



Penerapan metode *Fuzzy Tsukamoto* pada penentuan harga jual *handphone* bekas

Rendi Septianto¹, Aridhanyati²

^{1,2}Universitas Islam Indonesia

¹21523187@students.uui.ac.id ²Aridhanyati@uui.ac.id

Info Artikel :

Diterima :

5 Juli 2025

Disetujui :

25 Juli 2025

Dipublikasikan :

23 Agustus 2025

ABSTRAK

Di era digital saat ini, *handphone* telah menjadi bagian penting dalam kehidupan sehari-hari masyarakat. Namun, karena perbedaan kondisi ekonomi, sebagian orang memilih membeli *handphone* bekas yang lebih terjangkau. Fenomena ini mendorong pertumbuhan pasar *handphone* bekas secara signifikan. Berdasarkan data dari *International Data Corporation* (IDC), penjualan global ponsel bekas dan rekondisi mencapai 253,4 juta unit pada tahun 2021 dan diperkirakan meningkat menjadi 431,1 juta unit pada tahun 2027. Pemilik toko *handphone* bekas memiliki peran penting dalam memenuhi kebutuhan pasar ini, namun kerap mengalami kesulitan dalam menentukan harga jual yang tepat. Penetapan harga tidak bisa dilakukan secara sembarangan karena dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti harga pasaran, kondisi fisik, kondisi fungsional, kelengkapan, dan usia *handphone*. Penelitian ini bertujuan membangun sistem penentu harga jual *handphone* bekas dengan menggunakan metode *Fuzzy Tsukamoto*. Sistem ini dirancang berdasarkan variabel-variabel yang diperoleh melalui wawancara dengan pemilik toko. Hasil pengujian menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan prediksi harga dengan akurasi sebesar 76,71%. Sistem ini diharapkan dapat membantu pemilik toko dalam menentukan harga jual *handphone* bekas secara lebih objektif, efisien, dan kompetitif.

Kata kunci: *Fuzzy Tsukamoto*, *Fuzzy Inference System*, Penentu Harga Jual, *Handphone* Bekas

ABSTRACT

In the current technological age, mobile phones have become an essential part of daily life. However, due to differences in economic conditions, some people prefer to purchase second-hand phones that are more affordable. This phenomenon has significantly driven the growth of the used smartphone market. According to data from the International Data Corporation (IDC), global sales of used and refurbished phones reached 253.4 million units in 2021 and are projected to rise to 431.1 million units by 2027. Used phone shop owners play a vital role in meeting this market demand, yet they often face challenges in accurately determining selling prices. Price determination cannot be done arbitrarily, as it is influenced by various factors such as market price, physical condition, functional condition, completeness of accessories, and the age of the phone. This study aims to develop a decision support system for determining the selling price of used smartphones using the Fuzzy Tsukamoto method. The system is designed based on variables obtained through interviews with shop owners. Testing using the Mean Absolute Percentage Error (MAPE) shows that the system can provide price predictions with an accuracy rate of 76.71%. This system is expected to assist shop owners in setting more objective, efficient, and competitive selling prices for used smartphones.

Keywords : *Fuzzy Tsukamoto*, *Fuzzy Inference System*, *Selling Price Determination*, *Used Smartphone*



©2025 Rendi Septianto, Aridhanyati. Diterbitkan oleh Arka Institute. Ini adalah artikel akses terbuka di bawah lisensi Creative Commons Attribution NonCommercial 4.0 International License. (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

PENDAHULUAN

Pada era digital saat ini, akses terhadap teknologi bukan lagi sebuah kemewahan, melainkan menjadi sebuah kebutuhan dasar bagi banyak orang (Wilujeng & Suryaningsih, 2022). *Handphone* sebagai salah satu produk teknologi paling masif digunakan, telah menjadi alat vital yang tidak semata-mata dimanfaatkan untuk alat komunikasi, tetapi juga sebagai sarana belajar, bekerja, hiburan, hingga terhubung dengan dunia luar (Azizah et al., 2023). Di balik layar kecilnya, *handphone* memuat informasi dunia yang nyaris tak terbatas.

Namun realitanya, terdapat ketimpangan dalam kemampuan finansial individu untuk memenuhi kebutuhan tersebut (Hariro et al., 2024). Untuk beberapa masyarakat, membeli handphone baru merupakan suatu hal yang perlu dipertimbangkan dikarenakan harganya. Disinilah handphone bekas menjadi solusi yang lebih terjangkau, tanpa harus mengorbankan fungsi dan manfaat utama dari perangkat tersebut. Pilihan ini menjadikan beberapa masyarakat tetap dapat menikmati handphone beserta teknologinya tanpa harus mengeluarkan biaya yang lebih besar.

Pilihan beberapa masyarakat ini sejalan dengan perkembangan pasar handphone bekas yang menunjukkan pertumbuhan signifikan. Menurut *International Data Corporation* (IDC), penjualan ponsel bekas dan rekondisi secara internasional yaitu 253,4 juta unit pada tahun 2021, meningkat menjadi 282 juta unit pada 2022 (Maulida & Pratomo, 2023), dan 309,4 juta unit pada 2023 (Pramudita, 2024). IDC memprediksi bahwa angka ini akan terus bertumbuh hingga angka 431,1 juta unit pada tahun 2027 (Jamaludin, 2024). Bahkan di tengah krisis ekonomi global dan kelesuan kondisi ekonomi Indonesia (Jamaludin, 2025), bisnis penjualan handphone bekas tetap menunjukkan prospek cerah. Di Asia Tenggara, penjualan smartphone naik sebesar 20% pada tahun 2024, dan 30% di antaranya berasal dari Indonesia (Suhartadi, 2024).

Di tengah peluang bisnis yang besar ini, para pemilik toko handphone bekas justru dihadapkan pada tantangan yang cukup kompleks, khususnya dalam penentuan harga jual. Proses ini tidak dapat dilakukan secara sembarangan, karena setiap handphone memiliki kondisi yang berbeda-beda. Selain itu, terdapat faktor lain yang turut mempersulit proses penentuan harga, seperti fluktuasi harga pasar, persaingan harga antar toko, kesulitan menentukan margin keuntungan yang tepat, serta menyesuaikan harga dengan keinginan pelanggan. Dengan demikian, menentukan harga yang tepat merupakan faktor kunci untuk menghindari kerugian bisnis dan memastikan proses penjualan barang berjalan cepat dan efisien.

Untuk menjawab persoalan tersebut, perlu adanya pendekatan yang lebih objektif dan sistematis dalam menentukan harga jual handphone bekas. Fuzzy Tsukamoto merupakan salah satu metode yang digunakan dalam tatanan inferensi fuzzy, memiliki kemampuan dalam menangani data dengan karakteristik ketidakpastian atau subjektivitas melalui proses logika fuzzy yang terstruktur (Anwar, 2018). Dengan menetapkan aturan berbasis himpunan fuzzy dan menghasilkan output berupa nilai pasti dari setiap kondisi input, metode ini diharapkan mampu mendukung para pemilik toko dalam mengambil keputusan harga jual yang lebih rasional dan didasarkan pada pertimbangan yang terukur.

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang telah memanfaatkan metode fuzzy di berbagai kasus atau bidang. Misalnya, metode fuzzy digunakan dalam penentuan predikat siswa teladan secara tepat dan efisien (Ragestu & Sibarani, 2020). Pada kasus lain seperti jual beli batik, metode ini dapat menghasilkan harga yang sesuai dengan kualitas batik, sehingga dapat meningkatkan kepuasan pelanggan dan daya saing bisnis batik (Simabur & Tempola, 2021). Metode fuzzy juga digunakan oleh perusahaan swasta dalam menentukan besaran gaji karyawan (Logo et al., 2020). Metode fuzzy membantu pemilik usaha kos maupun hotel dalam memberikan rekomendasi harga sewa yang lebih akurat dan sesuai dengan kondisi lapangan (Febrianto & Widyadara, 2021). Pada kasus sewa hotel, metode Fuzzy Tsukamoto, menurut hasil pengujian MAPE, dapat memberikan hasil prediksi yang cukup baik (Nugroho et al., 2019). Namun dalam kasus lainnya, metode Fuzzy Tsukamoto dapat memberikan rekomendasi keputusan dengan tingkat akurasi yang lebih baik, mencapai 93,06% (Antoni & Findawati, 2024). Pada kasus jual beli produk bekas pakai semisal laptop maupun handphone, metode fuzzy juga digunakan. Misalnya, metode Fuzzy Tsukamoto berhasil membantu toko dalam menghasilkan prediksi harga jual smartphone bekas yang cukup akurat dan dapat digunakan oleh pengguna awam tanpa perlu memahami spesifikasi teknis smartphone secara mendalam Sebastian & Kosasi (2022), demikian pula halnya dalam penentuan harga laptop bekas (Marpaung et al., 2020). Berdasarkan hasil kuesioner, para responden setuju bahwa sistem yang dibangun menggunakan Fuzzy Tsukamoto dapat membantu dalam menentukan harga produk-produk bekas pakai tersebut (Anwar, 2018).

Meski demikian, perlu ditekankan bahwa terdapat perbedaan mendasar antara penelitian ini dengan penelitian terdahulu. Penelitian yang dilakukan oleh Anwar (2018) berfokus pada penentuan *harga beli* handphone bekas, dengan tujuan membantu toko menghindari kerugian saat membeli produk dari konsumen. Sistem dalam penelitian tersebut menitikberatkan pada input dari sisi toko sebagai pembeli. Sementara itu, Sebastian & Kosasi (2022) menerapkan metode Fuzzy Tsukamoto untuk

menentukan *harga jual* smartphone bekas, namun menggunakan variabel teknis seperti fitur perangkat dan lama pemakaian yang mungkin kurang ramah bagi pengguna awam.

Penelitian ini hadir dengan pendekatan yang lebih praktis dan kontekstual, karena variabel dan aturan fuzzy yang digunakan diperoleh dari hasil wawancara langsung dengan pemilik toko handphone bekas di kawasan JL. Moses Gatotkaca, Sleman, Yogyakarta. Berbeda dengan Anwar (2018) yang berfokus pada penentuan *harga beli* handphone bekas untuk kebutuhan internal toko, penelitian ini merancang sistem penentuan *harga jual* yang mencerminkan praktik aktual di lapangan. Kebaruan penelitian ini juga terletak pada penggunaan variabel yang lebih banyak dan pengelompokan himpunan fuzzy yang lebih beragam. Sistem yang dibangun dirancang agar dapat digunakan oleh pelaku usaha toko secara langsung tanpa memerlukan pemahaman teknis yang mendalam terhadap spesifikasi handphone.

METODE PENELITIAN

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan guna untuk mendapatkan informasi dan data yang diperlukan seperti variabel dan rules yang digunakan dalam proses penentuan harga jual. Sasaran dari pengumpulan data ini yaitu para pemilik toko handphone bekas, Daftar nama tokonya terdapat pada tabel toko berikut.

Tabel 1 Daftar Toko

No	Nama Toko
1	BAROKAH PHONE
2	DAMAI CELL
3	NAURAH PHONE CELL
4	Hafa CELL
5	JHON'S CELLULAR
6	JAPANESE PHONE
7	KEN'S PONSEL
8	AG STORE
9	FORTUNA SELL
10	ATMAJA PHONE
11	LAIZZA PHONE

Proses pengumpulan data dilakukan melalui wawancara, yakni metode yang melibatkan interaksi langsung antara peneliti dan responden melalui tanya jawab untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai topik penelitian (Romdona et al., 2025). Dalam wawancara ini, peneliti menanyakan beberapa parameter utama yang dianggap berpengaruh terhadap penentuan harga jual handphone bekas. Pertanyaan difokuskan pada lima aspek utama, yaitu harga pasaran, kondisi fisik, kondisi fungsional, kelengkapan, dan usia handphone. Untuk masing-masing aspek, responden diminta memberikan penilaian dalam bentuk kategori linguistik (misalnya: murah, sedang, mahal) beserta estimasi nilai kuantitatif pada setiap kategori tersebut.

Selanjutnya, hasil dari 11 responden tersebut diolah dengan cara mengidentifikasi nilai minimum dan maksimum pada setiap kategori untuk membentuk domain fuzzy. Untuk kategori bernilai rendah dan tinggi, domain ditentukan menggunakan dua titik (minimum dan maksimum) yang direpresentasikan dengan fungsi linear turun dan linear naik. Sementara untuk kategori bernilai sedang, domain ditentukan berdasarkan tiga titik, yaitu nilai minimum, nilai tengah (hasil rata-rata dari nilai minimum dan maksimum), dan nilai maksimum, yang direpresentasikan dengan fungsi segitiga. Hasil pengolahan ini disajikan dalam Tabel 2 sebagai dasar pemodelan sistem fuzzy pada penelitian ini.

Tabel 2 Himpunan Fuzzy dan Domain Berdasarkan Hasil Wawancara

Jenis	Nama Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain
Input	Harga Pasaran (Juta)	Murah	[1, 3]
		Sedang	[2, 4, 6]
		Mahal	[4, 9]
	Kondisi Fisik (%)	Buruk	[40, 60]
		Sedang	[60, 72.5, 85]
		Baik	[80, 100]

Jenis	Nama Variabel	Himpunan Fuzzy	Domain
Kondisi Fungsional (%)		Buruk	[40, 60]
		Sedang	[60, 72.5, 85]
		Baik	[80, 100]
Kelengkapan (%)		Kurang	[40, 55]
		Cukup	[50, 67.5, 85]
		Lengkap	[80, 100]
Usia (Tahun)		Lama	[1, 3]
		Sedang	[2, 3.5, 5]
Ouput	Harga Jual (Juta)	Baru	[4, 7]
		Murah	[1, 3]
		Sedang	[2, 4, 6]
		Mahal	[4, 9]

Selain variabel beserta himpuna fuzzynya, terdapat basis pengetahuan dalam bentuk aturan (*rules*). Seluruh aturan yang dimaksud tersaji secara lengkap pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3 Daftar Aturan Penentuan Harga

No	Aturan (Rule)
[R1]	Jika Harga Pasaran MAHAL dan Kondisi Fisik BAIK dan Kondisi Fungsionalitas BAIK dan Kelengkapan LENGKAP dan Usia Handphone BARU, maka Harga Jual Handphone MAHAL
[R2]	Jika Harga Pasaran MAHAL dan Kondisi Fisik BAIK dan Kondisi Fungsionalitas BAIK dan Kelengkapan LENGKAP dan Usia Handphone SEDANG, maka Harga Jual Handphone MAHAL
[R3]	Jika Harga Pasaran MAHAL dan Kondisi Fisik BAIK dan Kondisi Fungsionalitas BAIK dan Kelengkapan LENGKAP dan Usia Handphone LAMA, maka Harga Jual Handphone MAHAL
[R4]	Jika Harga Pasaran MAHAL dan Kondisi Fisik SEDANG dan Kondisi Fungsionalitas SEDANG dan Kelengkapan LENGKAP dan Usia Handphone BARU, maka Harga Jual Handphone SEDANG
[R5]	Jika Harga Pasaran MAHAL dan Kondisi Fisik SEDANG dan Kondisi Fungsionalitas BAIK dan Kelengkapan LENGKAP dan Usia Handphone BARU, maka Harga Jual Handphone SEDANG
[R6]	Jika Harga Pasaran MAHAL dan Kondisi Fisik BAIK dan Kondisi Fungsionalitas SEDANG dan Kelengkapan LENGKAP dan Usia Handphone BARU, maka Harga Jual Handphone MAHAL
[R7]	Jika Harga Pasaran MAHAL dan Kondisi Fisik SEDANG dan Kondisi Fungsionalitas SEDANG dan Kelengkapan CUKUP dan Usia Handphone SEDANG, maka Harga Jual Handphone SEDANG
[R8]	Jika Harga Pasaran MAHAL dan Kondisi Fisik BURUK dan Kondisi Fungsionalitas BURUK dan Kelengkapan KURANG dan Usia Handphone LAMA, maka Harga Jual Handphone SEDANG
[R9]	Jika Harga Pasaran MAHAL dan Kondisi Fisik BAIK dan Kondisi Fungsionalitas BAIK dan Kelengkapan CUKUP dan Usia Handphone SEDANG, maka Harga Jual Handphone MAHAL
[R10]	Jika Harga Pasaran SEDANG dan Kondisi Fisik BAIK dan Kondisi Fungsionalitas BAIK dan Kelengkapan LENGKAP dan Usia Handphone BARU, maka Harga Jual Handphone SEDANG
[R11]	Jika Harga Pasaran SEDANG dan Kondisi Fisik SEDANG dan Kondisi Fungsionalitas SEDANG dan Kelengkapan LENGKAP dan Usia Handphone BARU, maka Harga Jual Handphone SEDANG
[R12]	Jika Harga Pasaran SEDANG dan Kondisi Fisik BAIK dan Kondisi Fungsionalitas SEDANG dan Kelengkapan LENGKAP dan Usia Handphone BARU, maka Harga Jual Handphone SEDANG
[R13]	Jika Harga Pasaran SEDANG dan Kondisi Fisik SEDANG dan Kondisi Fungsionalitas BAIK dan Kelengkapan LENGKAP dan Usia Handphone BARU, maka Harga Jual Handphone SEDANG
[R14]	Jika Harga Pasaran SEDANG dan Kondisi Fisik SEDANG dan Kondisi Fungsionalitas SEDANG dan Kelengkapan CUKUP dan Usia Handphone SEDANG, maka Harga Jual Handphone SEDANG
[R15]	Jika Harga Pasaran SEDANG dan Kondisi Fisik BAIK dan Kondisi Fungsionalitas SEDANG dan Kelengkapan CUKUP dan Usia Handphone SEDANG, maka Harga Jual Handphone SEDANG
[R16]	Jika Harga Pasaran SEDANG dan Kondisi Fisik BAIK dan Kondisi Fungsionalitas BAIK dan Kelengkapan CUKUP dan Usia Handphone SEDANG, maka Harga Jual Handphone SEDANG
[R17]	Jika Harga Pasaran SEDANG dan Kondisi Fisik BURUK dan Kondisi Fungsionalitas BURUK dan Kelengkapan KURANG dan Usia Handphone LAMA, maka Harga Jual Handphone SEDANG
[R18]	Jika Harga Pasaran SEDANG dan Kondisi Fisik SEDANG dan Kondisi Fungsionalitas SEDANG dan Kelengkapan CUKUP dan Usia Handphone LAMA, maka Harga Jual Handphone MURAH
[R19]	Jika Harga Pasaran MURAH dan Kondisi Fisik BAIK dan Kondisi Fungsionalitas BAIK dan Kelengkapan LENGKAP dan Usia Handphone BARU, maka Harga Jual Handphone MURAH
[R20]	Jika Harga Pasaran MURAH dan Kondisi Fisik SEDANG dan Kondisi Fungsionalitas SEDANG dan Kelengkapan LENGKAP dan Usia Handphone BARU, maka Harga Jual Handphone MURAH
[R21]	Jika Harga Pasaran MURAH dan Kondisi Fisik BAIK dan Kondisi Fungsionalitas SEDANG dan Kelengkapan LENGKAP dan Usia Handphone BARU, maka Harga Jual Handphone MURAH
[R22]	Jika Harga Pasaran MURAH dan Kondisi Fisik SEDANG dan Kondisi Fungsionalitas BAIK dan Kelengkapan LENGKAP dan Usia Handphone BARU, maka Harga Jual Handphone MURAH

No	Aturan (Rule)
[R23]	Jika Harga Pasaran MURAH dan Kondisi Fisik BURUK dan Kondisi Fungsionalitas BURUK dan Kelengkapan KURANG dan Usia Handphone LAMA, maka Harga Jual Handphone MURAH
[R24]	Jika Harga Pasaran MURAH dan Kondisi Fisik SEDANG dan Kondisi Fungsionalitas SEDANG dan Kelengkapan CUKUP dan Usia Handphone SEDANG, maka Harga Jual Handphone MURAH
[R25]	Jika Harga Pasaran MURAH dan Kondisi Fisik BURUK dan Kondisi Fungsionalitas BAIK dan Kelengkapan CUKUP dan Usia Handphone SEDANG, maka Harga Jual Handphone MURAH

Pemodelan

Berdasarkan variabel input yang telah didapatkan melalui proses wawancara, dibawah ini merupakan pemodelan dari variabel-variabel yang digunakan dalam proses penentuan harga jual handphone bekas.

1. Harga Pasaran



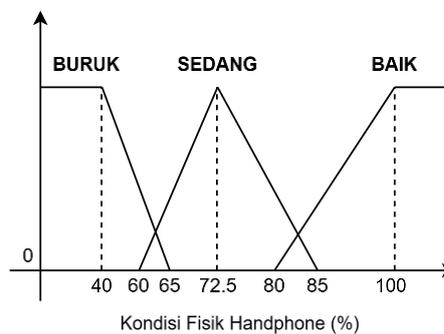
Gambar 1. Representasi Fuzzy Variabel Harga Pasaran

$$\mu_{MURAH}[x] = \begin{cases} 0; & x \geq 3 \\ \frac{3-x}{3-1}; & 1 \leq x \leq 3 \\ 1; & x \leq 1 \end{cases} \quad (1)$$

$$\mu_{SEDANG}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 2 \text{ atau } x \geq 6 \\ \frac{x-2}{4-2}; & 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4}; & 4 \leq x \leq 6 \end{cases} \quad (2)$$

$$\mu_{MAHAL}[x] = \begin{cases} 0; & x \leq 4 \\ \frac{x-4}{9-4}; & 4 \leq x \leq 9 \\ 1; & x \geq 9 \end{cases} \quad (3)$$

2. Kondisi Fisik



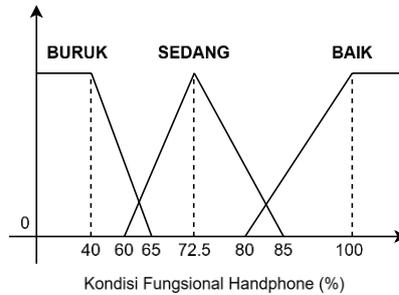
Gambar 2. Representasi Fuzzy Variabel Kondisi Fisik

$$\mu_{BURUK}[x] = \begin{cases} 0; & x \geq 65 \\ \frac{65-x}{65-40}; & 40 \leq x \leq 65 \\ 1; & x \leq 40 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu_{\text{SEDANG}}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 60 \text{ atau } x \geq 85 \\ \frac{x-60}{72.5-60}; 60 \leq x \leq 72.5 \\ \frac{85-x}{85-72.5}; 72.5 \leq x \leq 85 \end{cases} \quad (5)$$

$$\mu_{\text{BAIK}}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 80 \\ \frac{x-80}{100-80}; 80 \leq x \leq 100 \\ 1; x \geq 100 \end{cases} \quad (6)$$

3. Kondisi Fungsional



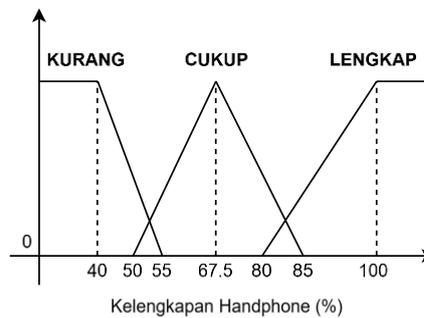
Gambar 3. Representasi Fuzzy Variabel Kondisi Fungsional

$$\mu_{\text{BURUK}}[x] = \begin{cases} 0; x \geq 65 \\ \frac{65-x}{65-40}; 40 \leq x \leq 65 \\ 1; x \leq 40 \end{cases} \quad (7)$$

$$\mu_{\text{SEDANG}}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 60 \text{ atau } x \geq 85 \\ \frac{x-60}{72.5-60}; 60 \leq x \leq 72.5 \\ \frac{85-x}{85-72.5}; 72.5 \leq x \leq 85 \end{cases} \quad (8)$$

$$\mu_{\text{BAIK}}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 80 \\ \frac{x-80}{100-80}; 80 \leq x \leq 100 \\ 1; x \geq 100 \end{cases} \quad (9)$$

4. Kelengkapan



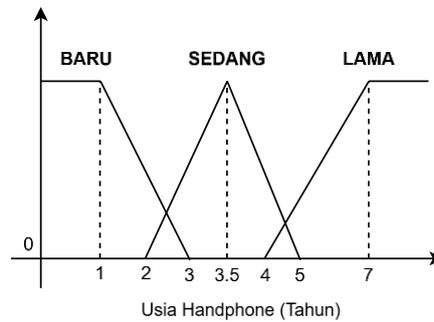
Gambar 4. Representasi Fuzzy Variabel Kelengkapan

$$\mu_{\text{KURANG}}[x] = \begin{cases} 0; x \geq 55 \\ \frac{55-x}{55-40}; 40 \leq x \leq 55 \\ 1; x \leq 40 \end{cases} \quad (10)$$

$$\mu_{\text{CUKUP}}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 50 \text{ atau } x \geq 85 \\ \frac{x-50}{67.5-50}; 50 \leq x \leq 67.5 \\ \frac{85-x}{85-67.5}; 67.5 \leq x \leq 85 \end{cases} \quad (11)$$

$$\mu_{\text{LENGKAP}}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 80 \\ \frac{x-80}{100-80}; 80 \leq x \leq 100 \\ 1; x \geq 100 \end{cases} \quad (12)$$

5. Usia



Gambar 5. Representasi Fuzzy Variabel Usia

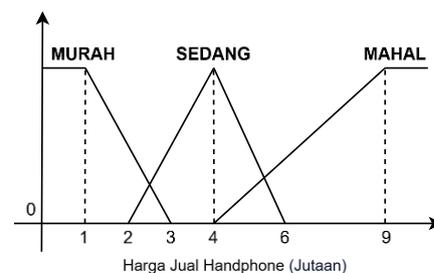
$$\mu_{\text{BARU}}[x] = \begin{cases} 0; x \geq 3 \\ \frac{3-x}{3-1}; 1 \leq x \leq 3 \\ 1; x \leq 1 \end{cases} \quad (13)$$

$$\mu_{\text{SEDANG}}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 2 \text{ atau } x \geq 5 \\ \frac{x-2}{3.5-2}; 2 \leq x \leq 3.5 \\ \frac{5-x}{5-3.5}; 3.5 \leq x \leq 5 \end{cases} \quad (14)$$

$$\mu_{\text{LAMA}}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 4 \\ \frac{x-4}{7-4}; 4 \leq x \leq 7 \\ 1; x \geq 7 \end{cases} \quad (15)$$

Kemudian untuk pemodelan output yaitu harga jual handphone bekas dapat dilihat dibawah ini.

1. Harga Jual



Gambar 6. Representasi Fuzzy Harga Jual

$$\mu_{\text{MURAH}}[x] = \begin{cases} 0; x \geq 3 \\ \frac{3-x}{3-1}; 1 \leq x \leq 3 \\ 1; x \leq 1 \end{cases} \quad (16)$$

$$\mu_{\text{SEDANG}}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 2 \text{ atau } x \geq 6 \\ \frac{x-2}{4-2}; 2 \leq x \leq 4 \\ \frac{6-x}{6-4}; 4 \leq x \leq 6 \end{cases} \quad (17)$$

$$\mu_{\text{MAHAL}}[x] = \begin{cases} 0; x \leq 4 \\ \frac{x-4}{9-4}; 4 \leq x \leq 9 \\ 1; x \geq 9 \end{cases} \quad (18)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penerapan metode Fuzzy Tsukamoto dalam menentukan harga jual handphone bekas. Sistem yang dibangun menggunakan sejumlah variabel seperti harga pasaran, kondisi fisik, kondisi fungsional, kelengkapan, dan usia handphone untuk menghasilkan rekomendasi harga jual secara lebih objektif. Untuk menguji bagaimana metode ini bekerja dalam situasi nyata, dilakukan simulasi terhadap sebuah kasus sebagai berikut.

Misalkan terdapat seorang pemilik toko yang mengalami kesulitan dalam menentukan harga jual handphone bekas. Diketahui bahwa handphone tersebut memiliki harga pasaran sebesar Rp. 3.500.000 atau (3.5 juta), kondisi fisik 81%, kondisi fungsional 81%, kelengkapan 85%, dan usia pemakaian selama 2,5 tahun. Berdasarkan data tersebut, sistem akan memproses nilai-nilai input tersebut menggunakan aturan-aturan fuzzy yang telah ditentukan sebelumnya untuk menghasilkan harga jual akhir yang direkomendasikan. Untuk memperoleh hasil tersebut, proses penentuan harga dilakukan melalui beberapa tahapan dalam metode Fuzzy Tsukamoto sebagai berikut.

Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan langkah awal dalam penerapan logika fuzzy, yang berfungsi mengonversi nilai input tegas (*crisp*) menjadi representasi fuzzy. Proses ini dilakukan dengan Menentukan tingkat keterlibatan masing-masing input dalam himpunan fuzzy yang relevan (Kusumadewi & Purnomo, 2010). Berikut di bawah ini penerapan fuzzifikasi dalam contoh kasus di atas untuk mencari nilai derajat keanggotaan berdasarkan inputan setiap variabel.

- Derajat keanggotaan untuk variabel harga pasaran

$$\begin{aligned}\mu_{\text{HpasaranMURAH}}[3.5] &= 0 \\ \mu_{\text{HpasaranSEDANG}}[3.5] &= \frac{3.5 - 2}{4 - 2} = 0.75 \\ \mu_{\text{HpasaranMAHAL}}[3.5] &= 0\end{aligned}$$

- Derajat keanggotaan untuk variabel kondisi fisik

$$\begin{aligned}\mu_{\text{KfisikBURUK}}[81] &= 0 \\ \mu_{\text{KfisikSEDANG}}[81] &= \frac{85 - 81}{85 - 72.5} = 0.32 \\ \mu_{\text{KfisikBAIK}}[81] &= \frac{81 - 80}{100 - 80} = 0.05\end{aligned}$$

- Derajat keanggotaan untuk variabel kondisi fungsional

$$\begin{aligned}\mu_{\text{KfungsionalBURUK}}[81] &= 0 \\ \mu_{\text{KfungsionalSEDANG}}[81] &= \frac{85 - 81}{85 - 72.5} = 0.32 \\ \mu_{\text{KfungsionalBAIK}}[81] &= \frac{81 - 80}{100 - 80} = 0.05\end{aligned}$$

- Derajat keanggotaan untuk variabel kelengkapan

$$\begin{aligned}\mu_{\text{KelengkapanKURANG}}[85] &= 0 \\ \mu_{\text{KelengkapanCUKUP}}[85] &= 0 \\ \mu_{\text{KelengkapanLENGKAP}}[85] &= \frac{85 - 80}{100 - 80} = 0.25\end{aligned}$$

- Derajat keanggotaan untuk variabel usia

$$\begin{aligned}\mu_{\text{UsiaBARU}}[2.5] &= \frac{3 - 2.5}{3 - 1} = 0.25 \\ \mu_{\text{UsiaSEDANG}}[2.5] &= \frac{2.5 - 2}{3.5 - 2} = 0.33 \\ \mu_{\text{UsiaLAMA}}[2.5] &= 0\end{aligned}$$

Inferensi

Inferensi merupakan suatu proses yang mencakup penentuan derajat kebenaran (α -predikat) dari setiap aturan berdasarkan nilai keanggotaan inputnya, serta perhitungan nilai output (z) dari masing-masing aturan (Kusumadewi & Purnomo, 2010). Perlu diketahui bahwa tidak semua aturan yang ada berperan dalam perhitungan akhir. Aturan yang memiliki α -predikat sebesar nol tidak

mempengaruhi hasil defuzzifikasi, sehingga pada bagian ini hanya disajikan aturan-aturan yang aktif atau yang memiliki kontribusi terhadap hasil akhir. Berikut disajikan nilai derajat kebenaran (α -predikat) dan nilai output setiap aturan (z), berdasarkan kasus yang telah disampaikan diatas.

$$\begin{aligned}
 [R10] \alpha_{10} &= \mu_{HpsrSEDANG} \cap \mu_{KfskBAIK} \cap \mu_{KfngBAIK} \cap \mu_{KlngLENGKAP} \cap \mu_{UsaBARU} \\
 &= \min (0.75; 0.05; 0.05; 0.25; 0.25) = 0.05 \\
 z_{10} &= (z-2) / (4-2) = 0.05 \\
 z_{10} &= 2.1 \\
 [R11] \alpha_{11} &= \mu_{HpsrSEDANG} \cap \mu_{KfskSEDANG} \cap \mu_{KfngSEDANG} \cap \mu_{KlngLENGKAP} \cap \mu_{UsaBARU} \\
 &= \min (0.75; 0.32; 0.32; 0.25; 0.25) = 0.25 \\
 z_{11} &= (z-2) / (4-2) = 0.25 \\
 z_{11} &= 2.5 \\
 [R12] \alpha_{12} &= \mu_{HpsrSEDANG} \cap \mu_{KfskBAIK} \cap \mu_{KfngSEDANG} \cap \mu_{KlngLENGKAP} \cap \mu_{UsaBARU} \\
 &= \min (0.75; 0.05; 0.32; 0.25; 0.25) = 0.05 \\
 z_{12} &= (z-2) / (4-2) = 0.05 \\
 z_{12} &= 2.1 \\
 [R13] \alpha_{13} &= \mu_{HpsrSEDANG} \cap \mu_{KfskSEDANG} \cap \mu_{KfngBAIK} \cap \mu_{KlngLENGKAP} \cap \mu_{UsaBARU} \\
 &= \min (0.75; 0.32; 0.05; 0.25; 0.25) = 0.05 \\
 z_{13} &= (z-2) / (4-2) = 0.05 \\
 z_{13} &= 2.1
 \end{aligned}$$

Defuzzifikasi

Defuzzifikasi merupakan proses akhir dalam logika fuzzy, yang bertujuan untuk mengubah hasil inferensi pada tahap sebelumnya yang berupa nilai-nilai fuzzy menjadi nilai tegas (*crisp*) (Kusumadewi & Purnomo, 2010). Proses defuzzifikasi dapat dilihat dibawah ini.

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{\alpha_{pred10} * z_{10} + \alpha_{pred11} * z_{11} + \alpha_{pred12} * z_{12} + \alpha_{pred13} * z_{13}}{\alpha_{pred10} + \alpha_{pred11} + \alpha_{pred12} + \alpha_{pred13}} \\
 Z &= \frac{0.05 * 2.1 + 0.25 * 2.5 + 0.05 * 2.1 + 0.05 * 2.1}{0.05 + 0.25 + 0.05 + 0.05} = 2.35
 \end{aligned}$$

Berdasarkan contoh kasus yang telah disampaikan sebelumnya serta melalui seluruh tahapan proses metode fuzzy tsukamoto, diperoleh nilai akhir $Z = 2,35$ atau setara dengan Rp. 2.350.000 setelah dikonversi ke dalam rupiah.

Pengujian

Pengujian terhadap penerapan metode fuzzy tsukamoto dalam menentukan harga jual handphone bekas dilakukan menggunakan metode MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). MAPE merupakan perbedaan absolut antara nilai prediksi dan nilai aktual yang di rata-rata dan dinyatakan dalam persentase. MAPE digunakan untuk mengevaluasi tingkat akurasi suatu model prediksi (Nabillah & Ranggadara, 2020). Hasil pengujian akurasi ditampilkan pada Tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4 Hasil Pengujian (MAPE)

No	Prediksi (P)	Aktual (A)	Absolute Error ($\frac{ A-P }{A}$)
1	2.350.000	2.500.000	0.0600
2	6.100.000	3.000.000	1.0333
3	2.793.000	2.800.000	0.0025
4	5.714.000	4.500.000	0.2698
5	2.251.000	1.500.000	0.5007
6	2.080.000	2.200.000	0.0545

No	Prediksi (P)	Aktual (A)	Absolute Error ($\frac{ A-P }{A}$)
7	2.454.000	2.000.000	0.2270
8	2.428.000	2.500.000	0.0288
9	2.100.000	2.200.000	0.0455
10	2.500.000	2.800.000	0.1071
		Total	2.3292
		MAPE	0.23292
		MAPE (Dalam %)	23.29%

Hasil pengujian yang ditampilkan pada Tabel 3 diatas menunjukkan nilai prediksi, nilai aktual, dan nilai *absolute error* untuk sepuluh handphone yang diuji. Nilai prediksi merupakan hasil keluaran dari model fuzzy Tsukamoto yang dihasilkan setelah menguji inputan-inputan untuk setiap handphone tersebut. Setiap nilai prediksi ini mewakili harga yang diperkirakan oleh model berdasarkan aturan-aturan fuzzy yang telah diterapkan. Sementara itu, nilai aktual adalah harga yang ditentukan oleh pemilik toko berdasarkan inputan-inputan yang sama. Perbedaan antara nilai prediksi dan nilai aktual menghasilkan nilai *absolute error*, yang dihitung dengan rumus $\frac{|Aktual-Prediksi|}{Aktual}$. Untuk memperoleh nilai MAPE, total dari nilai absolute error dibagi dengan jumlah data, yaitu 10, setelah itu kali dengan 100% sehingga menghasilkan nilai MAPE sebesar 23.29%. Nilai MAPE ini menggambarkan tingkat ketepatan prediksi model, dengan Semakin rendah nilai MAPE yang diperoleh, maka semakin tinggi tingkat akurasi model prediksi tersebut. Dengan demikian, tingkat akurasi model ini adalah $100\% - 23.29\% = 76.71\%$, yang menunjukkan bahwa model ini memiliki akurasi yang cukup baik dalam menentukan harga jual handphone bekas.

Tinjauan Terhadap Hasil

Nilai Tingkat akurasi sebesar 76.71% menunjukkan bahwa sistem mampu memberikan hasil prediksi harga jual handphone bekas yang cukup baik dan mendekati nilai aktual. Akurasi ini mencerminkan bahwa sistem dapat berfungsi secara efektif sebagai alat bantu dalam memberikan rekomendasi harga yang relevan berdasarkan kondisi handphone. Implikasi dari hasil ini adalah bahwa sistem dapat dimanfaatkan oleh pemilik toko sebagai acuan awal dalam menentukan harga jual handphone bekas. Khususnya bagi ke-11 toko yang menjadi objek dalam penelitian ini dan berlokasi di Jalan Moses Gatotkaca, Sleman, Yogyakarta. Data yang digunakan dalam sistem merupakan hasil observasi langsung dari harga dan kondisi handphone di toko-toko tersebut, sehingga sistem ini mampu memberikan rekomendasi harga yang sesuai dengan karakteristik lokal.

Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan pada CV. Sumber Jaya Computer, di mana penerapan metode Fuzzy Tsukamoto juga disesuaikan dengan kondisi dan data spesifik yang berasal dari toko tersebut. Dalam penelitian tersebut, sistem berhasil membantu dalam menentukan harga laptop bekas berdasarkan spesifikasi yang tersedia di CV. Sumber Jaya Computer, dan perhitungan fuzzy dibangun dari aturan-aturan yang sesuai dengan praktik di lapangan. Hal ini menunjukkan bahwa efektivitas model fuzzy sangat bergantung pada kesesuaian antara aturan yang digunakan dan data nyata yang menjadi dasar pengambilan keputusan. Dengan demikian, baik dalam penelitian ini maupun pada penelitian sebelumnya, sistem yang dibangun dirancang untuk bekerja optimal dalam konteks data dan kebijakan penilaian harga di lokasi masing-masing (Marpaung et al., 2020).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh mengenai penerapan metode Fuzzy Tsukamoto pada penentuan harga jual handphone bekas, dapat disimpulkan bahwa metode ini mampu menghasilkan estimasi atau saran harga yang cukup akurat dengan mempertimbangkan beberapa variabel, seperti harga pasaran, kondisi fisik, kondisi fungsional, kelengkapan, dan usia handphone. Hasil pengujian menggunakan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) menunjukkan tingkat akurasi model sebesar

76.71%, yang mengindikasikan bahwa model ini dapat memprediksi harga dengan tingkat ketepatan yang cukup baik. Diharapkan hasil ini mampu untuk mempermudah toko-toko dalam menentukan harga jual handphone bekas secara objektif, serta dapat diterapkan langsung di lingkungan operasional toko untuk meningkatkan efisiensi dalam proses penentuan harga jual.

DAFTAR PUSTAKA

- Antoni, I. D., & Findawati, Y. (2024). Implementasi Logika Fuzzy Untuk Menentukan Jumlah Produksi Roti Menggunakan Metode Tsukamoto. *SMATIKA JURNAL: STIKI Informatika Jurnal*, 14(01), 61–70.
- Anwar, R. I. Y. (2018). Sistem Pendukung Keputusan Penentuan Harga Beli Handphone Bekas dengan Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto. *Technologia: Jurnal Ilmiah*, 9(4), 263–269.
- Azizah, N. A., Hutami, A., & Norlita, N. (2023). Kecanggihan Smartphone sebagai Media Pembelajaran Di Era Modern. *Borneo Journal of Islamic Education*, 3(1), 65–73. <https://doi.org/10.21093/bjie.v3i1.6333>
- Febrianto, M. A., & Widyadara, M. A. D. (2021). Sistem Kecerdasan Buatan untuk Menentukan Harga Sewa Kamar Kost Menggunakan Algoritma Fuzzy Tsukamoto. *Prosiding SEMNAS INOTEK (Seminar Nasional Inovasi Teknologi)*, 5(1), 275–280.
- Hariro, A. Z. Z., Harahap, N. R., Puspitasari, P., Ardiyani, F., Melisa, W., & Juliani, J. (2024). Mengatasi Kesenjangan Digital dalam Pendidikan: Sosial dan Bets Practices. *Jurnal Nakula: Pusat Ilmu Pendidikan, Bahasa Dan Ilmu Sosial*, 2(4), 187–193.
- Jamaludin, F. (2024). *Tak masalah beli HP bekas, yang penting iPhone*. Merdeka.Com. <https://www.merdeka.com/teknologi/tak-masalah-beli-bekas-yang-penting-iphone-81581-mvk.html?page=2>
- Jamaludin, F. (2025). *Ekonomi lagi lesu, tapi faktanya orang Indonesia masih doyan beli HP mahal*. Merdeka.Com. <https://www.merdeka.com/teknologi/ekonomi-lagi-lesu-tapi-faktanya-orang-indonesia-masih-doyan-beli-hp-mahal-327033-mvk.html?page=2>
- Kusumadewi, S., & Purnomo, H. (2010). Aplikasi Logika Fuzzy untuk pendukung keputusan. *Yogyakarta: Graha Ilmu*, 2.
- Logo, J. F. B., Wantoro, A., & Susanto, E. R. (2020). Model Berbasis Fuzzy Dengan Fis Tsukamoto Untuk Penentuan Besaran Gaji Karyawan Pada Perusahaan Swasta. *Jurnal Teknoinfo*, 14(2), 124–130.
- Marpaung, J. Y., Ginting, G. L., & Silalahi, N. (2020). Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Dalam Penentuan Harga Laptop Bekas. *Building of Informatics, Technology and Science (BITS)*, 2(2), 115–126.
- Maulida, L., & Pratomo, Y. (2023). *IDC: Smartphone bekas dan refurbished makin diminati*. Kompas.Com. <https://tekno.kompas.com/read/2023/01/12/12300087/idc--smartphone-bekas-dan-refurbished-makin-diminati>
- Nabillah, I., & Ranggadara, I. (2020). Mean absolute percentage error untuk evaluasi hasil prediksi komoditas laut. *JOINS (Journal of Information System)*, 5(2), 250–255.
- Nugroho, R. P., Setiawan, B. D., & Furqon, M. T. (2019). Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto untuk Menentukan Harga Sewa Hotel (Studi Kasus: Gili Amor Boutique Resort, Dusun Gili Trawangan, Nusa Tenggara Barat). *Jurnal Pengembangan Teknologi Informasi Dan Ilmu Komputer*, 3(3), 2581–2588.
- Pramudita, B. (2024). *Pasar smartphone anjlok, pasar HP bekas malah bertumbuh, iPhone paling laris*. Marketeers.Com. <https://www.marketeers.com/pasar-smartphone-anjlok-pasar-hp-bekas-malah-bertumbuh-iphone-paling-laris/>
- Ragestu, F. D., & Sibarani, A. J. P. (2020). Penerapan Metode Fuzzy Tsukamoto Dalam Pemilihan Siswa Teladan di Sekolah. *Teknika*, 9(1), 9–15.

- Romdona, S., Junista, S. S., & Gunawan, A. (2025). Teknik Pengumpulan Data: Observasi, Wawancara Dan Kuesioner. *JISOSEPOL: Jurnal Ilmu Sosial Ekonomi Dan Politik*, 3(1), 39–47. <https://doi.org/10.61787/taceee75>
- Sebastian, K., & Kosasi, S. (2022). Implementasi Fuzzy Metode Tsukamoto Dalam Sistem Penentu Harga Jual Smartphone Bekas. *E-Jurnal JUSITI (Jurnal Sistem Informasi Dan Teknologi Informasi)*, 11(01), 47–58. <https://doi.org/10.36774/jusiti.v11i1.910>
- Simabur, P. R. F., & Tempola, F. (2021). Application of determining the price of batik using Fuzzy Tsukamoto. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1125(1), 012022. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1125/1/012022>
- Suhartadi, I. (2024). *Pasar smartphone di RI akan terus bertumbuh*. Investor.Id. <https://investor.id/business/366361/pasar-smartphonediri-akan-terus-bertumbuh>
- Wilujeng, S. R., & Suryaningsih, S. (2022). Cara bijak pemanfaatan teknologi di era digital. *Harmoni: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 6(1), 50–56. <https://doi.org/10.14710/hm.6.1.50-56>