

IMPLEMENTASI FUZZY TSUKAMOTO DALAM SISTEM PREDIKSI PANEN PADI DI KABUPATEN INDRAMAYU

Riyan Farismana^{1)*}, Debi Nabilah Sholihah²⁾, Dian Pramadhana³⁾, Sonty Lena⁴⁾

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Informatika

^{1,2,3,4}Politeknik Negeri Indramayu

E-mail : riyanfarismana@polindra.ac.id^{1)*}, debinabilahs@gmail.com²⁾, dianpramadhana@gmail.com³⁾,
sontylena18@gmail.com⁴⁾

Abstract

Strategic efforts to maintain rice production, which is the staple food of the Indonesian people, must continue to be carried out, one of which is maintaining production in rice-producing areas such as Indramayu Regency is a step that must be prioritized. Knowing the prediction of the upcoming rice harvest is the right effort to make. Fuzzy Tsukamoto logic is a method that can be used as a calculation to make predictions, the selection of fuzzy Tsukamoto is due to its ability to predict with factors that have uncertainty such as rainfall, in addition, land area and harvest yields can also be used as variables to obtain predictions through fuzzy Tsukamoto. This study was conducted to implement fuzzy Tsukamoto for predicting rice harvest yields, where the results of the fuzzy Tsukamoto logic process that have been carried out produce six rules at the inference stage in the category of increasing or decreasing harvests, which are used as the basis for the defuzzification process to find the output value of the harvest. The calculation results are then applied in a website-based system using the Laravel framework and MySql DBMS so that they can be used to predict rice harvest yields. Based on the prediction process carried out through a system based on the fuzzy Tsukamoto method, out of 31 sub-districts, 16 sub-districts have the potential to experience a decline, and 15 sub-districts have experienced an increase in rice harvest production in Indramayu Regency.

Keywords- Fuzzy Tsukamoto, Prediction, Harvest, Paddy, Indramayu.

Intisari

Upaya strategis untuk menjaga produksi beras yang merupakan makanan pokok masyarakat Indonesia harus terus dilakukan, salah satunya menjaga produksi pada daerah penghasil beras seperti Kabupaten Indramayu adalah langkah yang harus diutamakan. Mengetahui prediksi hasil panen padi yang akan datang dijadikan usaha yang tepat dilakukan. Logika fuzzy tsukamoto merupakan metode yang dapat dijadikan perhitungan untuk melakukan prediksi, pemilihan fuzzy tsukamoto dikarenakan kemampuannya dalam memprediksi dengan faktor-faktor yang memiliki ketidakpastian seperti curah hujan, selain itu luas lahan dan hasil panen juga dapat dijadikan variabel untuk mendapatkan prediksi melalui fuzzy tsukamoto. Penelitian ini dilakukan untuk melakukan implementasi fuzzy tsukamoto untuk prediksi hasil panen padi, dimana hasil proses logika fuzzy tsukamoto yang telah dilakukan menghasilkan enam rules pada tahap inferensi pada kategori panen bertambah atau berkurang, yang dijadikan dasar proses defuzzifikasi untuk mencari nilai output hasil panen. Hasil perhitungan kemudian diterapkan dalam sebuah sistem berbasis website menggunakan framework laravel dan DBMS MySql sehingga dapat digunakan untuk melakukan prediksi hasil panen padi. Berdasarkan proses prediksi yang dilakukan melalui sistem berbasis metode fuzzy tsukamoto, dari 31 Kecamatan terdapat 16 Kecamatan yang berpotensi mengalami penurunan, dan 15 Kecamatan mengalami peningkatan produksi panen padi di Kabupaten Indramayu.

Kata Kunci – Fuzzy Tsukamoto, Prediksi, Panen, Padi, Indramayu.

1. PENDAHULUAN

Ketahanan pangan merupakan salah satu aspek krusial dalam pembangunan suatu bangsa. Indonesia, dimana mayoritas masyarakatnya mengkonsumsi nasi sebagai makanan pokok,

menjadikan produksi beras memiliki peran strategis dalam mempengaruhi ketahanan pangan [1]. Produksi beras tidak dapat dilepaskan dari dari hasil panen daerah-daerah penghasil beras. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), Kabupaten Indramayu merupakan penghasil beras tertinggi untuk Jawa

Barat dan Nasional dengan jumlah produksi sebanyak 1.424.303 Ton pada tahun 2023 [2]. Penurunan produksi beras di Kabupaten Indramayu akan secara langsung berdampak pada ketahanan pangan nasional, oleh karena itu upaya-upaya untuk menjaga konsistensi hasil panen padi di Kabupaten Indramayu mutlak dilakukan.

Mengetahui hasil panen padi tahun yang akan datang di Kabupaten Indramayu, atau melakukan peramalan maupun prediksi panen menjadi salah satu solusi terbaik untuk mempertahankan produksi beras secara nasional. Mengetahui penyebab yang mempengaruhi hasil panen padi di Kabupaten Indramayu merupakan kunci keberhasilan dalam memprediksi hasil panen sehingga dapat dijadikan dasar untuk dinas terkait dalam menjalankan langkah-langkah *preventif* untuk mencegah penurunan panen padi yang mungkin terjadi, dengan mempertimbangkan faktor yang dapat mempengaruhi hasil panen padi, diantaranya adalah faktor yang tidak dapat dipastikan seperti curah hujan [3], serta luas lahan [4] yang memiliki perbedaan data.

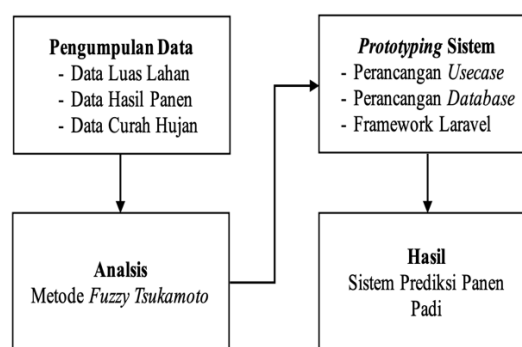
Logika *fuzzy* sebagai metode yang terkenal dengan kemampuannya yang efektif dalam menghadapi ketidakpastian dan kompleksitas [5], menjadikannya sesuai dengan proses pembentukan *rules* untuk menghasilkan *fuzzy output* untuk mengetahui prediksi panen padi terkait kondisi pertanian di Kabupaten Indramayu. Selain itu beberapa penelitian sebelumnya terkait prediksi panen seperti penelitian L Sapura membahas penerapan sistem *fuzzy tsukamoto* dalam memperkirakan hasil produksi padi berdasarkan variabel lahan, bibit benih padi, dan pupuk [6], penelitian yang dilakukan S Nurkasanah menerapkan metode logika *fuzzy tsukamoto* untuk memprediksi hasil panen padi di masa depan dengan menggunakan variabel-variabel seperti luas sawah, dan benih padi [7].

Dari sifat logika *fuzzy* dengan metode *tsukamoto* yang mampu menangani kondisi ketidakpastian terutama dalam pertanian, serta hasil penelitian-penelitian terdahulu yang memanfaatkan logika *fuzzy* untuk prediksi pertanian, maka penelitian ini dimaksudkan untuk membuat sistem prediksi panen padi menggunakan logika *fuzzy tsukamoto* di Kabupaten Indramayu dengan

mempertimbangkan faktor ketidakpastian yaitu luas lahan, curah hujan, dan hasil panen, untuk memberikan informasi kepada dinas dan pihak terkait dalam merancang kebijakan pertanian untuk menjaga ketahanan pangan.

2. METODOLOGI

Dalam penelitian ini, disusun kerangka penelitian yang bertujuan untuk menjadi panduan dalam menyelesaikan langkah demi langkah proses implementasi *fuzzy tsukamoto* dalam memprediksi panen padi di Kabupaten Indramayu, sehingga proses yang dilakukan dapat terukur mengikuti kerangka yang ditetapkan.



Gambar 1. Kerangka Penelitian

2.1 Pengumpulan Data

Data yang diperoleh dari tahap ini bersifat data kuantitatif dimana data berupa angka-angka luas lahan, hasil panen, dan curah hujan. Sumber data yang menjadi rujukan dalam penelitian ini berasal dari Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian (DKPP) Kabupaten Indramayu untuk data luas lahan dan hasil panen. Untuk klasifikasi curah hujan didapatkan dari situs BMKG, data rata-rata curah hujan tiap kecamatan diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Indramayu. data disusun secara sistematis dan dibentuk menjadi *dataset* untuk memudahkan proses analisis menggunakan metode *fuzzy tsukamoto*.

2.2 Analisis

Data yang telah divalidasi kemudian dianalisis untuk mengidentifikasi kebutuhan dan diterapkan dalam pembangunan aplikasi. Analisis menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* dengan tujuan untuk mengetahui dan

memberikan informasi prediksi hasil panen padi pada masing-masing kecamatan di Kabupaten Indramayu.



Gambar 2. Flowchart Fuzzy Tsukamoto [8]

Dalam penelitian ini, terdapat dua model *input* variabel himpunan, yaitu luas lahan dan curah hujan. Terdapat juga satu model *output* variabel keluaran, yaitu hasil panen. Dekomposisi variabel model menjadi himpunan *fuzzy*. Variabel luas lahan, terbagi menjadi dua himpunan *fuzzy*, yaitu kecil dan besar. Variabel curah hujan, terbagi menjadi tiga himpunan *fuzzy*, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Variabel hasil panen, terbagi menjadi dua himpunan *fuzzy*, yaitu berkurang dan bertambah.

2.3 Prototyping Sistem

Prototyping adalah metode pengembangan perangkat lunak yang disediakan dalam bentuk model fisik dari perilaku sistem dan berfungsi sebagai versi pertama dari sistem [9]. *Prototyping* dalam penelitian ini dimulai dengan membuat *use case system* untuk menggambarkan aktivitas atau hak akses yang dapat dilakukan pengguna terhadap sistem yang dibangun [10]. Dengan menjelaskan interaksi antara *actor* dan *use case* diharapkan dalam penelitian ini membantu proses apa saja yang dilakukan sistem dengan pengguna. Setelah itu untuk menyimpan data-data yang digunakan dalam metode *fuzzy tsukamoto*, Langkah selanjutnya adalah dengan melakukan perancangan *database* menggunakan diagram *ERD* dan dibuat ke dalam *DBMS MySQL*. Setelah *database* dibuat, untuk mengimplementasikan metode *fuzzy tsukamoto*

kedalam sistem yang dibangun menggunakan *framework Laravel*.

2.4 Hasil Sistem Prediksi

Hasil yang didapat dari penelitian ini sistem yang dapat melakukan prediksi panen padi pada masing-masing kecamatan di Kabupaten Indramayu, yang ditampilkan dalam bentuk tabel didalam aplikasi berbasis *web* dari hasil perhitungan menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* yang diimplementasikan kedalam pemrograman menggunakan *framework Laravel*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan menjelaskan tentang penelitian yang dilakukan. Penelitian dilakukan dengan tahapan yang mengacu pada metode penelitian dibahas disini, dimana tahap dimulai dari pengumpulan data sampai dengan hasil berupa *prototipe* sistem prediksi panen padi.

3.1 Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan dengan mencari berbagai sumber selain dari *open data* indramayu, dan juga badan pusat statistik. Untuk memvalidasi data yang diperoleh dilakukan penelusuran data pada Dinas Ketahanan Pangan dan Pertanian (DKPP) Kabupaten Indramayu. Data yang diperoleh kemudian dikelola dalam bentuk *dataset*. Data panen yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data-data yang diperoleh dari tahun 2020 sampai dengan 2023, dimana data panen tahun 2023 digunakan untuk pembanding hasil prediksi pada pengolahan dataset luas lahan, hasil panen, dan dataset curah hujan dari tahun 2020 hingga 2022.

Tabel 1. Model *Dataset* Panen Padi Indramayu

Kecamatan	2020		2021		2022		2023	
	Luas Lahan	Hasil Panen	Luas Lahan	Hasil Panen	Luas Lahan	Hasil Panen	Luas Lahan	Hasil Panen
Haurgeulis	9.112	69.076	8.829	54.772	8.812	60.138	9.232	57.472
Gantar	24.476	163.397	19.778	126.485	20.696	143.691	21.242	111.987
Kroya	16.335	119.239	18.939	138.447	13.832	102.356	13.832	76.685
Gabuswetan	11.115	85.632	11.351	83.667	11.900	93.844	11.900	76.755
Cikedung	12.562	95.942	12.562	94.318	12.562	94.104	11.322	75.576

Terisi	14.366	90.230	16.926	114.900	16.108	111.162	19.303	133.924
Lelea	10.036	77.065	9.996	75.493	9.996	73.711	9.996	60.293
Bangodua	6.578	47.409	6.439	46.492	5.446	44.719	6.438	48.286
Tukdana	7.462	59.164	7.462	56.861	7.462	55.174	7.786	53.851
Widasari	5.747	42.291	5.727	37.902	5.712	44.251	5.712	44.203
Kertasemaya	5.760	50.552	5.760	42.871	5.760	46.875	5.760	45.855
Sukagumiwang	5.145	38.903	5.044	37.664	5.140	38.805	5.140	36.760
Krangkeng	8.056	55.942	9.000	61.337	9.242	65.618	7.855	57.971
Karang ampel	4.387	32.487	4.432	32.182	4.487	29.994	4.432	32.486
Kedokanbunde r	4.158	34.059	4.218	32.977	4.218	31.997	4.218	32.140
Juntinyuat	7.712	61.325	7.716	62.081	7.712	64.468	7.702	63.763
Sliyeg	8.518	66.016	8.518	63.655	8.518	62.716	8.518	64.843
Jatibarang	5.952	43.408	5.952	43.667	5.952	43.474	5.952	45.086
Balongan	3.882	28.588	3.880	28.193	3.882	27.012	3.792	26.465
Indramayu	3.513	24.488	3.613	24.379	3.608	28.275	3.619	26.143
Sindang	4.262	31.705	4.405	29.845	3.432	23.538	4.346	33.280
Cantigi	3.722	27.817	3.806	27.305	3.806	29.178	2.760	21.341
Pasekan	1.756	12.247	1.756	12.183	1.775	12.700	1.794	13.235
Lohbener	5.108	38.895	5.098	37.344	5.099	37.688	4.632	33.126
Arahan	4.859	36.136	4.918	36.903	4.918	36.160	3.864	28.381
Losarang	10.786	74.987	10.018	63.832	10.376	72.475	8.721	60.920
Kandanghaur	10.608	68.544	8.514	62.225	11.053	83.413	9.059	66.244
Bongas	7.860	55.413	7.840	58.064	7.860	54.627	7.864	55.561
Anjatan	12.200	87.796	12.160	86.795	12.200	85.400	12.200	88.775
Sukra	7.147	51.360	6.890	50.936	6.890	50.782	6.820	50.214
Patrol	6.717	46.827	6.350	44.466	6.350	48.097	6.285	45.835

(Sumber: DKPP Kabupaten Indramayu)

Curah hujan merupakan variabel yang memiliki rentang nilai berdasarkan kategori. Pembagian kategori curah hujan dikelompokkan menjadi tiga kategori yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Penentuan *scoring* curah hujan didapatkan dari format Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika [11].

Tabel 2. *Scoring* Curah Hujan

Kategori	Curah Hujan (mm)
Rendah	0 – 100
Menengah	100 – 300
Tinggi	> 300

(Sumber: BMKG)

Untuk mengetahui curah hujan di Kabupaten Indramayu, dihimpun juga data curah hujan yang berasal dari data BPS Kabupaten Indramayu.

Tabel 3. Data Curah Hujan Indramayu (mm)

Kecamatan	Tahun			
	2020	2021	2022	2023
Haurgeulis	1657	2757	370	370
Cantar	1669	2548	603	603
Kroya	1625	2002	496	496
Gabuswetan	1364	1939	407	407
Cikedung	1581	2063	333	333
Terisi	1536	1994	342	342
Lelea	1706	2297	333	333

Bangodua	1423	1993	308	308
Tukdana	1472	2189	349	349
Widasari	1434	1968	308	308
Kertasemaya	1320	2156	285	285
Sukagumiwang	1460	2731	338	338
Krangkeng	1041	1841	135	135
Karangampel	1122	1939	337	337
Kedokanbunder	1145	1939	337	337
Juntinyuat	1242	1784	210	210
Sliyeg	1214	2083	338	338
Jatibarang	1393	1992	349	349
Balongan	1576	2087	269	269
Indramayu	1125	1777	333	333
Sindang	1355	197	267	267
Cantigi	1360	1966	267	267
Pasekan	1245	1966	267	267
Lohbener	825	860	239	239
Arahan	1368	1933	267	267
Losarang	1152	1776	413	413
Kandanghaur	1397	2031	290	290
Bongas	1501	1673	412	412
Anjatan	1636	1959	367	367
Sukra	2197	392	278	278
Patrol	1602	1902	214	214

(Sumber: BPS Kab. Indramayu)

Data curah hujan pada tahun 2022 dan 2023 berdasarkan BPS Kabupaten Indramayu memiliki kesamaan data curah hujan. Hal ini menjadikan proses berikutnya yaitu analisis *fuzzy tsukamoto* menggunakan data pada tahun 2022, dan data panen 2023 digunakan sebagai pembandingan hasil analisis dan prediksi yang dilakukan.

3.2 Analisis Fuzzy Tsukamoto

Setelah melakukan pengumpulan data dan menjadikannya sebagai *dataset* yang terdiri dari variabel luas lahan, curah hujan, dan hasil panen. Serta mengetahui pengelompokan jenis curah hujan. Variabel-variabel tersebut selanjutnya dianalisis untuk perhitungan menggunakan metode *fuzzy tsukamoto*. *Fuzzy set* merupakan himpunan yang akan dilakukan proses *fuzzifikasi* [12]. Dari data-data yang tersebut, didapatkan batasan untuk masing-masing variabel.

Tabel 4. Himpunan Data Prediksi

Variabel	Himpunan	Value
Luas Lahan (ha)	Kecil	1000
	Besar	125000
Curah Hujan (mm)	Rendah	100
	Sedang	300
	Tinggi	500
Hasil Panen (Ton/GKP)	Berkurang	7000
	Bertambah	170000

Pembentukan variabel, dan penentuan nilai yang telah dilakukan, selanjutnya dilakukan proses *fuzzifikasi* yang pertama.

A. Input

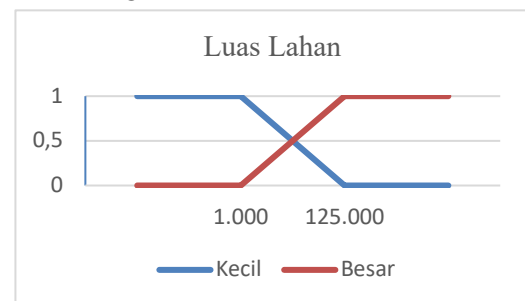
Di dalam contoh perhitungan yang akan dijelaskan kecamatan yang digunakan adalah kecamatan Haurgeulis tahun 2022 dengan variabel untuk dimasukkan menggunakan fungsi keanggotaan representasi linier yaitu luas lahan sawah yang ditanami sebesar 8812 ha, dan curah hujan yang terjadi sebesar 370 mm.

B. Fuzzifikasi

Proses *Fuzzifikasi* merupakan proses konversi masukan sistem dari nilai tegas menjadi himpunan *fuzzy* dan menentukan tingkat keanggotaannya [13]. Dari variabel-variabel *input* tersebut, dilakukan proses penyelesaian untuk mencari nilai fungsi keanggotaan.

1) Variabel Luas Lahan

Variabel luas lahan yang terdiri dari dua himpunan, yaitu kecil dengan *value* 1000 dan besar dengan *value* 125000.



Gambar 3. Grafik Derajat Keanggotaan Luas Lahan

Derajat keanggotaan luas lahan kecil

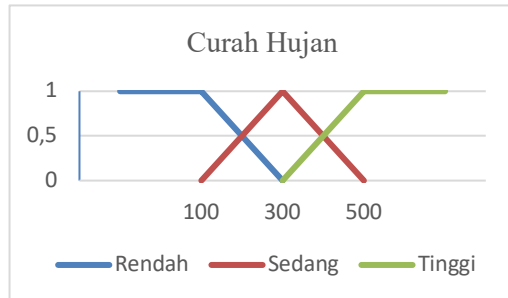
$$\mu_{\text{kecil}}[8812] = \frac{125000 - 8812}{125000 - 1000} = 0,937$$

Derajat keanggotaan luas lahan besar

$$\mu \text{ besar } [8812] = \frac{8812-1000}{125000-1000} = 0,063$$

2) Variabel Curah Hujan

Variabel curah hujan yang terdiri dari tiga himpunan, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. *Membership* atau fungsi keanggotaannya.



Gambar 4. Grafik Derajat Keanggotaan Curah Hujan

Derajat keanggotaan curah hujan rendah.

$$\mu \text{ rendah } [370] = 0$$

Derajat keanggotaan curah hujan sedang.

$$\mu \text{ sedang } [370] = \frac{500-370}{500-300} = 0,65$$

Derajat keanggotaan curah hujan tinggi.

$$\mu \text{ tinggi } [370] = \frac{370-300}{500-300} = 0,35$$

3) Variabel Hasil Panen

Variabel hasil panen yang terdiri dari dua himpunan, yaitu berkurang dan bertambah. *Membership* atau fungsi keanggotaannya.



Gambar 5. Grafik Derajat Keanggotaan Hasil Panen

Penentuan prediksi menggunakan *fuzzy tsukamoto* dalam penelitian ini bertujuan untuk mencari nilai z (hasil panen). Untuk mencari nilai z , maka langkah selanjutnya adalah melakukan inferensi *fuzzy*.

C. Inferensi

Tahapan inferensi memiliki tujuan menerbitkan *rules* dari logika *fuzzy* [14]. Dalam metode *tsukamoto*, setiap hasil aturan harus dinyatakan

dalam bentuk *IF-THEN* dengan himpunan *fuzzy* menggunakan fungsi keanggotaan monoton [15]. Dari kedua variabel *input* yang telah didefinisikan, setelah melakukan analisis data terhadap batas masing-masing himpunan *fuzzy* pada setiap variabel, terbentuklah enam aturan *fuzzy* yang akan digunakan dalam sistem ini.

[R1] IF Luas Lahan KECIL **AND** Curah Hujan RENDAH **THEN** Hasil Panen BERKURANG

[R2] IF Luas Lahan KECIL **AND** Curah Hujan SEDANG **THEN** Hasil Panen BERKURANG

[R3] IF Luas Panen KECIL **AND** Curah Hujan TINGGI **THEN** Hasil Panen BERTAMBAH

[R4] IF Luas Lahan BESAR **AND** Curah Hujan RENDAH **THEN** Hasil Panen BERKURANG

[R5] IF Luas Lahan BESAR **AND** Curah Hujan SEDANG **THEN** Hasil Panen BERTAMBAH

[R6] IF Luas Lahan BESAR **AND** Curah Hujan TINGGI **THEN** Hasil Panen BERTAMBAH

Dari aturan-aturan tersebut, nilai (z) untuk setiap aturan dihitung menggunakan fungsi (MIN) dengan penerapan fungsi implikasi yang mewakili tahap inferensi.

[R1] IF Luas Lahan KECIL **AND** Curah Hujan RENDAH **THEN** Hasil Panen BERKURANG.

α -predikat

$$= \mu_{\text{KECIL}}(x) \cap \mu_{\text{RENDAH}}(x) \quad (1)$$

$$= \min (\mu_{\text{KECIL}}[8812] ; \mu_{\text{RENDAH}}[370])$$

$$= \min (0,937 ; 0)$$

$$= 0$$

Lihat himpunan Hasil Panen BERKURANG, Nilai $Z_1 = 170000$

[R2] IF Luas Lahan KECIL **AND** Curah Hujan SEDANG **THEN** Hasil Panen BERKURANG

α -predikat₂

$$= \mu_{\text{KECIL}}(x) \cap \mu_{\text{SEDANG}}(x) \quad (2)$$

$$= \min (\mu_{\text{KECIL}}[8812] ; \mu_{\text{SEDANG}}[370])$$

$$= \min (0,937 ; 0,65)$$

$$= 0,65$$

Lihat himpunan Hasil Panen BERKURANG, Nilai Z_2

$$\mu(z) = \frac{170000 - Z_2}{170000 - 7000}$$

$$0,65 = \frac{170000 - Z_2}{163000}$$

$$0,65 \times 163000 = 170000 - Z_2$$

$$Z_2 = 170000 - 105950$$

$$= 64050$$

[R3] **IF** Luas Lahan KECIL **AND** Curah Hujan TINGGI **THEN** Hasil Panen BERTAMBAH α -predikat₃

$$\begin{aligned} &= \mu_{\text{KECIL}}(x) \cap \mu_{\text{TINGGI}}(x) \\ &= \min(\mu_{\text{KECIL}}[8812]; \mu_{\text{TINGGI}}[370]) \\ &= \min(0,937; 0,35) \\ &= 0,35 \end{aligned} \quad (3)$$

Lihat himpunan Hasil Panen BERTAMBAH, Nilai Z_3

$$\begin{aligned} \mu(z) &= \frac{Z_3 - 7000}{170000 - 7000} \\ 0,35 &= \frac{Z_3 - 7000}{163000} \\ 0,35 \times 163000 &= Z_3 - 7000 \\ Z_3 &= 57050 + 7000 \\ &= 64050 \end{aligned}$$

[R4] **IF** Luas Lahan BESAR **AND** Curah Hujan RENDAH **THEN** Hasil Panen BERKURANG α -predikat₄

$$\begin{aligned} &= \mu_{\text{BESAR}}(x) \cap \mu_{\text{RENDAH}}(x) \\ &= \min(\mu_{\text{BESAR}}[8812]; \mu_{\text{RENDAH}}[370]) \\ &= \min(0,063; 0) \\ &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Lihat himpunan Hasil Panen BERKURANG, Nilai $Z_4 = 170000$

[R5] **IF** Luas Lahan BESAR **AND** Curah Hujan SEDANG **THEN** Hasil Panen BERTAMBAH α -predikat₅

$$\begin{aligned} &= \mu_{\text{BESAR}}(x) \cap \mu_{\text{SEDANG}}(x) \\ &= \min(\mu_{\text{BESAR}}[8812]; \mu_{\text{SEDANG}}[370]) \\ &= \min(0,063; 0,65) \\ &= 0,063 \end{aligned} \quad (5)$$

Lihat himpunan Hasil Panen BERTAMBAH, Nilai Z_5

$$\begin{aligned} \mu(z) &= \frac{Z_5 - 7000}{170000 - 7000} \\ 0,063 &= \frac{Z_5 - 7000}{163000} \\ 0,063 \times 163000 &= Z_5 - 7000 \\ Z_5 &= 10269 + 7000 \\ &= 17269 \end{aligned}$$

[R6] **IF** Luas Lahan BESAR **AND** Curah Hujan TINGGI **THEN** Hasil Panen BERTAMBAH α -predikat₆

$$\begin{aligned} &= \mu_{\text{BESAR}}(x) \cap \mu_{\text{TINGGI}}(x) \\ &= \min(\mu_{\text{BESAR}}[8812]; \mu_{\text{TINGGI}}[370]) \\ &= \min(0,063; 0,35) \\ &= 0,063 \end{aligned} \quad (6)$$

Lihat himpunan Hasil Panen BERTAMBAH, Nilai Z_6

$$\begin{aligned} \mu(z) &= \frac{Z_6 - 7000}{170000 - 7000} \\ 0,063 &= \frac{Z_6 - 7000}{163000} \\ 0,063 \times 163000 &= Z_6 - 7000 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Z_3 &= 10269 + 7000 \\ &= 17269 \end{aligned}$$

D. Defuzzifikasi

Proses *defuzzifikasi* digunakan untuk mencari nilai *output* berdasarkan fungsi keanggotaan yang dibentuk. *Defuzzifikasi* merupakan metode yang penting metode yang digunakan adalah rata-rata (*Average*)

$$\begin{aligned} Z^* &= \frac{\sum_i^n a_{\text{predikat}_i} \cdot z_i}{\sum_i^n a_{\text{predikat}_i}} \\ Z^* &= \frac{(0 \times 170000) + (0,65 \times 64050) + (0,35 \times 64050) + (0 \times 170000) + (0,063 \times 17269) + (0,063 \times 17269)}{(0 + 0,65 + 0,35 + 0 + 0,063 + 0,063)} \\ Z^* &= \frac{66225,894}{1,126} = 58815,181172291 \end{aligned} \quad (7)$$

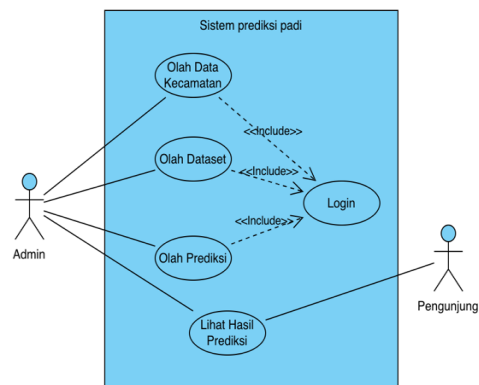
Sehingga prediksi hasil panen padi di kecamatan Haurgeulis sebanyak 58815, 181172291. Proses perhitungan metode *tsukamoto* yang sama juga diterapkan pada kecamatan lain di Kabupaten Indramayu, sehingga menjadi acuan dalam tahap selanjutnya yaitu membuat *prototype*.

3.3 Prototyping Sistem

Dengan selesainya proses perhitungan menggunakan *fuzzy tsukamoto*, tahapan selanjutnya dalam penelitian ini yaitu melakukan pembuatan *prototype system*, dimana aturan-aturan yang sudah dibentuk di implementasikan kedalam bentuk perangkat lunak sehingga dapat digunakan oleh *user*.

A. Perancangan Use Case Sistem

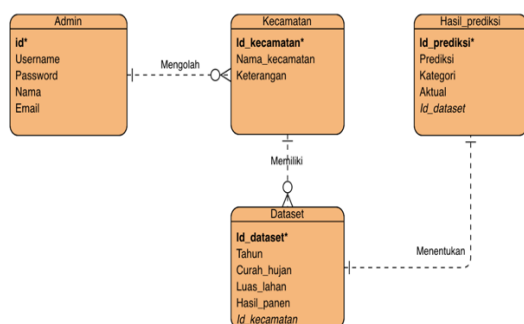
Di dalam *use case* diagram yang dibuat, terdapat dua *actor* yang terdiri dari admin sebagai pengelola sistem yang dapat mengolah data kecamatan, *dataset*, olah prediksi, dan melihat hasil prediksi panen padi, serta *actor* pengunjung yang dapat melihat hasil prediksi yang dilakukan sistem.



Gambar 6. Use Case Sistem

B. Perancangan Database

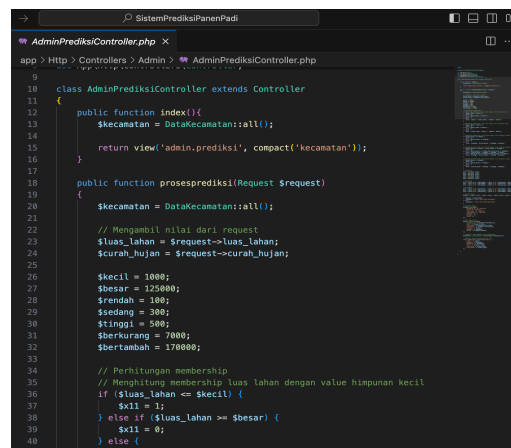
Perancangan *database* digunakan untuk menentukan isi dan pengaturan data yang dibutuhkan untuk mendukung sistem, tujuannya untuk memenuhi informasi yang berisikan pengguna secara khusus dan implementasinya [16]. Perancangan *database* menggunakan diagram *ERD* sebagai alat bantu dalam pembuatan *database* dan memberikan gambaran bagaimana penyimpanan data yang akan dibuat [17]. Pembuatan *database* digunakan untuk menyimpan data-data yang digunakan dalam melakukan prediksi panen padi, baik data admin, kecamatan, *dataset*, dan hasil prediksi yang telah dilakukan.



Gambar 7. ERD Sistem Prediksi

C. Pemrograman Pada Framework Laravel

Untuk mempertegas hasil perhitungan *fuzzy tsukamoto*, perlu diimplementasikan dalam bentuk aplikasi yang dibuat. Dalam pengimplementasian kedalam Bahasa pemrograman, *framework* yang digunakan adalah *Laravel* yang mendukung pengembangan berbasis web dan menggunakan konsep *model view controller (MVC)* dan *routing* sehingga *controller* tidak langsung menerima *request* [18].



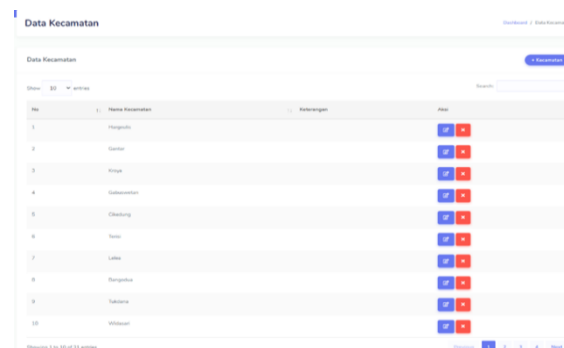
Gambar 8. Source Prediksi Pada Laravel

3.4 Hasil

Perhitungan prediksi panen yang dilakukan menggunakan *fuzzy tsukamoto*, dan pembuatan kode program sesuai logika *fuzzy* yang telah dibuat menggunakan *framework Laravel*, selanjutnya mendapatkan hasil dengan *platform web*. Sistem yang berbentuk *web* juga digunakan untuk melakukan validasi *output fuzzy* dalam menentukan prediksi.

A. Pengguna Admin

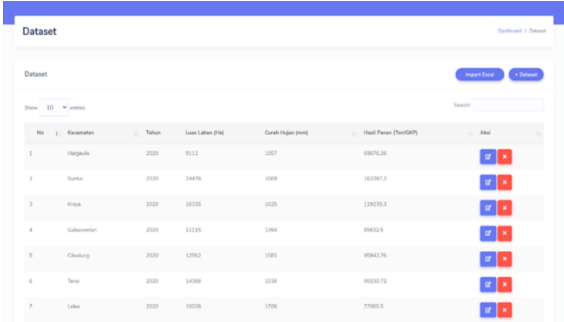
Pengguna *admin* diwajibkan melakukan *login* sebelum menggunakan sistem prediksi panen padi ini. Setelah *login admin* akan melakukan Kelola data kecamatan dengan menambahkan kecamatan yang terdapat di Kab. Indramayu. Selain itu terdapat juga menu ubah dan hapus data kecamatan dimana secara wilayah terdapat 31 kecamatan yang berada di wilayah Kabupaten Indramayu.



Gambar 9. Kelola Data Kecamatan

Setelah menambahkan data kecamatan, *admin* dapat masuk pada halaman kelola *dataset* untuk menambahkan data berupa tahun, luas lahan, curah hujan, dan hasil panen. *Dataset* juga dapat dimasukan menggunakan menu *import data*

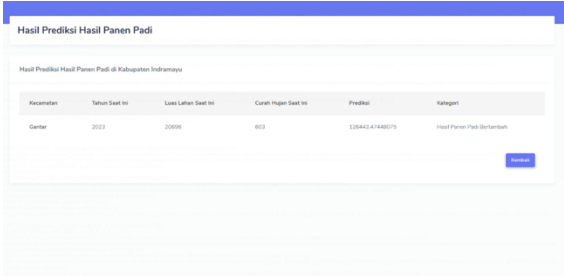
dengan format *excel*. *Import* data ini bertujuan untuk memudahkan admin dalam memasukan *dataset* ke dalam sistem.



No	Kecamatan	Tahun	Luas Lahan (Ha)	Curah Hujan (mm)	Hasil Panen (Ton/GKP)	Aksi
1	Hargodis	2020	5112	1057	10670.26	[Edit] [Hapus]
2	Gantar	2020	14476	1089	163397.2	[Edit] [Hapus]
3	Krua	2020	10205	1025	120239.2	[Edit] [Hapus]
4	Galasekani	2020	11115	1084	99632.5	[Edit] [Hapus]
5	Cikidang	2020	17562	1081	98942.76	[Edit] [Hapus]
6	Nela	2020	14005	1036	90230.72	[Edit] [Hapus]
7	Lela	2020	10076	1064	77065.5	[Edit] [Hapus]

Gambar 10. Kelola *Dataset*

Halaman proses prediksi digunakan untuk melakukan prediksi panen padi berdasarkan data kecamatan yang telah disimpan di dalam *database*. Langkah selanjutnya setelah admin memilih kecamatan, admin memasukan tahun saat ini, luas lahan, dan curah hujan saat ini. Setelah itu tombol *submit* digunakan untuk memproses hasil prediksi panen padi. Hasil prediksi yang dilakukan akan tampil seperti halaman berikut.



Kecamatan	Tahun Saat Ini	Luas Lahan Saat Ini	Curah Hujan Saat Ini	Prediksi	Kategori
Gantar	2020	20000	800	128412.414480175	Hasil Panen Padi Berlebihan

Gambar 11. Halaman Proses Prediksi

Setelah variabel-variabel input yang diperlukan untuk melakukan prediksi panen padi menggunakan metode *fuzzy tsukamoto* disimpan kedalam sistem, dan *admin* melakukan proses prediksi. Maka *admin* dapat melihat hasil prediksi secara keseluruhan pada halaman lihat hasil prediksi yang juga bisa diakses oleh pengunjung *web*.

B. Pengunjung

Pengunjung merupakan *actor* selain *admin* yang dapat melihat hasil prediksi panen padi yang telah dilakukan oleh sistem menggunakan metode *fuzzy tsukamoto*. Pengunjung tidak perlu melakukan *login* kedalam sistem, karena

sifatnya hanya melihat hasil pemrosesan yang dilakukan sistem prediksi panen padi.



Kecamatan	2020	2021	2022	Prediksi 2023	Kategori
Hargodis	49076.26	54772.8	40138.3	58815.181172291	Berkurang
Gantar	163397.2	126485.37	143691	126443.474480175	Berkurang
Krua	110239.2	128447.4	102025.6	137784.00202274	Bertambah
Galasekani	85432.5	85467.5	93844.7	83308.472720002	Berkurang
Cikidang	95942.76	94338.53	94104.06	32056.609541129	Berkurang
Nela	90230.72	114900.6	111162.35	38416.386228777	Berkurang
Lela	77065.5	75495.44	73711.28	31985.508795771	Berkurang
Bongoran	47409.846	46492.53	44719.22	13474.7905012	Berkurang
Tekalon	97146.68	56861.37	10174.31	43967.300056089	Berkurang
Wadisan	42291.6	37902.21	44251.95	13496.979797695	Berkurang
Korluamaya	50532.74	43871.25	46875.08	33814.471893287	Berkurang
Subagunwang	38933.11	27644.38	38806.26	362712281700006	Berkurang
Krangrang	55942.8	61337.79	65618.12	58106.41000041	Berkurang
Karangasari	32487.27	32382.31	29994.24	35775.600377781	Bertambah
Kudatir Bander	34019.33	32917.35	31917.2	35675.600618173	Bertambah
Jumintunai	41325.48	42081.03	46466.13	87784.611712656	Bertambah
Sitang	44016.09	43463.26	42714.09	35489.503151623	Berkurang
Jatibon	43008.09	43647.68	43474.6	44462.710060584	Bertambah
Makung	28386.7	28195.62	27012.04	14121.404553438	Bertambah
Indramayu	24488.56	24376.7	28275.9	32947.272321424	Bertambah
Sidang	31705.33	29845.54	23534.95	53265.520797887	Bertambah
Candig	27817.68	17305.21	29176.5	53496.739314261	Bertambah
Pasukan	12247.24	12183.13	12700.09	52366.320987624	Bertambah
Luhutan	36385.7	37348.4	37668.09	74612.572097544	Bertambah
Akahan	36136.8	36903.38	36160.74	54081.191116225	Bertambah
Lumajang	74967.42	43832.41	72475.03	88416.545721408	Bertambah
Karangasari	49544.43	40235.09	43414.91	30002.751318964	Berkurang
Bongas	55413	58064.4	54627	90048.818551148	Bertambah
Anjutan	87776.65	86776.84	85490	33302.771301792	Berkurang
Nela	91460.089	90946.71	90789.76	43417.480077977	Berkurang
Panai	46827.3334	44466.38	48007.57	87029.490720119	Bertambah

Gambar 12. Halaman Hasil Prediksi

Tabel hasil panen padi (Ton/GKB) yang dihasilkan dari proses prediksi panen padi menggunakan *fuzzy tsukamoto*, menampilkan data kecamatan, tahun, prediksi, dan kategori. Berdasarkan data yang ditampilkan dari 31 kecamatan yang terdapat di Kabupaten Indramayu, terdapat 16 kecamatan yang mengalami penurunan produksi panen padi, dan 15 kecamatan mengalami peningkatan atau bertambah produksi panen padi.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dalam penerapan metode *fuzzy tsukamoto* untuk memprediksi hasil panen padi di Kabupaten Indramayu, untuk dapat melakukan proses perhitungan menggunakan logika *fuzzy* menggunakan data yang digunakan untuk variabel dalam himpunan *fuzzy* diantaranya luas lahan, curah hujan, dan hasil panen yang digunakan dari tahun 2020 sampai 2023. Variabel luas lahan terdiri dari dua himpunan yaitu kecil besar, variabel curah hujan dengan himpunan rendah, sedang, tinggi, serta variabel hasil panen dengan himpunan bertambah dan berkurang. Variabel-variabel tersebut kemudian dianalisis menggunakan logika *fuzzy tsukamoto*, dan menghasilkan enam *rules*, kemudian dilakukan *defuzzifikasi* untuk memperoleh nilai *output* berdasarkan fungsi keanggotaan. Setelah proses logika *fuzzy tsukamoto* selesai, untuk membuktikan aturan dan proses *output* yang dibuat, maka proses selanjutnya adalah menerapkannya dengan membuat *database* untuk menyimpan *dataset*, dan implementasi logika ke dalam bahasa pemrograman berbasis

web menggunakan *framework Laravel*, sehingga admin dapat melakukan proses prediksi yang hasilnya dapat dilihat oleh pengunjung system, dimana informasi yang ditampilkan berupa data panen dan prediksinya, serta termasuk kedalam kategori bertambah atau berkurang pada setiap kecamatan di Kabupaten Indramayu.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Politeknik Negeri Indramayu atas dukungannya dalam proses penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Ardiyanot, E. Radiah, H. Firmansyah, "Household's Rice Reserve and its Correlation to Food Security of Tidal Swampland Rice Farmer in Simpang Warga Dalam Village, Aluh-Aluh Sub-District, Banjar District.", *Frontier Agribisnis*, vol.3(4), pp. 67-75. 2019
- [2] Badan Pusat Statistik Jawa Barat. "Produksi Padi Menurut Kabupaten/Kota (Ton), 2021-2023". Internet: www.jabar.bps.go.id/indicator/53/52/1/produksi-padi-menurut-kabupaten-kota.html. [Mei. 24, 2024]
- [3] M. Wahyudi Priyatno, H. Toiba, R. Hartono, "Strategi Adaptasi Perubahan Iklim: Faktor Yang Mempengaruhi Dan Manfaat Penerapannya", *Jurnal Ekonomi Pertanian dan Agribisnis (JEPA)*., vol. 5, pp. 1169–1178, 2021.
- [4] R. Randika, M. Sidik, dan D. Y. Peroza, "Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produksi Padi Sawah di Desa Sepang Kecamatan Pampangan Kabupaten Oki", *SOCIETA* vol. 10, no. 2, pp. 66–71, 2021.
- [5] B. Wicaksono, A. Febrianto, L. Monika, fan S. Arifin, "Sistem Pendukung Keputusan Jumlah Produksi Dengan Metode Fuzzy," *JURIHUM: Jurnal Inovasi dan Humaniora*, vol. 1, no. 1, pp. 105-115, 2023.
- [6] L. Sapura, A. Sinaga, F Siahaan "Penerapan Sistem Fuzzy Tsukamoto Dalam Memperkirakan Hasil Produksi Padi", *BRAHMANA: Jurnal Penerapan Kecerdasan Buatan*, vol. 1, no. 2, pp. 126–130, 2020.
- [7] S. Nurkasanah, A. Prasetyo, M. B. Setyawan, dan H. Artikel, "Implementasi Logika Fuzzy Untuk Prediksi Hasil Panen Padi Dengan Metode Tsukamoto", *Jurnal Rekayasa Teknologi dan Komputasi*, vol. 1, no. 1, pp. 23-36, 2022.
- [8] R. K. Putra, Y. A. Pranoto, dan J. Dedy Irawan, "Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Menentukan Siswa Teladan Berbasis Web Di Sd Kristen Kalam Kudus Malang," *JATI (Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika)*, vol.6, no.2. pp. 1162-1166, 2022.
- [9] C. Rizal and B. Fachri, "Implementasi Model Prototyping Dalam Perancangan Sistem Informasi Desa", *RESOLUSI: Rekayasa Teknik Informatika dan Informasi*, vol.3, no. 3, pp. 52-57, 2023.
- [10] A. Yani, Z. Zenuddin, H. Hambali, R. Muslim, and B. Imran "Decision Support System Of Rewarding On Lecturer Performance Using Fuzzy Tsukamoto Method Case Study At Mataram University Of Technology" *Jurnal Pilar Nusa Mandiri*, vol. 18, no. 2, pp. 131–138, Sep. 2022.
- [11] U. Haryoko et al., "Analisis Bulan Juli 2022", *Buletin Informasi Iklim (Agustus 2022)*, G pp. 3.
- [12] D. Norvindes Dellas, I. Purnamasari, and N. A. Rizki, "Fuzzy Inference System Menggunakan Metode Tsukamoto untuk Pengambilan Keputusan Produksi (Studi Kasus: PT Waru Kaltim Plantation)", *76 METIK URNAL*, vol. 2, no.2, p. 76-82, 2020.
- [13] Y. Ferdiansyah dan N. Hidayat, "Implementasi Metode Fuzzy-Tsukamoto Untuk Diagnosis Penyakit Pada Kelamin Laki Laki", *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer*, vol. 2, No. 12, pp. 7516-7520 Desember 2018.
- [14] C. F. Wijaya, L. Magdalena, dan R. Ilyasa, "Sistem Prediksi Kondisi Kesehatan Pasien Penderita Talasemia dengan Menggunakan Logika Fuzzy Tsukamoto", *Jurnal Teknik Informatika dan Sistem Informasi*, vol. 7, no. 3, pp. 565-582, Dec. 2021.
- [15] U. Darwan et al., "Penerapan Logika Fuzzy Tsukamoto untuk Memprediksi

Curah Hujan di Kabupaten Kotawaringin Timur” , EJECTS : E-Journal Computer, Technology and Informations System, vol.1 no.2, pp 78-86, Maret 2022.

- [16] D. Farhan and F. Sulianta, “Implementation Of Fuzzy Tsukamoto Logic To Determine The Number Of Seeds Koi Fish In The Sukamanah Cianjur Farmer’S Group”, Jurnal Teknik Informatika (JUTIF), vol. 4, no. 1, pp. 187–198, 2023.
- [17] K. ’ Afiifah, Z. Fira Azzahra, A. D. Anggoro, “Analisis Teknik Entity-Relationship Diagram dalam Perancangan Database: Sebuah Literature Review”, JURNAL INTECH, vol. 3, no. 1, pp. 8–11, 2022.
- [18] D. Purnama Sari, R. Wijanarko, dan J. X. Menoreh Tengah, “Implementasi Framework Laravel pada Sistem Informasi Penyewaan Kamera (Studi Kasus Di Rumah Kamera Semarang)”, Jurnal Informatika dan RPL, vol. 2, no. 1, pp. 32–36, 2019.