

Implementation of Fuzzy Logic to Determine the Amount of Bread Production Using Tsukamoto Method

[Implementasi Logika Fuzzy Untuk Menentukan Jumlah Produksi Roti Menggunakan Metode Tsukamoto]

Ipung Dwi Antoni*¹⁾, Yulian Findawati²⁾

¹⁾Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Informatika, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: 181080200269@umsida.ac.id

Abstract. *In an effort to improve the sustainability of the product manufacturing business, an appropriate strategy is needed to avoid losses due to wrong policies. This research proposes the application of Tsukamoto fuzzy logic as a solution to determine bread production based on inventory and demand. Bread, as a product with a short expiration period, requires smart production management to avoid waste and losses. Many bakeries still adopt the traditional way without considering fluctuations in market demand, which may result in overproduction or stock shortages. This research takes the case of Sarinda bakery, which is experiencing challenges in coping with market demand fluctuations. Through the use of the Tsukamoto fuzzy method, the results showed an accuracy rate of 93.06%, with a Mean Absolute Percentage Error (MAPE) of 6.94%, a very good category. This method proves its effectiveness in helping entrepreneurs determine the amount of bread production in accordance with changing market conditions, without the need to add many existing production facilities. The use of Tsukamoto fuzzy logic in this context can be a smart solution to improve bread production efficiency and optimize business profits.*

Keywords - *Fuzzy tsukamoto; production; MAPE; bread; market fluctuation*

Abstrak. *Dalam upaya meningkatkan keberlanjutan bisnis pembuatan produk, strategi yang tepat diperlukan untuk menghindari kerugian akibat kebijakan yang salah. Penelitian ini menggunakan penerapan logika fuzzy Tsukamoto sebagai solusi untuk menentukan produksi roti berdasarkan data persediaan dan permintaan. Roti, sebagai produk dengan masa kadaluarsa pendek, memerlukan manajemen produksi yang cerdas untuk menghindari pemborosan dan kerugian. Banyak pabrik roti masih mengadopsi cara tradisional tanpa mempertimbangkan fluktuasi permintaan pasar, yang dapat mengakibatkan overproduksi atau kekurangan stok. Penelitian ini mengambil contoh kasus pabrik roti Sarinda, yang mengalami tantangan dalam mengatasi fluktuasi permintaan pasar. Melalui penggunaan metode fuzzy Tsukamoto, hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi sebesar 93,06%, dengan Mean Absolute Percentage Error (MAPE) sebesar 6,94% yang termasuk kategori sangat bagus. Metode ini membuktikan efektivitasnya dalam membantu pengusaha menentukan jumlah produksi roti yang sesuai dengan kondisi pasar yang berubah-ubah, tanpa perlu menambah banyak fasilitas produksi yang sudah ada. Penggunaan logika fuzzy Tsukamoto dalam konteks ini dapat menjadi solusi cerdas untuk meningkatkan efisiensi produksi roti dan mengoptimalkan keuntungan bisnis.*

Kata Kunci - *Fuzzy Tsukamoto; produksi; MAPE; roti; fluktuasi pasar*

I. PENDAHULUAN

Setiap pengusaha tentu menginginkan bisnisnya berkembang. Untuk mencapai hal tersebut dibutuhkan strategi yang tepat agar bisa bersaing dengan para kompetitor. Tidak sedikit perusahaan yang merugi atau bahkan gulung tikar akibat salah menentukan kebijakan. Setiap perusahaan atau industri pastinya memiliki tujuan yang ingin dicapai, seperti memaksimalkan keuntungan, tetap kompetitif di pasar, dan memberikan manfaat bagi masyarakat [1].

Bagi pengusaha di bidang pembuatan produk contohnya, ketepatan dalam menghitung jumlah barang yang akan diproduksi dapat mengurangi potensi kerugian terutama apabila produk yang dibuat memiliki masa kadaluarsa seperti roti. Roti memiliki umur simpan yang pendek sehingga harus cepat dihabiskan untuk menghindari produk menjadi basi. Bila hal ini terjadi maka roti tersebut tidak akan bisa dijual dan harus dibuang. Kondisi ini tentu tidak diharapkan oleh pengusaha karena akan berdampak pada pendapatan yang menurun.

Banyak pabrik yang masih menggunakan cara tradisional untuk memproduksi roti yaitu dengan membuat roti dalam jumlah yang sama setiap hari tanpa memerhatikan permintaan pasar dan roti sisa produksi sebelumnya. Hal ini sangat tidak efisien mengingat situasi pasar yang sangat fluktuatif. Hari ini bisa saja permintaan ramai sehingga banyak roti yang terjual namun boleh jadi esok hari pembelian sangat sedikit. Jadi diperlukan solusi yang dapat membantu menentukan jumlah produksi dengan mengikuti kondisi pasar yang berubah-ubah.

Masalah semacam ini juga dialami oleh pabrik roti Sarinda. Permintaan konsumen yang berubah-ubah mengakibatkan roti yang telah dibuat menjadi tidak laku apabila permintaan sedang sepi. Sedangkan ketika

permintaan tinggi, pengusaha tidak bisa mendapatkan keuntungan yang maksimal karena roti habis terjual dan pelanggan memilih membeli di tempat lain. Oleh sebab itu diperlukan metode yang tepat untuk memecahkan masalah fluktuasi pasar ini tanpa menambah banyak fasilitas yang sudah ada.

Logika *fuzzy* merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk mengatasi permasalahan yang mengandung ketidakpastian. Logika *fuzzy* dianggap mampu menghasilkan suatu *output* berdasarkan parameter tertentu tanpa mengabaikan faktor-faktor yang ada. Logika *fuzzy* dikatakan sangat fleksibel dan mudah beradaptasi dengan fakta-fakta yang ditemukan [2]. Oleh sebab itu, logika *fuzzy* ini coba diterapkan untuk menentukan jumlah produksi roti.

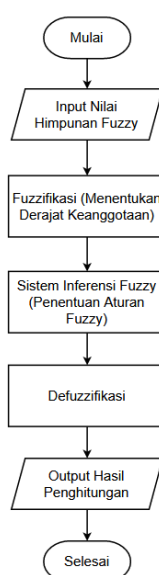
Penelitian oleh Satria dkk [3] menggunakan Arduino uno dan logika *fuzzy* untuk menyirami tanaman secara otomatis berdasarkan tingkat kelembapan tanah. Temuan penelitian tersebut menunjukkan bahwa alat yang dibuat dapat bekerja sesuai dengan yang diinginkan. Kemudian pada penelitian [4] yang membuktikan bahwa pengambilan keputusan penerimaan guru menggunakan metode logika *fuzzy* tani lebih unggul karena logika *fuzzy* tani mempertimbangkan berbagai kriteria daripada hanya menggunakan nilai rata-rata yang hanya mempertimbangkan satu kriteria dengan nilai tinggi. *Fuzzy* mamdani juga dipakai pada penelitian [5] untuk mengendalikan suhu dan kelembapan ruang server sebagai pencegahan terjadinya kerusakan pada perangkat server.

Sistem pendeteksian kondisi fisiologis pengguna *e-learning* menggunakan *fuzzy* Tsukamoto digunakan oleh Pradana dkk [6] dengan akurasi mencapai 84,01%. Pengaplikasian *fuzzy* Tsukamoto dimanfaatkan oleh Lukman dkk [7] yang terbukti bahwa algoritma *fuzzy* Tsukamoto sesuai untuk diterapkan pada sistem pertanian sawah modern. *Fuzzy* Tsukamoto juga bisa dipakai untuk memprediksi jumlah pasien positif covid-19 [8]. Pembuatan sistem pendukung keputusan menggunakan *fuzzy* tsukamoto dapat membantu memberikan rekomendasi mahasiswa yang memenuhi syarat untuk mendapatkan beasiswa, sehingga proses seleksi dapat diselesaikan dengan lebih cepat dan akurat [9].

Pada penelitian terdahulu [10] menghasilkan tingkat kebenaran dari hasil perhitungan sebesar 86,92%. Penelitian kali ini merupakan lanjutan dari penelitian sebelumnya dan dilakukan untuk mengetahui tingkat keakuratan dalam menentukan jumlah produksi roti dengan logika *fuzzy* tsukamoto menggunakan data yang sama yaitu data persediaan dan permintaan di pabrik roti Sarinda.

II. METODE

Penelitian merupakan sebuah prosedur yang sistematis dan ilmiah untuk menentukan jawaban dari pertanyaan-pertanyaan atau rumusan masalah [11]. Beberapa variabel yang digunakan sebagai *input* diperlukan untuk memproses data ini. Variabel atau faktor penelitian memainkan peran penting dalam sebuah penelitian. Variabel secara umum mengacu pada apa pun yang akan diamati dalam penelitian [12]. Variabel yang digunakan adalah permintaan dan persediaan. Berikut dijelaskan tentang integrasi *fuzzy* untuk mengoptimalkan produksi roti sehingga menghasilkan klasifikasi yang sesuai dengan tujuan penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir Metode Penelitian

Penjelasan selengkapnya dari bagan alir pada gambar 1 yakni sebagai berikut:

1. *Input* nilai himpunan *fuzzy*
Dalam perancangan ini data yang digunakan merupakan *inputan* dari data pabrik roti. *Inputannya* berupa variabel permintaan dan persediaan serta *outputnya* adalah variabel jumlah produksi.
2. Fuzzifikasi (Menentukan derajat keanggotaan himpunan *fuzzy*)
Derajat keanggotaan himpunan *fuzzy* menunjukkan sejauh mana suatu elemen atau nilai *input* masuk ke dalam himpunan *fuzzy*. Derajat keanggotaan dapat ditentukan menggunakan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan untuk himpunan *fuzzy* tersebut. Fungsi keanggotaan pada himpunan *fuzzy* dapat berbentuk segitiga, trapesium, atau fungsi keanggotaan lainnya. Setiap fungsi keanggotaan memiliki parameter-parameter tertentu yang menentukan bentuk kurva dan nilai derajat keanggotaan pada setiap nilai *input*.
3. Sistem inferensi *fuzzy*
Variabel-variabel yang dimasukkan ke dalam himpunan *fuzzy* menghasilkan aturan-aturan yang dibangun dengan menggabungkan setiap variabel dengan sifat linguistiknya. Aturan-aturan yang diperoleh akan melalui proses implikasi untuk menentukan nilai predikat aturan tersebut. Metode Tsukamoto menggunakan operasi Min untuk melakukan prosedur implikasi. Predikat aturan tersebut dapat ditemukan dengan menghitung nilai minimum dari derajat keanggotaan suatu variabel dengan variabel lain yang telah digabungkan dalam suatu aturan tertentu.
4. Defuzzifikasi
Defuzzifikasi adalah proses yang digunakan untuk mengubah variabel kabur hasil mesin inferensi menjadi nilai numerik yang konkret dan dapat diimplementasikan. Tahapan defuzzifikasi ini dilalui dengan melakukan penghitungan persentase kesalahan rata-rata atau *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* dari setiap predikat.
5. Hasil Penelitian
Pada bagian ini merupakan hasil yang diperoleh dari rangkaian proses dalam penghitungan berdasarkan logika *fuzzy* Tsukamoto untuk mengoptimalkan jumlah produksi berdasarkan variabel persediaan dan permintaan yang didapat dari data yang diperoleh dari pabrik roti.

A. Logika Fuzzy

Logika *Fuzzy* memungkinkan nilai keanggotaan terletak di antara 0 dan 1. Hal ini menyiratkan bahwa dua nilai “Ya dan Tidak”, “Benar dan Salah”, “Baik dan Buruk” bisa saja muncul dalam skenario pada saat yang bersamaan, namun besar nilainya tergantung pada bobot keanggotaan yang dimilikinya [10].

B. Himpunan Fuzzy

Himpunan adalah suatu kumpulan atau koleksi objek-objek yang mempunyai kesamaan sifat tertentu. Himpunan *fuzzy* adalah sebuah himpunan yang di dalamnya terdapat elemen yang mempunyai derajat keanggotaan yang berbeda-beda [13]. Himpunan *fuzzy* menggunakan bahasa alami manusia untuk mengklasifikasikan data menurut variabel bahasa (*linguistic variable*). Hubungan antara variabel *input* dan *output* akan menentukan variabel bahasa mana yang membentuk himpunan *fuzzy* [14].

C. Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah suatu kurva yang menunjukkan pemetaan titik-titik *input* data ke dalam nilai keanggotaannya (sering disebut dengan derajat keanggotaan) yang memiliki interval 0 sampai 1 [15].

Salah satu cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan nilai keanggotaan yaitu melalui pendekatan fungsi. Ada beberapa fungsi yang bisa digunakan, seperti representasi linear, representasi kurva segitiga, representasi kurva trapesium, dan lain sebagainya [16].

Beberapa contoh fungsi keanggotaan yang umum digunakan dalam logika *fuzzy*:

1. Fungsi Keanggotaan Segitiga.
2. Fungsi Keanggotaan Trapesium.
3. Fungsi Keanggotaan Gaussian.
4. Fungsi Keanggotaan Sigmoid.
5. Fungsi Keanggotaan Lonceng.

Pilihan fungsi keanggotaan yang tepat tergantung pada konteks dan karakteristik masalah yang sedang dihadapi.

D. Metode Fuzzy Tsukamoto

Setiap konsekuen dari aturan *IF-Then* dalam Metode Tsukamoto harus diwakili oleh sebuah himpunan *fuzzy* dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Lalu *output* hasil inferensi setiap aturan diberikan secara tegas (*crisp*) sesuai dengan α -predikat (*fire strength*). Rata-rata terbobot kemudian digunakan untuk menentukan hasil akhirnya [17].

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

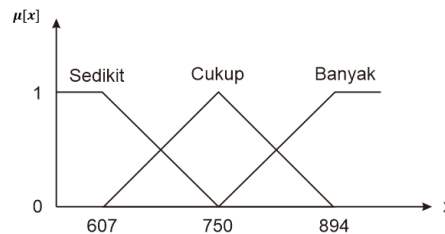
A. Pembentukan Himpunan Fuzzy (fuzifikasi)

Proses fuzzifikasi dipergunakan untuk mengubah data masukan tegas (*crisp*) ke dalam bentuk himpunan keanggotaan [18]. Penelitian ini menggunakan data persediaan dan permintaan untuk menghitung jumlah barang yang diproduksi, jumlah produksi akan menjadi variabel *output* sedangkan variabel persediaan dan permintaan akan menjadi variabel *input*. Tabel 1 berikut ini menampilkan variabel-variabel yang telah ditentukan serta domain pada masing-masing variabel.

Tabel 1. Variabel *Input* dan *Output*

Fungsi	Input		Output
Nama Variabel	Persediaan	Permintaan	Produksi
Domain	[607-894]	[1030-1589]	[1996-2579]

Variabel Persediaan terbagi menjadi 3 himpunan, yaitu himpunan *fuzzy* SEDIKIT dengan fungsi keanggotaan linier turun, himpunan *fuzzy* CUKUP dengan fungsi keanggotaan segitiga, dan himpunan *fuzzy* BANYAK dengan fungsi keanggotaan linier naik.



Gambar 2. Kurva Himpunan Fuzzy dari Variabel Persediaan

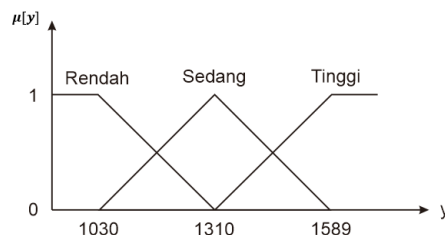
Berdasarkan gambar 2, maka dibuatlah formula derajat keanggotaannya sebagai berikut :

$$\mu_{SEDIKIT}[x] = \begin{cases} 1, & x \leq 607; \\ \frac{750 - x}{750 - 607}, & 607 < x < 750; \\ 0, & x \geq 750; \end{cases}$$

$$\mu_{CUKUP}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 607 \text{ atau } x \geq 894; \\ \frac{x - 607}{750 - 607}, & 607 < x < 750; \\ \frac{894 - x}{894 - 750}, & 750 < x < 894; \end{cases}$$

$$\mu_{BANYAK}[x] = \begin{cases} 0, & x \leq 750; \\ \frac{x - 750}{894 - 750}, & 750 < x < 894; \\ 1, & x \geq 894; \end{cases}$$

Variabel Permintaan terbagi menjadi 3 himpunan, yaitu himpunan *fuzzy* RENDAH dengan fungsi keanggotaan linier turun, himpunan *fuzzy* SEDANG dengan fungsi keanggotaan segitiga, dan himpunan *fuzzy* TINGGI dengan fungsi keanggotaan linier naik.



Gambar 3. Kurva Himpunan Fuzzy dari Variabel Permintaan

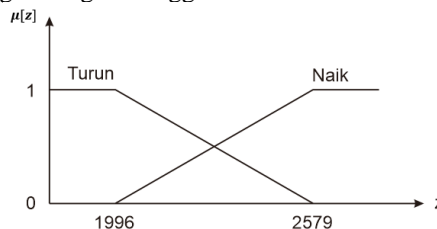
Berdasarkan gambar 3, maka dibuatlah formula derajat keanggotaannya sebagai berikut :

$$\mu_{RENDAH}[y] = \begin{cases} 1, & y \leq 1030; \\ \frac{1310 - y}{1310 - 1030}, & 1030 < y < 1310; \\ 0, & y \geq 1310; \end{cases}$$

$$\mu_{SEDANG}[y] = \begin{cases} 0, & y \leq 1030 \text{ atau } y \geq 1589; \\ \frac{y - 1030}{1310 - 1030}, & 1030 < y < 1310; \\ \frac{1589 - y}{1589 - 1310}, & 1310 < y < 1589; \end{cases}$$

$$\mu_{TINGGI}[y] = \begin{cases} 0, & y \leq 1310; \\ \frac{y - 1310}{1589 - 1310}, & 1310 < y < 1589; \\ 1, & y \geq 1589; \end{cases}$$

Variabel Produksi terbagi menjadi 2 himpunan, yaitu himpunan *fuzzy* TURUN dengan fungsi keanggotaan linier turun dan himpunan *fuzzy* NAIK dengan fungsi keanggotaan linier naik.



Gambar 4. Kurva Himpunan *Fuzzy* dari Variabel Produksi

Berdasarkan gambar 4, maka dibuatlah formula derajat keanggotaannya sebagai berikut :

$$\mu_{TURUN}[z] = \begin{cases} 1, & z \leq 1996; \\ \frac{2579 - z}{2579 - 1996}, & 1996 < z < 2579; \\ 0, & z \geq 2579; \end{cases}$$

$$\mu_{NAIK}[z] = \begin{cases} 0, & z \leq 1996; \\ \frac{z - 1996}{2579 - 1996}, & 1996 < z < 2579; \\ 1, & z \geq 2579; \end{cases}$$

B. Pembentukan Aturan *Fuzzy* (Inferensi)

Pembuatan aturan akan digunakan untuk menarik kesimpulan. Aturan *fuzzy* terdiri dari premis dan konklusi. Premis berisi kondisi-kondisi yang harus dipenuhi atau diperiksa dalam rangkaian if-then statement, sedangkan konklusi berisi tindakan yang harus diambil berdasarkan kondisi yang telah didefinisikan dalam premis. Di bawah ini beberapa aturan yang ditetapkan pada penelitian ini :

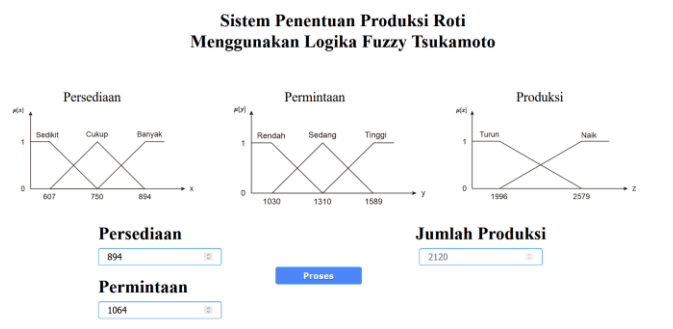
Tabel 2. Aturan *Fuzzy*

Aturan	Persediaan	Permintaan	Produksi
R1	Sedikit	Rendah	Turun
R2	Sedikit	Sedang	Turun
R3	Sedikit	Tinggi	Naik
R4	Cukup	Rendah	Turun
R5	Cukup	Sedang	Naik

R6	Cukup	Tinggi	Naik
R7	Banyak	Rendah	Turun
R8	Banyak	Sedang	Turun
R9	Banyak	Tinggi	Naik

C. Defuzifikasi

Pada tahap ini nilai persediaan dan permintaan dimasukkan pada kolom yang ada kemudian akan diproses oleh sistem dengan menekan tombol proses lalu hasil penghitungannya akan tampil di kolom jumlah produksi seperti gambar di bawah.



Gambar 5. Sistem logika *fuzzy* Tsukamoto

Setelah semua data *input* persediaan dan permintaan dimasukkan, hasil penghitungannya dapat dilihat pada tabel 3 di bawah.

Tabel 3. Data hasil penghitungan menggunakan metode *fuzzy* tsukamoto

No.	Persediaan	Permintaan	Produksi	Hasil Fuzzy
1.	622	1415	2400	2188
2.	865	1145	2210	2281
3.	783	1264	2118	2455
4.	736	1295	2098	2524
5.	854	1324	2565	2146
6.	806	1589	2579	2302
7.	679	1279	2282	2330
8.	873	1239	2339	2233
9.	877	1398	2541	2158
10.	888	1090	1996	2200
11.	894	1064	2167	2120
12.	722	1384	2362	2334
13.	766	1315	2417	2497

14.	607	1355	2341	2090
15.	730	1156	2218	2311
16.	680	1241	2309	2340
17.	653	1570	2437	2320
18.	629	1297	2229	2125
19.	697	1366	2373	2291
20.	728	1185	2208	2359
21.	736	1089	2093	2185
22.	618	1519	2258	2380
23.	616	1030	2157	2065
24.	662	1376	2301	2193
25.	863	1555	2488	2364

Selanjutnya dilakukan perhitungan nilai *MAPE* berdasarkan pada tabel di atas. Penghitungan dilakukan dengan menghitung selisih absolut antara data produksi dengan hasil penghitungan menggunakan logika *fuzzy*. Lalu dihitung pula persentase selisih absolutnya. Kemudian jumlahkan semua persentase selisih absolutnya dan hasilnya dibagi dengan banyaknya data. Selengkapnya seperti dibawah ini.

Tabel 4. Data *MAPE*

No.	Produksi (<i>X_i</i>)	Hasil <i>Fuzzy</i> (<i>F_i</i>)	Galat (<i>X_i</i> - <i>F_i</i>)	$\left \frac{X_i - F_i}{X_i} \right $
1.	2400	2188	212	0,088
2.	2210	2281	71	0,032
3.	2118	2455	337	0,159
4.	2098	2524	426	0,203
5.	2565	2146	419	0,163
6.	2579	2302	277	0,107
7.	2282	2330	48	0,021
8.	2339	2233	106	0,045
9.	2541	2158	383	0,151
10.	1996	2200	204	0,102
11.	2167	2120	47	0,022
12.	2362	2334	28	0,012
13.	2417	2497	80	0,033
14.	2341	2090	251	0,107

15.	2218	2311	93	0,042
16.	2309	2340	31	0,013
17.	2437	2320	117	0,048
18.	2229	2125	104	0,047
19.	2373	2291	82	0,035
20.	2208	2359	151	0,068
21.	2093	2185	92	0,044
22.	2258	2380	122	0,054
23.	2157	2065	92	0,043
24.	2301	2193	108	0,047
25.	2488	2364	124	0,050

$$\begin{aligned}
 MAPE &= \frac{\sum_{i=1}^n \frac{|X_i - F_i|}{X_i}}{n} \times 100\% \\
 &= \frac{\sum_{i=1}^{25} \frac{|X_i - F_i|}{X_i}}{25} \times 100\% \\
 &= \frac{\frac{|X_1 - F_1|}{X_1} + \frac{|X_2 - F_2|}{X_2} + \dots + \frac{|X_{25} - F_{25}|}{X_{25}}}{25} \times 100\% \\
 &= \frac{0,088 + 0,032 + \dots + 0,05}{25} \times 100\% \\
 &= \frac{1,736}{25} \times 100\% \\
 &= 6,94\%
 \end{aligned}$$

$$\text{Tingkat akurasi} = 100 - 6,94 = 93,06\%$$

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil yaitu penggunaan metode *fuzzy* tsukamoto efektif untuk digunakan dalam menentukan produksi roti dengan tingkat akurasi sebesar 93,06%. Hasil penghitungan *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)* menunjukkan metode ini dikategorikan sangat bagus karena nilainya kurang dari 10% atau lebih tepatnya sebesar 6,94%. Saran untuk penelitian selanjutnya diharapkan membuat sistem yang bisa diakses secara daring agar dapat diakses dari manapun serta menambah fitur baru dan memperbaiki tampilan aplikasi untuk meningkatkan pengalaman pengguna.

REFERENSI

- [1] E. Purwanto and S. S. Watini, "ANALISIS HARGA POKOK PRODUKSI MENGGUNAKAN METODE FULL COSTING DALAM PENETAPAN HARGA JUAL (STUDI KASUS UNIT USAHA REGAR FRUIT)," *J. Appl. Manag. Account.*, vol. 4, no. 2, pp. 248–253, 2020.
- [2] V. M. Nasution and G. Prakarsa, "Optimasi Produksi Barang Menggunakan Logika Fuzzy Metode Mamdani," *J. Media Inform. Budidarma*, vol. 4, no. 1, pp. 129–135, 2020, doi: 10.30865/mib.v4i1.1719.
- [3] S. B. Mursalin, H. Sunardi, and Zulkifli, "Sistem Penyiraman Tanaman Otomatis Berbasis Sensor Kelembaban Tanah Menggunakan Logika Fuzzy," *J. Ilm. Inform. Glob.*, vol. 11, no. 01, pp. 47–54, 2020.
- [4] Y. E. Setiawan, "SISTEM PENDUKUNG PENGAMBILAN KEPUTUSAN REKRUTMEN GURU MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY TAHANI," *Barekeng J. Ilmu Mat. Dan Terap.*, vol. 14, no. 2, pp. 253–266, 2020.
- [5] Sunanto, R. Firdaus, and M. S. Siregar, "Implementasi Logika Fuzzy Mamdani Pada Kendali Suhu dan Kelembaban Ruang Server," *J. CoSciTech (Computer Sci. Inf. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 128–136, 2020.

- [6] F. Pradana, F. A. Bachtiar, and E. R. Widasari, "Fuzzy Tsukamoto Implementation to Detect Physiological Condition on IoT - Based e - Learning Users," *Int. J. Inf. Educ. Technol.*, vol. 12, no. 7, pp. 663–667, 2022, doi: 10.18178/ijiet.2022.12.7.1668.
- [7] L. M. Silalahi, D. Jatikusumo, S. Budiyo, F. A. Silaban, I. U. V. Simanjuntak, and A. D. Rochendi, "Internet of things implementation and analysis of fuzzy Tsukamoto in prototype irrigation of rice," *Int. J. Electr. Comput. Eng.*, vol. 12, no. 6, pp. 6022–6033, 2022, doi: 10.11591/ijece.v12i6.pp6022-6033.
- [8] A. D. Permana, V. M. Nasution, and G. Prakarsa, "Design and Development of Fuzzy Logic Application Tsukamoto Method in Predicting the Number of Covid-19 Positive Cases in West Java," *Int. J. Glob. Oper. Res.*, vol. 1, no. 2, pp. 85–95, 2020.
- [9] P. Gloria and E. Sedyono, "Perancangan Sistem Rekomendasi Pemberian Beasiswa dengan Metode Fuzzy Tsukamoto," *J. Inf. Technol. Ampera*, vol. 3, no. 2, pp. 124–147, 2022.
- [10] D. L. Rahakbauw, "Penerapan Logika Fuzzy Metode Sugeno Berdasarkan Data Persediaan Dan Jumlah Permintaan (Studi Kasus : Pabrik Roti Sarinda Ambon)," *Barekeng J. Ilmu Mat. dan Terap.*, vol. 9, no. 2, pp. 121–134, 2015, [Online]. Available: <https://ojs3.unpatti.ac.id/index.php/barekeng/article/view/289/249>.
- [11] E. Mulyatiningsih, *Metode penelitian terapan bidang pendidikan*. Yogyakarta: UNY Press, 2015.
- [12] A. F. Djollong, "Teknik Pelaksanaan Penelitian Kuantitatif," *Istiqlah J. Pendidik. Dan Pemikir. Islam*, vol. 2, no. 1, pp. 86–100, 2014.
- [13] F. Susilo, *Himpunan dan Logika Kabur Serta Aplikasinya*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2003.
- [14] A. T. P. Abza, "Industri Televisi Berlangganan Dengan Logika Fuzzy," *J. Intra Tech*, vol. 2, no. 1, pp. 16–30, 2018.
- [15] S. Jayanti and S. Hartati, "Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Anggota Paduan Suara Dewasa Menggunakan Metode Fuzzy Mamdani," *IJCCS (Indonesian J. Comput. Cybern. Syst.)*, vol. 6, no. 1, 2012, doi: 10.22146/ijccs.2141.
- [16] L. K. Wardhani and E. Haerani, "Analisis Pengaruh Pemilihan Fuzzy Membership Function Terhadap Output Sebuah Sistem Fuzzy Logic," *Semin. Nas. Teknol. Inf. Komun. dan Ind.*, 2011.
- [17] S. Kusumadewi and H. Purnomo, *Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan*, 2nd ed. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2010.
- [18] M. D. Andikarama, Y. Rizki, and H. Mukhtar, "Penerapan Metode Logika Fuzzy dalam mengolah pilihan pada Game Visual Novel Informasi Penerimaan Mahasiswa Baru Fakultas Ilmu Komputer Universitas Muhammadiyah Riau sebagai Sarana Evaluasi Mandiri," *J. Fasilkom*, vol. 10, no. 1, pp. 42–53, 2020.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.