

Sistem Prediksi Produksi Kayu Lapis Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto Berbasis Web

Vani Rahayu^{1,*}, Anita Fira Waluyo²

Program Studi Informatika, Universitas Teknologi Yogyakarta, Indonesia

¹vani.5210411230@student.uty.ac.id; ²anitafira@uty.ac.id

* penulis korespondensi

INFO ARTIKEL

Sejarah Artikel

Diterima: 22 Oktober 2024
Direvisi: 14 November 2024
Diterbitkan: 12 Desember 2024

Kata Kunci

Kayu Lapis
Logika Fuzzy
Tsukamoto
Website

ABSTRAK

Menentukan jumlah produksi yang tepat merupakan langkah penting bagi kesuksesan perusahaan karena dapat mempengaruhi profitabilitas, efisiensi operasional, dan kepuasan pelanggan. Jaya Vinere, sebagai salah satu pemain utama dalam industri pengolahan kayu, khususnya produksi kayu lapis, menghadapi risiko kelebihan atau kekurangan produksi tanpa adanya sistem prediksi yang akurat. Oleh karena itu, penelitian ini mengusulkan sebuah sistem prediksi produksi kayu lapis dengan menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto berbasis web untuk membantu Jaya Vinere dalam mengoptimalkan proses produksinya. Data untuk penelitian ini diperoleh melalui dokumentasi catatan penjualan, produksi, dan persediaan dari Jaya Vinere di daerah Wonosobo, meliputi 30 transaksi penjualan dari tanggal 19 Januari hingga 24 Maret 2024. Dengan data uji sebanyak 1500 pcs permintaan dan 500 pcs persediaan, hasil prediksi manual sebesar 569,1 pcs dan hasil prediksi sistem sebesar 570,10 pcs. Dengan selisih 1 pcs antara prediksi manual dan prediksi sistem, rata-rata persentase kesalahan absolut (MAPE) antara produksi yang diprediksi oleh model dengan output aktual berada di bawah 20%, yaitu sebesar 16,80%, dan akurasi 83,20%, maka dapat disimpulkan bahwa sistem prediksi produksi kayu lapis di Jaya Vinere relatif akurat dalam mengestimasi nilai aktual.

PENDAHULUAN

Prediksi produksi dalam industri manufaktur memegang peranan penting dalam mengoptimalkan proses produksi dan mengelola persediaan dengan efisien. Perencanaan jumlah produksi yang optimal, diharapkan pihak perusahaan akan menghasilkan jumlah produksinya sesuai dengan besarnya kebutuhan dan permintaan konsumen [1]. Prediksi menunjukkan apa yang akan terjadi pada suatu keadaan tertentu dan merupakan input bagi proses perencanaan dan pengambilan Keputusan [2]. Jaya Vinere sebagai perusahaan pengolahan kayu belum memiliki sistem prediksi produksi yang akurat. Hal ini menyebabkan sering terjadinya ketidaksesuaian antara volume produksi dengan permintaan pasar. Tanpa adanya sistem prediksi yang baik, perusahaan berisiko mengalami kerugian finansial akibat kelebihan atau kekurangan produksi. Penelitian ini penting untuk membantu perusahaan mengelola produksi secara efisien, menekan biaya, dan menjaga kepuasan pelanggan.

Beberapa penelitian yang relevan dan dijadikan acuan dalam penelitian ini, salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Rifai et al. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa aplikasi perhitungan jumlah produksi menggunakan metode *fuzzy* Sugeno teruji menghasilkan nilai kebenaran sebesar 99.9876%, mendekati nilai perhitungan manual dengan tingkat kesalahan 0.0124%. Namun penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan,



sistem database belum mampu menyimpan data input pengguna dan tidak memungkinkan pengurutan database untuk menentukan nilai semesta perhitungan secara otomatis [3].

Penelitian lain oleh Muhamad et al. Pada penelitian ini disimpulkan bahwa metode *fuzzy* model Chen efektif dalam menentukan jumlah produksi, menghasilkan pengurangan tingkat kerugian hingga 57%. Penerapannya dalam Sublime Text dengan bahasa pemrograman Java menunjukkan hasil yang konsisten dengan perhitungan di *Microsoft Excel* (3453,5). Sistem ini membantu pengelola dalam membuat perencanaan prediksi kunjungan pasien rawat jalan secara lebih efektif dan efisien [4]. Penelitian oleh Reynaldi et al, penelitian ini menunjukkan bahwa metode Fuzzy Tsukamoto efektif dalam memprediksi harga mobil bekas *Toyota Avanza* 2004-2010 dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi (8%) dibandingkan metode Sugeno (38%). Namun, diperlukan kajian lebih lanjut untuk mengoptimalkan algoritma dan fungsi keanggotaan derajat *fuzzy* untuk meningkatkan akurasi prediksi di masa depan [5].

Berdasarkan kajian terhadap penelitian-penelitian sebelumnya, peneliti memutuskan untuk mengadopsi konsep yang serupa dengan penelitian Rifai et al. Namun, penelitian ini berfokus pada prediksi produksi dengan menggunakan metode yang berbeda, yaitu metode Fuzzy Tsukamoto. Metode Fuzzy Tsukamoto dipilih dibanding metode *fuzzy* lainnya, seperti Sugeno atau Mamdani, karena memiliki mekanisme yang menghasilkan output crisp yang lebih sesuai untuk perhitungan akurat. Tsukamoto juga relatif lebih mudah diterapkan dalam konteks prediksi produksi, karena aturan-aturannya yang lebih sederhana namun tetap efektif untuk menghasilkan prediksi yang akurat. Penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa metode ini memiliki tingkat akurasi yang lebih tinggi dibandingkan metode *fuzzy* lain dalam kasus prediksi yang serupa. Peneliti akan membandingkan hasil perhitungan sistem dengan perhitungan manual untuk menilai efektivitasnya. Selain itu, penelitian ini juga akan mengatasi keterbatasan yang ditemukan pada penelitian terdahulu dengan merancang input pengguna pada situs web yang dapat tersimpan dalam database dan memungkinkan pembaruan data secara dinamis.

METODE

Fuzzy Tsukamoto

Sistem inferensi Fuzzy Tsukamoto adalah salah satu metode dalam logika *fuzzy* yang dikembangkan oleh Lotfi A. Zadeh. Metode ini digunakan untuk mengubah pemikiran manusia menjadi aturan-aturan *fuzzy* yang dapat diterapkan dalam sistem cerdas. Sistem inferensi Fuzzy Tsukamoto menggunakan variabel linguistik dan aturan-aturan *fuzzy* untuk menghubungkan input dengan output. Berikut adalah langkah-langkah umum dalam sistem inferensi Fuzzy Tsukamoto [6] [7].

- Fuzzifikasi: Langkah pertama dalam sistem inferensi Fuzzy Tsukamoto adalah mengubah input *crisp* (*non-fuzzy*) menjadi variabel linguistik.
- Pembentukan aturan: Setelah variabel-variabel input diubah menjadi variabel linguistik, aturan-aturan *fuzzy* dibentuk berdasarkan pemikiran manusia.
- Evaluasi aturan: Langkah berikutnya adalah mengevaluasi aturan-aturan *fuzzy* berdasarkan nilai keanggotaan input. Persamaan (1) adalah rumus linear fungsi keanggotaan *fuzzy*:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \\ (x - a) / ((b - a)); & a \leq x \leq b \\ 1; & x \geq b \end{cases} \quad (1)$$

Dimana $\mu(x)$ merupakan nilai fungsi keanggotaan untuk setiap nilai x , a merupakan nilai batas bawah, dan b merupakan nilai batas atas.

- d. Agregasi: Setelah nilai kontribusi dari setiap aturan dievaluasi, langkah selanjutnya adalah mengagregasi nilai-nilai tersebut menjadi satu nilai yang tunggal.
- e. Defuzzifikasi: Langkah terakhir adalah mengubah nilai *fuzzy* yang dihasilkan menjadi nilai *crisp* untuk output. Rumus defuzzifikasi adalah sebagaimana Persamaan (2):

$$z = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i \cdot z_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i} \quad (2)$$

Dengan z adalah hasil defuzzifikasi, n adalah jumlah aturan (*rules*) *fuzzy*. μ_i adalah nilai keanggotaan *fuzzy* pada hasil dari aturan ke- i , dan z_i adalah nilai output dari aturan ke- i yang diperoleh setelah inference.

Pengumpulan Data

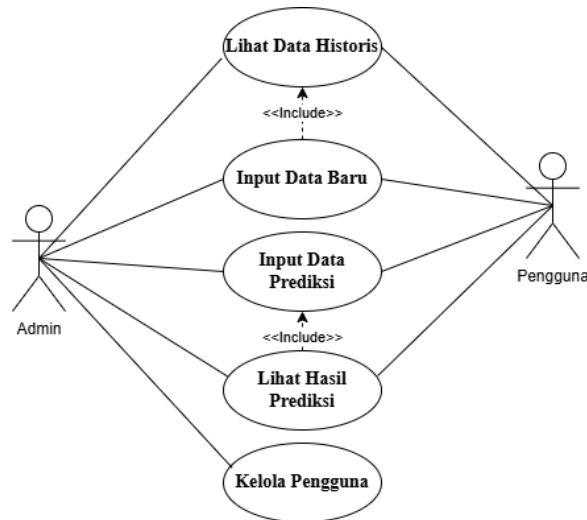
Metode dokumentasi dalam pengumpulan data adalah cara yang ditempuh peneliti untuk mengumpulkan data sebanyak-banyaknya dari berbagai media cetak yang dapat dijadikan referensi petunjuk dalam penelitian [8]. Pengumpulan data dari Jaya Vinere di daerah Wonosobo mencakup data penjualan, produksi, dan persediaan. Data tersebut diperoleh dengan menyalin catatan yang sudah ada di Jaya Vinere. Data yang didapatkan mencakup 30 transaksi penjualan dalam rentang waktu 19 Januari hingga 24 Maret 2024. Data yang telah dikumpulkan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Penjualan, Permintaan dan Produksi

No	Permintaan	Produksi	Persediaan	Tanggal
1.	1200	650	900	1/19/2024
2.	900	700	350	1/20/2024
3.	1000	620	1970	1/24/2024
4.	900	520	1570	1/25/2024
5.	1000	534	1090	1/26/2024
6.	1207	415	2109	1/30/2024
7.	1100	416	2202	2/2/2024
8.	1000	500	2353	2/5/2024
9.	1000	415	3118	2/9/2024
10.	1000	415	2533	2/10/2024
11.	830	410	2358	2/12/2024
12.	1000	450	2858	2/15/2024
13.	1000	404	3615	2/19/2024
14.	1000	400	3439	2/21/2024
15.	1000	409	3251	2/23/2024
16.	760	453	2660	2/24/2024
17.	960	473	2827	2/26/2024
18.	560	438	2340	2/27/2024
19.	1000	500	2642	2/29/2024
20.	1000	530	2792	3/2/2024
21.	1207	483	3237	3/5/2024
22.	940	444	2513	3/6/2024
23.	2200	435	2856	3/9/2024
24.	1120	427	1514	3/11/2024
25.	1000	457	1636	3/14/2024
26.	1100	438	1501	3/16/2024
27.	1000	426	1294	3/18/2024
28.	1000	408	720	3/19/2024
29.	980	500	543	3/21/2024
30.	1000	620	1273	3/24/2024

Use Case

Use case diagram mengidentifikasi fungsionalitas yang dimiliki oleh sistem (*use case*), *user* yang berinteraksi dengan sistem (*actor*) dan asosiasi/keterhubungan antara *user* dengan fungsionalitas [9]. Gambar 1 adalah *use case* yang menjelaskan alur pengguna dari sistem ini.



Gambar 1. Use Case Diagram Sistem Prediksi

Berdasarkan Gambar 1, baik admin maupun pengguna memiliki kemampuan untuk berinteraksi dengan fitur-fitur sistem yang meliputi: melihat data historis, melakukan input data baru, melakukan input data prediksi, serta melihat hasil prediksi. Perbedaan mendasar antara admin dan pengguna terletak pada hak aksesnya, di mana admin memiliki otorisasi tambahan untuk mengakses menu pengelolaan pengguna, yang memungkinkan admin untuk mengelola pengguna dalam sistem.

Perhitungan Akurasi Sistem

Metode yang digunakan untuk menghitung akurasi sistem prediksi ini adalah MAPE. *Mean Absolute Percentege Error* (MAPE) adalah *mean* sebuah *error* atau rata-rata kesalahan persentase absolut dari perkiraan [10]. Berikut adalah rumus MAPE [11].

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|X_t - F_t|}{X_t} 100\% \quad (3)$$

Dimana X_t adalah data aktual pada periode ke t , F_t adalah nilai ramalan pada t periode ke, n adalah banyaknya periode waktu. Kriteria keakuratan MAPE yaitu jika $< 10\%$ maka ketepatan peramalan sangat baik, jika nilai MAPE antara $10\% - 20\%$ ketepatan peramalan baik, sedangkan nilai $20\% - 50\%$ ketepatan peramalan cukup, dan jika nilai MAPE $> 50\%$ maka ketepatan peramalan tidak akurat [12].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Manual

Perhitungan manual *Fuzzy Tsukamoto* digunakan sebagai pembanding hasil prediksi dengan yang dihasilkan oleh sistem. Berikut adalah langkah-langkah perhitungan *Fuzzy Tsukamoto*.

1. Pembentukan Himpunan *Fuzzy*

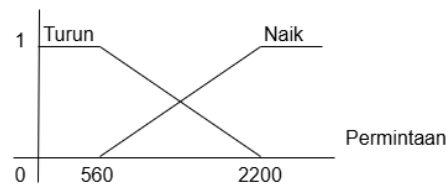
Terdapat 3 variabel yang akan digunakan pada perhitungan *fuzzy*, yaitu variabel persediaan dan permintaan sebagai input dan variabel produksi sebagai output dengan himpunan *fuzzy* sebagai berikut:

- Variabel Permintaan, terbagi menjadi 2 himpunan *fuzzy*, yaitu Turun dan Naik.
- Variabel Persediaan, terbagi menjadi 2 himpunan *fuzzy* yaitu, Sedikit dan Banyak.
- Variabel Produksi, terbagi menjadi 2 himpunan *fuzzy*, yaitu Berkurang dan Bertambah.

2. Fungsi Keanggotaan

Dari himpunan *fuzzy* yang telah ditentukan, dapat dibentuk fungsi keanggotaan sebagai berikut:

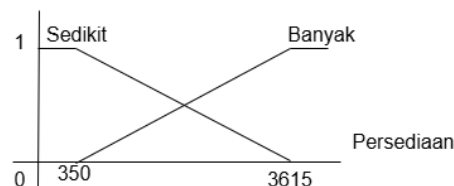
a. Variabel Permintaan



Gambar 2. Derajat Keanggotaan Variabel Permintaan

Berdasarkan Gambar 2, permintaan kurang dari 560 pcs masuk ke himpunan *fuzzy* Turun, penjualan lebih dari 2200 pcs masuk ke himpunan *fuzzy* Naik.

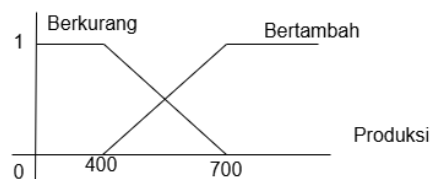
b. Variabel Persediaan



Gambar 3. Derajat Keanggotaan Variabel Persediaan

Dari Gambar 3, persediaan kurang dari 350 pcs masuk ke himpunan *fuzzy* Sedikit, persediaan lebih dari 3615 pcs masuk ke himpunan *fuzzy* Banyak.

c. Variabel Produksi



Gambar 4. Derajat Keanggotaan Variabel Produksi

Dari Gambar 4, produksi kurang dari 400 pcs masuk ke himpunan *fuzzy* berkurang, Produksi lebih dari 700 pcs masuk ke himpunan *fuzzy* bertambah.

3. Pembentukan Aturan Fuzzy

Terdapat 2 himpunan *fuzzy* pada masing-masing variabel, maka dapat dibentuk 4 aturan *fuzzy* sebagai berikut.

Aturan 1 : IF Permintaan TURUN AND Persediaan BANYAK THEN Produksi BERKURANG.

Aturan 2 : IF Permintaan TURUN AND Persediaan SEDIKIT THEN Produksi BERKURANG.

Aturan 3 : IF Permintaan NAIK AND Persediaan BANYAK THEN Produksi BERTAMBAH.

Aturan 4 : IF Permintaan NAIK AND Persediaan SEDIKIT THEN Produksi BERTAMBAH.

4. Nilai Keanggotaan

Data uji yang digunakan yaitu permintaan 1500 pcs dan persediaan 500 pcs. Untuk menghitung jumlah produksi, maka diperlukan nilai keanggotaan sebagaimana Persamaan (4):

$$\begin{aligned} \mu_{PermintaanTurun}[x] &= \begin{cases} 1, & x \leq 560 \\ \frac{2200 - x}{2200 - 560}, & 560 < x < 2200 \\ 0, & x \geq 2200 \end{cases} \quad (4) \\ \mu_{PermintaanNaik}[x] &= \begin{cases} 0, & x \leq 560 \\ \frac{x - 560}{2200 - 560}, & 560 < x < 2200 \\ 1, & x \geq 2200 \end{cases} \\ \mu_{PersediaanSedikit}[y] &= \begin{cases} 1, & y \leq 350 \\ \frac{3615 - y}{3615 - 350}, & 350 < y < 3615 \\ 0, & y \geq 3615 \end{cases} \\ \mu_{PersediaanBanyak}[y] &= \begin{cases} 0, & y \leq 350 \\ \frac{y - 350}{3615 - 350}, & 350 < y < 3615 \\ 1, & y \geq 3615 \end{cases} \\ \mu_{ProduksiBerkurang}[z] &= \begin{cases} 1, & z \leq 400 \\ \frac{700 - z}{700 - 400}, & 400 < z < 700 \\ 0, & z \geq 700 \end{cases} \\ \mu_{ProduksiBertambah}[z] &= \begin{cases} 0, & z \leq 400 \\ \frac{z - 400}{700 - 400}, & 400 < z < 700 \\ 1, & z \geq 700 \end{cases} \end{aligned}$$

Nilai keanggotaan:

$$\begin{aligned} \mu_{PermintaanTurun}[1500] &= \frac{2200 - 1500}{2200 - 560} = 0,43 \\ \mu_{PermintaanNaik}[1500] &= \frac{1500 - 560}{2200 - 560} = 0,57 \\ \mu_{PersediaanSedikit}[500] &= \frac{3615 - 500}{3615 - 350} = 0,95 \\ \mu_{PersediaanBanyak}[500] &= \frac{500 - 350}{3615 - 350} = 0,05 \end{aligned}$$

5. Defuzzifikasi

Fungsi MIN pada aplikasi fungsi implikasinya digunakan untuk mencari nilai z untuk setiap aturan. Berikut perhitungan untuk mencari nilai z.

[R1] IF Permintaan TURUN AND Persediaan BANYAK THEN Produksi BERKURANG;
 $\alpha_{predikat_1} = \mu_{PermintaanTurun} \cap \mu_{PersediaanBanyak}$

$$\begin{aligned}
&= \min(\mu_{PermintaanTurun}(1500), \mu_{PersediaanBanyak}(500)) \\
&= \min(0,43; 0,05) \\
&= 0,05
\end{aligned}$$

Lihat himpunan Produksi Barang BERKURANG,

$$\frac{700 - z}{700 - 400} = 0,05 \rightarrow z_1 = 685$$

[R2] IF Permintaan TURUN AND Persediaan SEDIKIT THEN Produksi BERKURANG.

$$\begin{aligned}
\alpha_{predikat_2} &= \mu_{PermintaanTurun} \cap \mu_{PersediaanSedikit} \\
&= \min(\mu_{PermintaanTurun}(1500), \mu_{PersediaanSedikit}(500)) \\
&= \min(0,43; 0,95) \\
&= 0,43
\end{aligned}$$

Lihat himpunan Produksi Barang BERKURANG,

$$\frac{700 - z}{700 - 400} = 0,43 \rightarrow z_2 = 571$$

[R3] IF Permintaan NAIK AND Persediaan BANYAK THEN Produksi BERTAMBAH.

$$\begin{aligned}
\alpha_{predikat_3} &= \mu_{PermintaanNaik} \cap \mu_{PersediaanBanyak} \\
&= \min(\mu_{PermintaanNaik}(1500), \mu_{PersediaanBanyak}(500)) \\
&= \min(0,57; 0,05) \\
&= 0,05
\end{aligned}$$

Lihat himpunan Produksi Barang BERTAMBAH,

$$\frac{z - 400}{700 - 400} = 0,05 \rightarrow z_3 = 415$$

[R4] IF Permintaan NAIK AND Persediaan SEDIKIT THEN Produksi BERTAMBAH.

$$\begin{aligned}
\alpha_{predikat_4} &= \mu_{PermintaanNaik} \cap \mu_{PersediaanSedikit} \\
&= \min(\mu_{PermintaanNaik}(1500), \mu_{PersediaanSedikit}(500)) \\
&= \min(0,57; 0,95) \\
&= 0,57
\end{aligned}$$

Lihat himpunan Produksi Barang BERTAMBAH,

$$\frac{z - 400}{700 - 400} = 0,57 \rightarrow z_4 = 571$$

Nilai z dapat dicari dengan cara sebagai berikut:

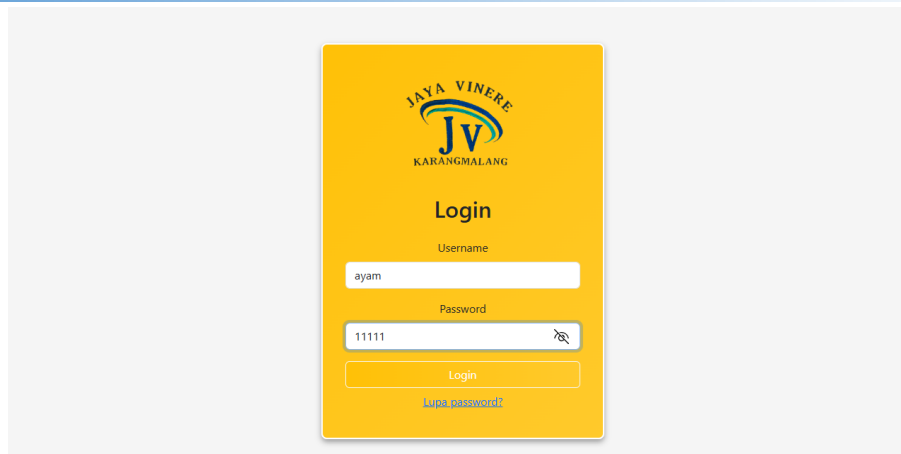
$$\begin{aligned}
z &= \frac{\alpha_{predikat_1} * z_1 + \alpha_{predikat_2} * z_2 + \alpha_{predikat_3} * z_3 + \alpha_{predikat_4} * z_4}{\alpha_{predikat_1} + \alpha_{predikat_2} + \alpha_{predikat_3} + \alpha_{predikat_4}} \quad (5) \\
z &= \frac{0,05 * 685 + 0,43 * 571 + 0,05 * 415 + 0,57 * 571}{0,05 + 0,43 + 0,05 + 0,57} \\
z &= \frac{626}{1,1} = 569,1
\end{aligned}$$

Jadi jumlah kayu lapis yang harus diproduksi sebanyak 569,1 pcs.

Implementasi Sistem

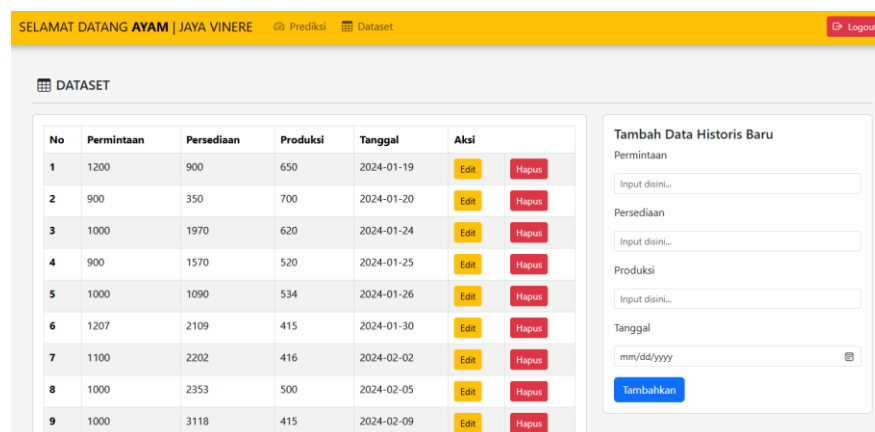
Pada tahap implementasi sistem akan dijelaskan cara kerja sistem yang telah dibuat. Sistem ini dibuat menggunakan beberapa perangkat lunak, seperti browser *Microsoft Edge*, bahasa pemrograman *PHP*, *XAMPP* sebagai web server, dan *MySQL* sebagai sistem manajemen database. Berikut adalah hasil implementasi pada sistem prediksi ini.

Halaman login sistem berisi form untuk login dan lupa password yang akan diarahkan menuju halaman reset password dengan dua pertanyaan terkait pengguna yang pernah diisi sebelumnya. Halaman login dapat dilihat pada Gambar 5.



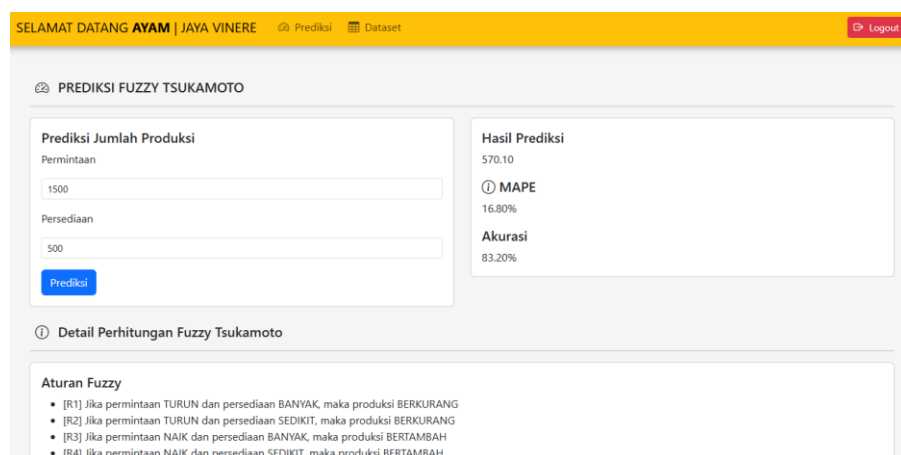
Gambar 5. Halaman Login

Halaman dataset berisi data permintaan, persediaan, dan produksi Jaya Vinere. Pada halaman ini pengguna dapat mengedit, menghapus, dan menambahkan data ke database. Halaman dataset dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Halaman Dataset

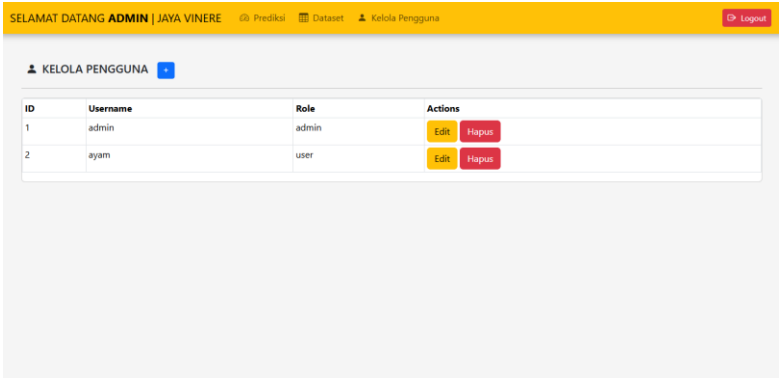
Halaman Prediksi berisi form untuk melakukan prediksi dengan data input permintaan dan persediaan. Pada halaman ini juga akan ditampilkan hasil prediksi, MAPE, akurasi, dan detail perhitungan fuzzy tsukamoto. Halaman prediksi dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Halaman Prediksi

Berbeda dengan pengguna yang hanya bisa mengakses halaman prediksi dan dataset, admin dapat mengakses halaman kelola pengguna yang dapat digunakan untuk menambah,

mengedit atau menghapus data pengguna yang tersimpan di database. Halaman kelola pengguna dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Halaman Kelola Pengguna

Detail perhitungan *fuzzy* Tsukamoto oleh sistem pada Gambar 7 dapat dilihat pada Gambar 9.

Detail Perhitungan Fuzzy Tsukamoto

Aturan Fuzzy

- [R1] Jika permintaan TURUN dan persediaan BANYAK, maka produksi BERKURANG
- [R2] Jika permintaan TURUN dan persediaan SEDIKIT, maka produksi BERKURANG
- [R3] Jika permintaan NAIK dan persediaan BANYAK, maka produksi BERTAMBAH
- [R4] Jika permintaan NAIK dan persediaan SEDIKIT, maka produksi BERTAMBAH

Nilai Keanggotaan

Permintaan (1500):

Turun - Naik = 560 - 2200

PermintaanTurun = 0.43

PermintaanNaik = 0.57

Persediaan (500):

Sedikit - Banyak = 350 - 3615

PersediaanSedikit = 0.95

PersediaanBanyak = 0.05

Produksi:

Berkurang - Bertambah = 400 - 700

Defuzzifikasi

Nilai Min predikat dan z:

- IF permintaan TURUN AND persediaan BANYAK THEN produksi BERKURANG, $\alpha_{\text{predikat}} = 0.05$, $z = 686.22$
- IF permintaan TURUN AND persediaan SEDIKIT THEN produksi BERKURANG, $\alpha_{\text{predikat}} = 0.43$, $z = 571.95$
- IF permintaan NAIK AND persediaan BANYAK THEN produksi BERTAMBAH, $\alpha_{\text{predikat}} = 0.05$, $z = 413.78$
- IF permintaan NAIK AND persediaan SEDIKIT THEN produksi BERTAMBAH, $\alpha_{\text{predikat}} = 0.57$, $z = 571.95$

Rumus:

$$z = \frac{\alpha_{\text{predikat}_1} * z_1 + \alpha_{\text{predikat}_2} * z_2 + \alpha_{\text{predikat}_3} * z_3 + \alpha_{\text{predikat}_4} * z_4}{\alpha_{\text{predikat}_1} + \alpha_{\text{predikat}_2} + \alpha_{\text{predikat}_3} + \alpha_{\text{predikat}_4}}$$

Nilai z = 570.10

Gambar 9. Detail Perhitungan Sistem

Berdasarkan Gambar 7 bagian prediksi jumlah produksi, data uji yang dimasukkan pada bagian prediksi sama seperti perhitungan manual, yaitu data uji permintaan 1500 pcs dan persediaan 500 pcs. Kemudian pada gambar 9 bagian detail perhitungan, dapat dilihat aturan *fuzzy* dari R1-R4. Permintaan terendah 560 pcs dan permintaan terbanyak 2200 pcs, kemudian persediaan terendah 350 pcs dan persediaan terbanyak 3615 pcs, serta produksi terendah 400 pcs dan produksi terbanyak 700 pcs. Dengan nilai keanggotaan permintaan turun 0,43, permintaan naik 0,57 persediaan sedikit, 0,95 persediaan banyak 0,05, dan

didapatkan hasil prediksi oleh sistem yaitu sebesar 570,10 pcs. Selain hasil perhitungan sistem terdapat perhitungan MAPE yang dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan MAPE

No	Produksi Aktual (Xt)	prediksi_produk (Ft)	$ X_t - F_t $	$ X_t - F_t / X_t$
1.	650	525.371	124.629	0.1917369
2.	700	462.195	237.805	0.3397214
3.	620	525.72	94.28	0.1520645
4.	520	517.494	2.506	0.0048192
5.	534	502.169	31.831	0.0596086
6.	415	535.539	120.539	0.2904554
7.	416	528.028	112.028	0.2692981
8.	500	520.698	20.698	0.041396
9.	415	496.711	81.711	0.196894
10.	415	514.625	99.625	0.2400602
11.	410	519.108	109.108	0.2661171
12.	450	502.509	52.509	0.1166867
13.	404	480.488	76.488	0.1893267
14.	400	487.253	87.253	0.2181325
15.	409	493.161	84.161	0.2057726
16.	453	506.993	53.993	0.1191898
17.	473	498.183	25.183	0.053241
18.	438	542.807	104.807	0.2392854
19.	500	509.794	9.794	0.019588
20.	530	503.786	26.214	0.0494604
21.	483	524.304	41.304	0.0855155
22.	444	513.688	69.688	0.156955
23.	435	592.945	157.945	0.363092
24.	427	523.359	96.359	0.2256651
25.	457	521.328	64.328	0.1407615
26.	438	521.795	83.795	0.1913128
27.	426	508.362	82.362	0.193338
28.	408	493.332	85.332	0.2091471
29.	500	484.565	15.435	0.03087
30.	620	507.287	112.713	0.1817952
n		30	total	5.0413067
MAPE				16.804356

Dari perhitungan MAPE pada tabel, diperoleh nilai sebesar 16,80%, yang menunjukkan bahwa tingkat kesalahan prediksi sistem ini tergolong rendah. Akurasi prediksi tercatat sebesar 83,20%, yang menunjukkan bahwa sistem ini cukup andal dalam memprediksi jumlah produksi kayu lapis sesuai kebutuhan. Selisih hasil antara prediksi manual dan prediksi sistem adalah 1 pcs, mengindikasikan bahwa sistem memiliki kemampuan prediksi yang sangat dekat dengan perhitungan manual.

Pengujian Sistem

Black-box testing biasanya digunakan untuk pengujian fungsional, di mana penguji menguji fitur dan fungsi sistem seperti yang dijelaskan dalam dokumentasi kebutuhan [13]. Tabel 3 adalah hasil uji coba terhadap sistem yang telah dibuat dengan menggunakan *black box testing*.

Tabel 3. Black-box Testing

No	Skenario Pengujian	Hasil Yang Diharapkan	Hasil Pengujian	Kesimpulan
1.	Pengguna/admin login ke dalam sistem	Halaman prediksi tampil pada website	Halaman prediksi tampil pada website	Berhasil

2.	Pengguna/admin melakukan prediksi dengan memasukkan permintaan dan persediaan	Hasil prediksi, mape, akurasi dan detail perhitungan <i>fuzzy</i> tampil di halaman website	Hasil berhasil tampil	Berhasil
3.	Pengguna/admin mengedit, menambah, menghapus data pada halaman dataset	Edit, tambah dan hapus data berhasil	Edit, tambah dan hapus data berhasil	Berhasil
4.	Admin menambah, mengedit dan menghapus data pengguna di halaman kelola pengguna	Edit, tambah dan hapus data berhasil	Edit, tambah dan hapus data berhasil	Berhasil
5.	Pengguna/admin logout sistem	Logout berhasil dan Kembali ke halaman login	Logout berhasil dan Kembali ke halaman login	Berhasil

Hasil pengujian *black box* pada tabel diatas menunjukkan bahwa semua skenario yang diuji menghasilkan keluaran yang sesuai dengan harapan, yang mengindikasikan bahwa setiap komponen sistem berfungsi dengan baik.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil mengembangkan sistem prediksi produksi kayu lapis menggunakan metode Fuzzy Tsukamoto yang memberikan hasil akurat dan andal, terbukti dari perbandingan hasil prediksi sistem dan perhitungan manual yang sangat dekat (569,1 pcs dan 570,10 pcs), dengan nilai MAPE 16,80% dan akurasi 83,20%. Hal ini menunjukkan bahwa sistem ini mampu menghasilkan estimasi produksi yang andal untuk kebutuhan industri manufaktur seperti Jaya Vinere. Dengan mengatasi ketidakpastian permintaan dan persediaan, sistem ini menawarkan alat yang efektif untuk perencanaan produksi, mengurangi risiko kerugian akibat ketidaksesuaian produksi, dan meningkatkan efisiensi operasional. Penelitian ini juga memperluas penerapan metode Fuzzy Tsukamoto dalam bidang industri dengan kebutuhan produksi yang fluktuatif, dan berpotensi diterapkan pada sektor lain yang menghadapi data tidak pasti. Pengembangan lebih lanjut disarankan untuk memasukkan variabel eksternal, seperti tren pasar, serta menambahkan algoritma baru untuk memperbarui prediksi secara dinamis, sehingga meningkatkan akurasi dan fleksibilitas sistem.

REFERENSI

- [1] E. A. Rachma, "Optimasi Perencanaan Produksi Dengan Menggunakan Model Sistem Dinamik Di PT X," *Jurnal Optimasi Teknik Industri*, vol. 02, pp. 36–42, 2020, [Online]. Available: https://www.bing.com/search?q=Optimasi+Perencanaan+Produksi+Dengan+Menggunakan+Model+Sistem+Dinamik+Di+PT+X&cvid=8a8696588ec34edb96545721ee7cf069&gs_lcrp=EgRlZGdlKgYIABBFgDsyBggAEEUYO9IBBzk3NGowajmoAgCwAgA&FORM=ANAB01&adppc=EDGEDBB&PC=LCTS
- [2] M. Kafil, "Penerapan Metode K-Nearest Neighbors Untuk Prediksi Penjualan Berbasis Web Pada Boutiq Dealove Bondowoso," *Jurnal Mahasiswa Teknik Informatika*, vol. 3, no. 2, pp. 59–66, 2019, [Online]. Available: <https://www.bing.com/search?q=PENERAPAN+METODE+K-NEAREST+NEIGHBORS+UNTUK+PREDIKSI+PENJUALAN+BERBASIS+WEB+PADA+BOU+TIQ+DEALOVE+BONDOWOSO&qsn=&form=QBRE&sp=-1&lq=1&pq=penerapan+metode+k-nearest+neighbors+untuk+prediksi+penjualan+berbasis+web+pada+boutiq+dealove+bondowoso&sc=1-104&sk=&cvid=B994BCDDFE934D188E25E21B4AB2D24A&ghsh=0&ghacc=0&ghpl=>
- [3] D. Rifai and F. Fitriyadi, "View of Penerapan Logika Fuzzy Sugeno dalam Keputusan Jumlah Produksi Berbasis Website," *Jurnal Ilmu Komputer*, pp. 102–109, 2023, [Online]. Available: https://jurnal.ilmubersama.com/index.php/hello_world

- [4] M. Muslih and R. Atipah, "Implementasi Fuzzy Time Series Chen Berbasis Website pada Prediksi Pasien Rawat Jalan," *SISMATIK (Seminar Nasional Sistem Informasi dan Manajemen Informatika)*, pp. 182–188, 2021.
- [5] W. Syafrizal and M. Faris Al Hakim, "Analisis Perbandingan Akurasi Metode Fuzzy Tsukamoto dan Fuzzy Sugeno Dalam Prediksi Penentuan Harga Mobil Bekas," *Indonesian Journal of Mathematics and Natural Sciences*, vol. 44, no. 2, pp. 73–80, 2021, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM>
- [6] Wayan Firdaus Mahmudy, Agus Wahyu Widodo, and Arif Muntasa, *Membangun Sistem Cerdas dengan Kecerdasan Buatan*. Universitas Brawijaya Press, 2023. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/Membangun_Sistem_Cerdas_dengan_Kecerdasa/sv7tEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=1
- [7] S. Salim, Y. Laia, E. sastra ompusunggu, S. Barus, and O. Sihombing, "Analisis Implementasi Metode Fuzzy Tsukamoto dalam Penentuan Calon Legislatif," *Jurnal Teknologi dan Ilmu Komputer Prima (JUTIKOMP)*, vol. 7, no. 1, pp. 32–43, 2024.
- [8] Agus Salam, *Metode Penelitian Kualitatif*. CV. AZKA PUSTAKA, 2023. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/METODE_PENELITIAN_KUALITATIF/ainKEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=0
- [9] Riri Fitri Sari and Ardiati Utami, *Rekayasa Perangkat Lunak Berorientasi Objek Menggunakan PHP*. Penerbit Andi, 2021. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/REKAYASA_PERANGKAT_LUNAK_BERORIENTASI_OB/x8xEEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=0
- [10] Salsabila Vebi Natasya and Rolly Maulanan Awangga, *Membuat analisis komparatif arima & prophet pada peramalan penjualan*. Penerbit Buku Pedia, 2023. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/Membuat_analisis_komparatif_arima_prophe/1xquEAAAQBAJ?hl=id&gbpv=0
- [11] Syafrial Fachri Pane and Esi Vidia Rahmadani, *Big Data: Forecasting Menggunakan Python*. Kreatif, 2020. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/Big_Data_Forecasting_Menggunakan_Python/DCjZDwAAQBAJ?hl=id&gbpv=0
- [12] I. Muhandhis, A. S. Ritonga, and D. M. H. Murdani, "Implementasi Metode Inferensi Fuzzy Tsukamoto Untuk Memprediksi Curah Hujan Dasarian Di Sumenep," 2021.
- [13] Junus Sinuraya, Meri Sri Wahyuni, Hikmah Adam Adwin, Harmayani, Kartika Sari, and Lusiyantri, *Analisis Perancangan sistem*. MEGA PRESS NUSANTARA, 2024. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/Analisis_Perancangan_sistem/WcQUEQAAQBAJ?hl=id&gbpv=0