Bibit

= Banyak AND Pupuk Urea = Sedikit

AND Pupuk Phonska = Sedikit THEN

Hasil Prediksi = Sedikit

$$a \text{ Predikat}^3 = \min(1; 0,40; 0,67; 1)$$

$$a \text{ Predikat}^3 = 0,40$$

z^3 dari hasil prediksi sedikit:

$$\mu_{\text{hasil_prediksi Sedikit}}(0,40) = \left\{ \frac{5000-z}{5000-3000} \right\} \quad (17)$$

$$z^3 = 4200$$

R4 = Luas Lahan = Kecil AND Jumlah Bibit

= Banyak AND Pupuk Urea = Banyak

AND Pupuk Phonska = Banyak THEN

Hasil Prediksi = Banyak

$$a \text{ Predikat}^4 = \min(1; 0,40; 0,33; 0)$$

$$a \text{ Predikat}^4 = 0$$

z^4 dari hasil prediksi Banyak:

$$\mu_{\text{hasil_prediksi Banyak}}(0) = \left\{ \frac{z-3000}{5000-3000} \right\} \quad (18)$$

$$z^4 = 3000$$

R5 = Luas Lahan = Besar AND Jumlah Bibit

= Sedikit AND Pupuk Urea = Sedikit

AND Pupuk Phonska = Sedikit THEN

Hasil Prediksi = Sedikit

$$a \text{ Predikat}^5 = \min(0; 0,60; 0,67; 1)$$

$$a \text{ Predikat}^5 = 0$$

z^5 dari hasil prediksi sedikit:

$$\mu_{\text{hasil_prediksi Sedikit}}(0) = \left\{ \frac{5000-z}{5000-3000} \right\} \quad (19)$$

$$z^5 = 5000$$

R6 = Luas Lahan = Besar AND Jumlah Bibit

= Sedikit AND Pupuk Urea = Banyak

AND Pupuk Phonska = Banyak THEN

Hasil Prediksi = Banyak

$$a \text{ Predikat}^6 = \min(0; 0,60; 0,33; 0)$$

$$a \text{ Predikat}^6 = 0$$

z^6 dari hasil prediksi Banyak:

$$\mu_{\text{hasil_prediksi Banyak}}(0) = \left\{ \frac{z-3000}{5000-3000} \right\} \quad (20)$$

$$z^6 = 3000$$

R7 = Luas Lahan = Besar AND Jumlah Bibit

= Banyak AND Pupuk Urea = Sedikit

AND Pupuk Phonska = Sedikit THEN

Hasil Prediksi = Sedikit

$$a \text{ Predikat}^7 = \min(0; 0,60; 0,67; 1)$$

$$a \text{ Predikat}^7 = 0$$

z^7 dari hasil prediksi Sedikit:

$$\mu_{\text{hasil_prediksi Sedikit}}(0) = \left\{ \frac{5000-z}{5000-3000} \right\} \quad (21)$$

$$z^7 = 5000$$

R8 = Luas Lahan = Besar AND Jumlah Bibit

= Banyak AND Pupuk Urea = Banyak

AND Pupuk Phonska = Banyak THEN

Hasil Prediksi = Banyak

$$a \text{ Predikat}^8 = \min(0; 0,40; 0,33; 0)$$

$$a \text{ Predikat}^8 = 0$$

z^8 dari hasil prediksi Banyak:

$$\mu_{\text{hasil_prediksi Banyak}}(0) = \left\{ \frac{z-3000}{5000-3000} \right\} \quad (21)$$

$$z^8 = 3000$$

Kode Aturan	α - Predikat	Nilai z Aturan
R1	0,60	3800
R2	0	3000
R3	0,40	4200
R4	0	3000
R5	0	5000
R6	0	3000
R7	0	5000
R8	0	3000

C. Proses Defuzzifikasi

Pada proses defuzzifikasi dilakukan penjumlahan antara α - Predikat dan nilai z aturan berikut rumus yang digunakan:

$$Z = \frac{(\alpha_1 * z_1) + (\alpha_2 * z_2) + (\alpha_3 * z_3) + (\alpha_4 * z_4) + (\alpha_5 * z_5) + (\alpha_6 * z_6) + (\alpha_7 * z_7) + (\alpha_8 * z_8)}{\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6 + \alpha_7 + \alpha_8} \quad (22)$$

$$Z = \frac{(0,60 * 3800) + (0 * 3000) + (0,40 * 4200) + (0 * 3000) + (0 * 5000) + (0 * 3000) + (0 * 5000) + (0 * 3000)}{0,60 + 0 + 0,40 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0} \quad (23)$$

$$Z = 3.960 / 1$$

$$Z = 3.96$$

Kesimpulan dari perhitungan metode Fuzzy Tsukamoto adalah sebagai berikut: Hasil prediksi

panen tanaman jagung berdasarkan data pertanian yang diberikan adalah 3960,00 Kg.

D. Perubahan Variabel Himpunan Fuzzy dan Aturan fuzzy

Perlu diketahui variabel fuzzy, himpunan fuzzy, dan aturan fuzzy sangat menentukan hasil prediksi, sehingga ketika menghapus atau menambahkan variabel maka himpunan dan aturan fuzzy harus diubah, dapat dilihat seperti di bawah ini:

Tabel 5. Perubahan Himpunan Fuzzy

Nama Variabel	Satuan	Fungsi
Luas Lahan	Ha	Input
Jumlah Bibit	Kg	Input
Hasil Prediksi Panen	Kg	Output

Tabel 6. Perubahan Himpunan Fuzzy

Fungsi	Nama Variabel	Himpunan Fuzzy	Jenis Kurva	Hasil Fuzzifikasi
Input	Luas Lahan	Kecil	Linier Turun	1
		Besar	Linier Naik	0
	Jumlah Bibit	Sedikit	Linier Turun	0,60
		Banyak	Linier Naik	0,40

Tabel 7. Perubahan Aturan Fuzzy

Kode Aturan	Keterangan
R1	Luas Lahan = Kecil AND Jumlah Bibit = Sedikit AND THEN Hasil Prediksi = Sedikit
R2	Luas Lahan = Kecil AND Jumlah Bibit = Sedikit AND THEN Hasil Prediksi = Banyak
R3	Luas Lahan = Kecil AND Jumlah Bibit = Banyak AND THEN Hasil Prediksi = Sedikit
R4	Luas Lahan = Kecil AND Jumlah Bibit = Banyak AND THEN Hasil Prediksi = Banyak
R5	Luas Lahan = Banyak AND Jumlah Bibit = Sedikit AND THEN Hasil Prediksi = Sedikit
R6	Luas Lahan = Banyak AND Jumlah Bibit = Sedikit AND THEN Hasil Prediksi = Banyak
R7	Luas Lahan = Banyak AND Jumlah Bibit = Banyak AND THEN Hasil Prediksi = Sedikit
R8	Luas Lahan = Banyak AND Jumlah Bibit = Banyak AND THEN Hasil Prediksi = Banyak

Tabel 8. Interfrensi Aturan Fuzzy

Kode Aturan	Luas Lahan	Jumlah Bibit	Nilai min(α Predikat)	Nilai z Aturan
R1	1	0,60	0,60	4200
R2	1	0,60	0,60	3800
R3	1	0,40	0,40	4200
R4	1	0,40	0,40	3800
R5	0	0,60	0	3000
R6	0	0,60	0	5000
R7	0	0,40	0	3000
R8	0	0,40	0	5000

$$Z = \frac{(0,60 * 4200) + (0,60 * 3800) + (0,40 * 3800) + (0,40 * 4200) + (0 * 3000) + (0 * 5000) + (0 * 3000) + (0 * 5000)}{0,60 + 0,60 + 0,40 + 0,40 + 0 + 0 + 0 + 0} \quad (24)$$

$$Z = 8000 / 2$$

$$Z = 4000$$

Dari kedua percobaan diatas memiliki variabel dan aturan fuzzy yang berbeda, pada percobaan pertama menggunakan 4 variabel, dan 8 aturan fuzzy, pada percobaan kedua menggunakan 2 variabel dan 8 aturan fuzzy. Sehingga hasil pada percobaan pertama didapatkan prediksi yaitu: 3960 Kg dan percobaan kedua mendapatkan hasil prediksi yaitu: 4000 Kg.

3.2.5. Akurasi Metode Fuzzy

Pada proses akurasi fuzzy Tsukamoto menggunakan metode MAPE atau Mean Absolute Percentage Error dengan rumus sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{|Data Aktual - Data Prediksi|}{Data Aktual} \times 100\% \quad (25)$$

Percobaan pertama:

$$MAPE = \frac{|3200 - 3960|}{3200} \times 100\% \quad (26)$$

$$MAPE = 23,75\%$$

Percobaan kedua:

$$MAPE = \frac{|3200 - 4000|}{3200} \times 100\% \quad (27)$$

$$MAPE = 25,00\%$$

Kesimpulan dari akurasi Fuzzy Tsukamoto yaitu semakin kecil nilai presentase maka semakin baik hasil dari perhitungan metode Fuzzy Tsukamoto.

3.2.6. Hasil Perhitungan Fuzzy Tsukamoto

Dari perhitungan prediksi menggunakan fuzzy tsukamoto dapat dilihat pada tabel 9 dibawah ini:

Tabel 9. Data Hasil Panen Aktual dan Hasil Panen Prediksi

Hasil Panen Aktual			Hasil Prediksi Panen		
Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 1	Periode 2	Periode 3
3200,00	4000,00	4600,00	3960,00	3973,33	4104,50
4000,00	4500,00	3500,00	3973,33	4057,14	3973,33
-	4500,00	-	-	3973,33	-
4200,00	3500,00	4000,00	3975,00	3973,33	4051,06
3300,00	3200,00	3500,00	3960,00	3973,33	3960,00

Tabel 10. Data Hasil Panen Aktual dan Hasil Panen Prediksi (Lanjutan)

Hasil Panen Aktual			Hasil Prediksi Panen		
Periode 1	Periode 2	Periode 3	Periode 1	Periode 2	Periode 3
4000,00	3300,00	4000,00	3973,33	4051,06	3970,00
3000,00	3500,00	3200,00	3973,33	3960,00	4051,06
3000,00	3500,00	3500,00	3960,00	3960,00	3960,00
4000,00	4500,00	4000,00	4051,06	3973,33	3960,00
3000,00	4000,00	3500,00	3960,00	3973,33	3960,00
3000,00	3500,00	3000,00	3960,00	3960,00	3960,00
3000,00	3500,00	3000,00	4051,06	3960,00	3960,00
3500,00	4000,00	-	3960,00	3960,00	-
3000,00	-	-	3960,00	-	-
4000,00	4500,00	5000,00	3973,33	3960,00	4051,06
3000,00	3500,00	3000,00	3960,00	3960,00	3960,00
4200,00	4500,00	4000,00	3973,33	3973,33	3973,33
3000,00	3000,00	3000,00	3960,00	3960,00	3960,00
-	3500,00	-	-	3960,00	-
4000,00	4000,00	4000,00	3960,00	4051,06	3973,33
3500,00	3000,00	3100,00	3960,00	3960,00	3973,33
Total Panen Aktual		209800,00			
Total Prediksi Panen			230797,34		

Pada tabel 9 diatas adalah data hasil panen aktual dan hasil prediksi panen selama 3 periode penanaman, berikut adalah presentase nilai kesalahan prediksi dengan menggunakan MAPE (Mean Absolute Percentage Error).

Rumus mencari nilai kesalahan dari masing-masing data:

$$Data_t = \frac{|A_t - P_t|}{A_t} \times 100\% \quad (28)$$

t = Jumlah Data Pertanian. A = Data Aktial, P = Data Prediksi

Rumus mencari nilai kesalahan dari seluruh data:

$$MAPE = D/t$$

$$MAPE = 923,39 / 58$$

$$MAPE = 15,92$$

t = Total Data, D = Total Nilai Kesalahan.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian mengenai program bantuan perkiraan hasil panen tanaman jagung, dapat disimpulkan bahwa sistem yang telah dibangun mampu membantu petani dalam melakukan prediksi/perkiraan hasil panen. Telah dilakukan percobaan sebanyak dua kali dengan penggunaan variabel yang berbeda dan mendapatkan nilai MAPE yang berbeda, sehingga dapat di simpulkan bahwa variabel, himpunan, dan aturan fuzzy sangat penting, semakin banyak variabel, dan semakin kompleks aturan fuzzy yang dibuat maka semakin baik hasil prediksinya. Pada hasil penelitian, didapatkan hasil prediksi panen dengan menggunakan fuzzy tsukamoto dengan nilai MAPE(Mean Absolute Percentage Error) yaitu: 15,92%, yang mana semakin kecil nilai MAPE maka semakin akurat hasil prediksi.

UCAPAN TERIMAKASIH

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus, atas berkat dan kasih-Nya yang tak pernah berhenti. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada kedua orang tua tercinta yang selalu memberikan dukungan dan tak hentinya mendoakan penulis. Kepada ibu Yetti Oslan, S.Kom, M.T. Selaku dosen pembimbing pertama yang telah membimbing dan membantu penulis dalam proses menyelesaikan penelitian ini. Bapak Argo Wibowo, S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing kedua yang telah membimbing dan membantu penulis dalam proses menyelesaikan penelitian ini. Kepada seluruh pihak yang selalu mendukung dan memberikan semangat, penulis memberikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Mohamad, M. N. Alam And R. Abd.Rauf, "Strategi Pengembangan Agribisnis Jagung Di Kecamatan Ampana Tete Kabupaten Tojo Una-Una," *J. Agroland* 23 (1), P. 40 – 49, 2016.
- [2] S. Nurkasanah, A. Prasetyo And M. B. Setyawan, "Implementasi Logika Fuzzy Untuk Prediksi Hasil Panen Padi Dengan Metode Tsukamoto," *Jurnal Rekayasa Teknologi Dan Komputasi*, Vol. 1, P. 1, 2022.
- [3] "Pohuwatokab.Bps.Go.Id," Bps Kabupaten Pohuwato, 2015. [Online]. Available: <https://Pohuwatokab.Bps.Go.Id>.
- [4] A. Habib, "Analisis Faktor – Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Jagung," *Agrium*, Vol. 18, No. 1, Pp. 79-87, 2013.
- [5] D. Soumitra, "Fuzzy Logic Applications: Technological And Strategic Issues," *Ieee Transactions On Engineering Management*, Vol. 40, No. 3, Pp. 237-254, 1993.
- [6] A. B. Nassif, M. Azzeh, A. Idri And A. Abran, "Software Development Effort Estimation Using Regressionfuzzy Models," *Computational Intelligence And Neuroscience*, Vol. 2019, No. 1, P. 17, 2019.
- [7] D. Verma And J. Knezevic, "Application Of Fuzzy Logic In The Assurance Sciences," In *Proceedings Of Annual Reliability And Maintainability Symposium (Rams)*, Anaheim, Ca, Usa, 2002.
- [8] F. Rauf, S. Imran And R. Indriani, "Produktivitas Dan Pendapatan Usahatani Jagung Di Desa Padengo Kecamatan Dengilo Kabupaten Pohuwato," *Agrinesia Vol. 6 No. 1*, Pp. 34-39, 2021.
- [9] A. Wanto, "Prediksi Produktivitas Jagung Indonesia Tahun 2019-2020 Sebagai Upaya Antisipasi Impor Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan Backpropagation," *Sintech Journal Vol. 1 No 1*, Pp. 53-62, 2019.
- [10] E. D. Pradini, E. Santoso And N. Hidayat, "Komparasi Hasil Metode Fuzzy Mamdani Dan Tsukamoto Untuk Prediksi Produksi Benih Padi," *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, Vol. 6, No. 2, Pp. 754-760, 2022.
- [11] S. Ratururun And C. N. Joseph, "Implementasi Model Flowchart Perancangan Sistem Informasi Akuntansi Untuk Permintaan Dana/Advance," *Lppm Stia Said Perintah*, Vol. 4, P. 1, 2023.
- [12] L. Sapura, A. Sinaga And F. Siahaan, "Penerapan Sistem Fuzzy Tsukamoto Dalam Memperkirakan Hasil Produksi Padi," *Jurnal Penerapan Kecerdasan Buatan Vol. 1, No. 2*, Pp. 126-130, 2020.
- [13] P. Widiyantoro, R. D. Febriyanti And C. G. Muhamad, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Penentuan Harga Rumah Di Kota Bandung," *Jurnal Ilmiah Informatika Komputer*, Vol. 29, No. 1, Pp. 60-61, 2024.
- [14] T. Rizky Meimaharani, "Analisis Sistem Inference Fuzzy Sugeno Dalam Menentukan Harga Penjualan Tanah Untuk Pembangunan Minimarket," *Jurnal Simetris, Vol.5 No.1*, Pp. 1-8, 2014.
- [15] A. A. Caraka, H. Haryanto, D. P. Kusumaningrum And S. Astuti, "Logika Fuzzy Menggunakan Metode Tsukamoto Untuk Prediksi Perilaku Konsumen Di Toko Bangunan," *Techno.Com, Vol. 14, No. 4*, Pp. 255-265, 2015.
- [16] N. S. And A. R. Putri, "Perancangan Logika Fuzzy Untuk Sistem Pengendali Kelembaban Tanah Dan Suhu Tanaman," *Jurnal Media Informatika Budidarma*, Vol. 3, No. 4, Pp. 307-312, 2019.
- [17] A. G. Novianti, M. R. I. Matdoan And M. Z. N. Allam, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Prediksi Pemesanan Bahan Baku Produksi Air Minum Kemasan Akuapura," *Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan Komunikasi (Semnastik) X*, Pp. 611-618, 2018.
- [18] D. Giawaa And M. Marbun, "Implementasi Logika Fuzzy Tsukamoto Dalam Menentukan Harga Coating Mobil Di Prime Coating Medan," *Jurnal Ilmu Komputer Dan Sistem Informasi*, Vol. 5, No. 1, Pp. 1-3, 2022.
- [19] A. Setiawan, B. Yanto And K. Yasdomi, "Logika Fuzzy Dengan Matlab (Contoh Kasus Penelitian Penyakit Bayi Dengan Fuzzy Tsukamoto)," In *Logika Fuzzy Dengan Matlab*, Bali, Jayapangus Press, 2018, P. 28.
- [20] C. Praseptyo And A. Pujiyanta, "Media Pembelajaran Himpunan Fuzzy Berbasis Multimedia," *Jurnal Sarjana Teknik Informatika*, Vol. 2, No. 2, Pp. 101-110, 2014.
- [21] T. Yulianto, I. Solehah, F. R. Amalia And M. Tafrikan, "Perbandingan Fuzzy Tsukamoto Dan Fuzzy Mamdani Dalam Memprediksi Intensitas Curah Hujan Di Kabupaten Sumenep," *Jurnal Aplikasi Teknologi Informasi Dan Manajemen (Jatim)*, Vol. 4, No. 1, Pp. 69-83, 2023.
- [22] I. And A. N. Roszdiana, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Prediksi Jumlah Produksi Tanaman Cabai," *Jurnal Ilmiah Teknologi - Informasi & Sains Volume 11 Number 1*, Pp. 27-38, 2021.
- [23] M. B. Rahmad And T. Setiady, "Perancangan Sistem Informasi Inventory Spare Part Elektronik Berbasis Web Php," *Jurnal Sarjana Teknik Informatika Volume 2 Nomor 2*, Pp. 1331-1334, 2014.