

PENERAPAN METODE FUZZY TSUKAMOTO UNTUK PENENTUAN HARGA RUMAH DI KOTA BANDUNG

¹Pawit Widiyantoro*, ²Rosita Dian Febriyanti, ³Cheppi Garda Muhamad
^{1,2,3}Program Studi Teknik Informatika Institut Teknologi Telkom Purwokerto
^{1,2,3}Jl. DI Panjaitan No.128, Kec. Purwokerto Selatan, Kab. Banyumas,
Jawa Tengah 53147
¹21102184@ittelkom-pwt.ac.id, ²21102186@ittelkom-pwt.ac.id,
³21102163@ittelkom-pwt.ac.id
) Penulis Korespondensi

Abstrak

Rumah merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia yang harganya selalu naik tiap tahunnya. Prediksi harga rumah dapat membantu seseorang untuk mengetahui harga rumah dengan faktor-faktor tertentu. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi harga rumah di kota Bandung menggunakan logika fuzzy. Digunakan metode Fuzzy Tsukamoto dalam penelitian ini dengan menggunakan 3 variabel masukan yaitu jumlah kamar, luas bangunan, dan luas lahan dengan keluaran yaitu variabel harga rumah. Variabel masukan yang digunakan disusun ke dalam 18 rule fuzzy dan diuji menggunakan 5 data. Hasil perhitungan kemudian dievaluasi menggunakan Mean Average Error (MAE). Hasil perhitungan menunjukkan nilai MAE sebesar 34.691.272,8 yang jika dipersentasekan terhadap harga rata-rata akan menjadi 7,5%. Hasil ini menunjukkan bahwa metode Fuzzy Tsukamoto yang digunakan dalam penelitian ini cukup baik untuk memprediksi harga rumah di Kota Bandung.

Kata Kunci: Logika Fuzzy, Metode Tsukamoto, Prediksi Harga Rumah.

Abstract

The house is one of the basic needs of humans, and its price always increases every year. A house price prediction can help someone determine the price of a house with certain factors. This study aims to predict house prices in the city of Bandung using fuzzy logic. The Fuzzy Tsukamoto method is employed in this research, utilizing 3 input variables: Number of Rooms, Building Area, and Land Area, with the output being the house price variable. The input variables are organized into 18 fuzzy rules and tested using 5 data. The calculation results are then evaluated using Mean Absolute Error (MAE). The calculation result shows an MAE value of 34,691,272.8, which, when expressed as a percentage of the average price, becomes 7.5%. The result indicates that the Fuzzy Tsukamoto method is quite effective for predicting house prices in Bandung City.

Keywords: Fuzzy Logic, Tsukamoto Method, House Price Prediction.

PENDAHULUAN

Rumah merupakan salah satu kebutuhan pokok manusia [1]. Permintaan pasar terhadap rumah yang selalu naik setiap tahunnya menyebabkan naiknya harga rumah. Terdapat berbagai cara untuk menentukan harga rumah,

salah satunya adalah menggunakan metode *hedonic price* [2]. *Hedonic price* didefinisikan sebagai penentuan harga produk berdasarkan perbedaan atribut atau karakter tertentu [3]. Biasanya terdapat empat karakteristik yang digunakan untuk menentukan harga rumah, yaitu karakteristik struktural (umur rumah, tipe

material, ukuran, dan jumlah kamar), karakteristik lokasi (jarak ke area bisnis), karakteristik warga (berdasarkan pendapatan dan edukasi), dan karakteristik lingkungan (kualitas tanah dan udara) [4].

Prediksi harga rumah memberikan manfaat baik bagi pembeli maupun investor. Bagi pembeli, prediksi harga dapat membantu mereka menentukan waktu yang tepat untuk membeli rumah. Sementara bagi investor, prediksi harga dapat membantu mereka menentukan rentang harga yang sesuai untuk produk mereka [2]. Dulu, digunakan cara manual untuk memprediksi harga rumah, akan tetapi perhitungan manual memberikan *error* sekitar 25% [5]. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah sistem yang mampu memprediksi harga rumah dengan lebih akurat. Logika *fuzzy* dianggap cocok untuk kasus ini karena mampu memetakan suatu input ke dalam output tanpa mengabaikan faktor-faktor pendukungnya [6].

Himpunan klasik atau sering disebut sebagai *crisp* merupakan sebuah himpunan tanpa ambiguitas. Hal ini berarti tidak ada ketidakpastian yang terlibat dalam himpunan ini. Karakteristik dari himpunan klasik adalah hanya memasukkan nilai 0 atau 1 untuk setiap anggotanya tanpa memasukkan nilai antara 0 dan 1. Beberapa contoh anggota himpunan *crisp* adalah “benar” atau “salah”, “ya” atau “tidak”, “benar” atau “buruk”. Hal tersebut berbeda dengan himpunan *fuzzy* yang anggotanya dinyatakan dengan derajat keanggotaan diantara 0 dan 1. Dengan kata lain, nilai kebenaran suatu item tidak hanya

bernilai salah (0) atau benar (1), tetapi masih ada nilai lain di antara benar dan salah. Teori *fuzzy* sangat efisien untuk menangani hal-hal yang ambigu [1], [7]-[11].

Dalam bahasa inggris *fuzzy* memiliki arti kabur atau tidak jelas. Jadi, logika *fuzzy* adalah logika yang kabur atau mengandung unsur ketidakpastian. Konsep tentang logika *fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh Prof. Lotfi Astar Zadeh, seorang peneliti dari Universitas California, Berkeley, pada Juni 1962. Zadeh membuat himpunan *fuzzy* sebagai himpunan dari semesta x yang mampu mengakomodasi “derajat keanggotaan”. Konsep dari himpunan *fuzzy* kontras terhadap konsep himpunan klasik (*crisp*) yang memiliki batasan pasti. Zadeh mengembangkan ide dari himpunan *crisp* dengan menambahkan nilai interval antara 0 dan 1 [1], [9]-[12].

Dalam logika *fuzzy*, sifat-sifat seperti "panas" atau "dingin" dapat diukur dengan skala yang berbeda dan tidak dibatasi pada kategori yang jelas. Ini memungkinkan sistem untuk menangani masalah dengan faktor yang tidak dapat diukur dengan jelas [13]. Logika *fuzzy* digunakan secara luas dalam sistem prediksi dan pengambilan keputusan yang melibatkan ketidakpastian dan keambiguan [14]. Terdapat berbagai metode dalam *fuzzy logic* seperti metode Mamdani, Tsukamoto, dan Sugeno [11], [12].

Metode Tsukamoto yang merupakan metode pengambilan keputusan yang dapat diterapkan ke dalam semua *rule* monoton pertama kali diperkenalkan oleh Tsukamoto

pada 1979. Metode Tsukamoto memberikan *output crisp* yang memudahkan untuk mengidentifikasi hubungan antara *input* dan *output* [15]. Pada metode Tsukamoto, setiap konsekuen pada aturan IF-THEN harus direpresentasikan dengan satu atau lebih himpunan *fuzzy* [16], [17]. Sebagai hasilnya, output akhir hasil inferensi tiap aturan akan berbentuk tegas berdasarkan *alpha* predikat. Hasil akhirnya diperoleh dengan menggunakan rata-rata terbobot [18]. Kelebihan dari metode Tsukamoto adalah sifatnya yang intuitif dan dapat bekerja dengan informasi yang bersifat kualitatif, tidak akurat, dan ambigu [17], [19].

Terdapat beberapa penelitian terdahulu yang menjadi referensi bagi penelitian ini. Penelitian yang dilakukan oleh Priyani s.d. et al membahas tentang penentuan harga rumah di Jakarta menggunakan metode *fuzzy*. Digunakan empat input yaitu lokasi, luas tanah, tipe rumah, dan fasilitas yang semuanya terdiri atas 3 nilai *fuzzy*. Sementara output yaitu harga rumah dibagi menjadi 5 nilai *fuzzy* yaitu sangat murah, murah, normal, mahal, dan sangat mahal. Penelitian berfokus pada analisis terhadap 3 studi kasus sesuai *rule* yang telah dibuat [1]. Penelitian yang dilakukan oleh Reynaldi et al [19] membahas tentang perbandingan akurasi metode *fuzzy* Tsukamoto dengan *fuzzy* sugeno dalam prediksi harga mobil bekas. Terdapat empat *rule* dengan tiga variabel yang digunakan yaitu harga baru dan kondisi sebagai variabel input, sementara variabel harga bekas digunakan sebagai output. Dengan menggunakan *AFER* (*Average*

Forecasting Error Rate), didapatkan nilai *error* dari 15 data untuk metode Tsukamoto sebesar 8% dan metode Sugeno sebesar 38% [19]. Penelitian Setyono A. dan Nur Aeni S. membahas tentang sistem pendukung keputusan pemesanan barang menggunakan *fuzzy* Tsukamoto.

Digunakan tiga variabel dalam sistem yaitu penjualan, persediaan, dan pemesanan. Variabel penjualan terdiri dari tiga nilai yaitu turun, tetap, dan naik. Variabel persediaan terdiri atas nilai sedikit, sedang, dan banyak. Sementara variabel pemesanan juga terdiri dari tiga nilai yaitu turun, tetap, dan naik. Tahapan penelitian terdiri atas fuzzifikasi, inferensi, dan defuzzifikasi. Digunakan 9 *rule* untuk perhitungan nilai *fuzzy*. Hasil perhitungan dites menggunakan *Mean Squared Error* dengan nilai akhir *MSE* dari 7 data yang digunakan adalah 0,20815 [7]. Penelitian ini bertujuan untuk memprediksi harga rumah di kota Bandung menggunakan metode *fuzzy* Tsukamoto. Penelitian ini menggunakan data yang dikumpulkan oleh peneliti sendiri pada saat penelitian dilakukan sehingga data yang digunakan relevan dengan kondisi sesungguhnya.

Untuk mengurangi waktu komputasi, penelitian ini hanya mengambil sebagian data dari dataset sebagai representasi setiap *rule*, sehingga model yang dihasilkan kemungkinan belum dapat memprediksi harga dengan sangat akurat. Hasil prediksi dari semua data yang digunakan akan dievaluasi menggunakan *Mean Absolute Error (MAE)* untuk

mengetahui berapa besar nilai error yang didapatkan oleh metode *fuzzy* Tsukamoto.

METODE PENELITIAN

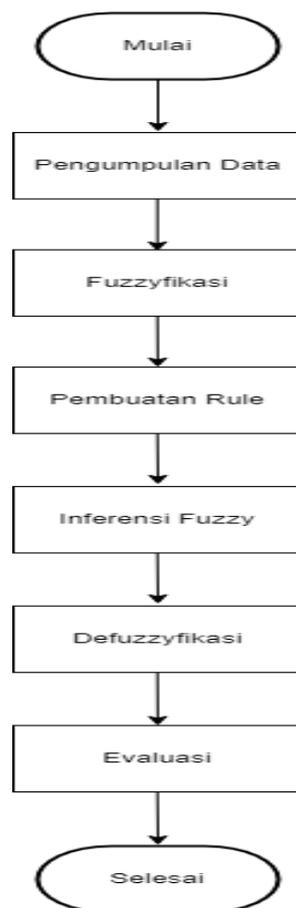
Berdasarkan gambar 1, berikut rincian metodologi yang digunakan pada penelitian ini dimulai dari proses pengumpulan data, perhitungan *fuzzy* Tsukamoto, hingga evaluasi [10], [17], [20].

Pengumpulan Data

Proses pengumpulan data dilakukan dengan teknik *scraping* pada website jual beli rumah

menggunakan *scraper tools* bernama *web scraper* yang tersedia sebagai ekstensi pada Google Chrome.

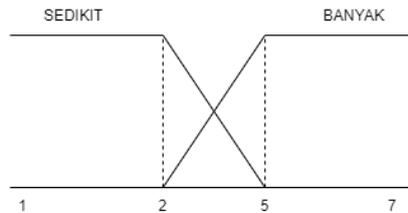
Dilakukan *filtering* untuk memastikan data yang diambil hanya berasal dari kota Bandung. Didapatkan total data sebanyak 900 data yang terdiri atas 5 kolom yaitu *URL*, alamat, jumlah kamar, luas bangunan, luas lahan, dan harga. Untuk mempersingkat waktu perhitungan, dipilih lima data yang merepresentasikan sebagian *rule*.



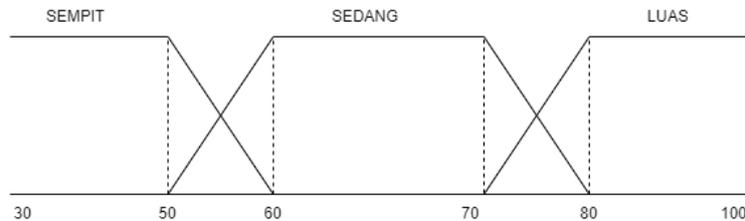
Gambar 1. Flowchart Penelitian

Tabel 1. Data Harga Rumah di Bandung

Alamat	Kamar	Bangunan	Lahan	Harga
Soreang, Bandung	4	78	78	490.500.000
Bandung	3	85	90	500.000.000
Pasir Impun, Bandung	2	60	65	435.000.000
Ujung Berung, Bandung	2	50	60	400.000.000
Baleendah	3	60	86	465.000.000



Gambar 2. Variabel Jumlah Kamar



Gambar 3. Variabel Luas Bangunan

Pada tabel 1 menunjukkan data 5 (lima) rumah yang dijual dan dipilih secara acak dari total 900 data rumah di Kota Bandung yang didapatkan setelah melakukan proses *scraping*. Data terlebih dahulu dianalisis untuk menghilangkan data *noise* yang memiliki nilai terlalu ekstrim.

Fuzzifikasi

Merupakan fase pertama dari perhitungan *fuzzy* yaitu pengubahan nilai *crisp* ke dalam bentuk *fuzzy*. Secara umum, fuzzifikasi dilakukan dengan menentukan fungsi keanggotaan dari setiap variabel input dan variabel output yang digunakan. Fungsi keanggotaan ini menentukan seberapa besar suatu nilai *crisp* memiliki kaitan dengan setiap

kategori *fuzzy*. Setiap nilai *crisp* dikonversi menjadi nilai *fuzzy* dengan menghitung nilai keanggotaan dari setiap kategori *fuzzy* yang sesuai dengan nilai *crisp* tersebut [21]. Berikut adalah grafik himpunan *fuzzy* tiap variabel.

Pada gambar 2 menunjukkan kurva himpunan *fuzzy* pada variabel jumlah kamar, dimana variabel tersebut terbagi menjadi dua himpunan *fuzzy* yaitu sedikit dan banyak. Rentang nilai 2 sampai 5 merupakan wilayah *fuzzy*, dimana jumlah kamar masuk ke dalam kategori sedikit dan banyak secara bersamaan.

Gambar 3 menunjukkan kurva himpunan *fuzzy* pada variabel luas bangunan, dimana variabel tersebut terbagi menjadi tiga himpunan *fuzzy* yaitu sempit, sedang dan luas.

Rentang nilai 50 sampai 60 merupakan wilayah *fuzzy*, dimana luas bangunan masuk ke dalam kategori sempit dan sedang secara bersamaan. Kemudian untuk rentang nilai 70 sampai 80 merupakan wilayah *fuzzy*, dimana luas bangunan masuk ke dalam kategori sedang dan luas secara bersamaan.

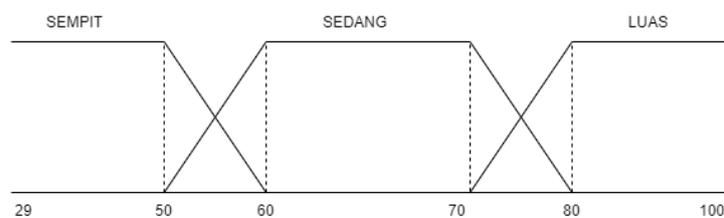
Pada gambar 4 menunjukkan kurva variabel himpunan *fuzzy* pada variabel luas lahan, dimana variabel tersebut terbagi menjadi tiga himpunan *fuzzy* yaitu sempit, sedang dan luas. Rentang nilai 50 sampai 60 merupakan wilayah *fuzzy*, dimana luas lahan masuk ke dalam kategori sempit dan sedang secara bersamaan. Kemudian untuk rentang nilai 70 sampai 80 merupakan wilayah *fuzzy*, dimana luas lahan masuk ke dalam kategori sedang dan luas secara bersamaan.

Gambar 5 menunjukkan bahwa kurva himpunan *fuzzy* pada variabel harga terbagi

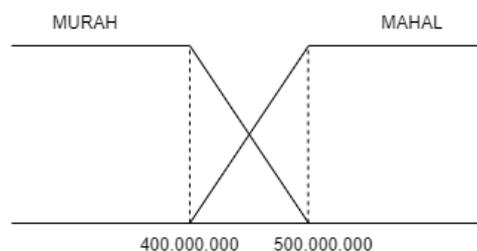
menjadi dua himpunan *fuzzy* yaitu murah dan mahal. Rentang harga 400.000.000 sampai 500.000.000 merupakan wilayah *fuzzy*, dimana harga masuk ke dalam kategori murah dan mahal secara bersamaan

Pembentukan Basis Pengetahuan Fuzzy (rule IF...THEN...)

Pembentukan aturan *fuzzy* merupakan proses untuk menentukan aturan yang digunakan dalam *fuzzy*. *Fuzzy Inference System (FIS)* terdiri dari sekumpulan rule *IF-THEN* tentang suatu observasi. Pembuatan aturan *fuzzy* akan sangat memakan waktu karena *rule* yang dibuat memerlukan pengetahuan spesifik tentang hal yang dibahas sehingga memerlukan seorang pakar [21]. *Rule* pada umumnya memiliki fakta lebih dari satu yang dihubungkan dengan operasi gabungan atau *union AND* [22]. Berikut adalah *rule* yang digunakan pada penelitian.



Gambar 4. Variabel Luas Lahan



Gambar 5. Variabel Harga

[R1] IF Kamar SEDIKIT Bangunan SEMPIT Lahan SEMPIT THEN Harga MURAH;

[R2] IF Kamar SEDIKIT Bangunan SEMPIT Lahan SEDANG THEN Harga MURAH;

[R3] IF Kamar SEDIKIT Bangunan SEMPIT Lahan LUAS THEN Harga MURAH;

[R4] IF Kamar SEDIKIT Bangunan SEDANG Lahan SEMPIT THEN Harga MURAH;

[R5] IF Kamar SEDIKIT Bangunan SEDANG Lahan SEDANG THEN Harga MAHAL;

[R6] IF Kamar SEDIKIT Bangunan SEDANG Lahan LUAS THEN Harga MAHAL;

[R7] IF Kamar SEDIKIT Bangunan LUAS Lahan SEMPIT THEN Harga MURAH;

[R8] IF Kamar SEDIKIT Bangunan LUAS Lahan SEDANG THEN Harga MAHAL;

[R9] IF Kamar SEDIKIT Bangunan LUAS Lahan LUAS THEN Harga MAHAL;

[R10] IF Kamar BANYAK Bangunan SEMPIT Lahan SEMPIT THEN Harga MURAH;

[R11] IF Kamar BANYAK Bangunan SEMPIT Lahan SEDANG THEN Harga MAHAL;

[R12] IF Kamar BANYAK Bangunan SEMPIT Lahan LUAS THEN Harga MAHAL;

[R13] IF Kamar BANYAK Bangunan SEDANG Lahan SEMPIT THEN Harga MAHAL;

[R14] IF Kamar BANYAK Bangunan SEDANG Lahan SEDANG THEN Harga MAHAL;

[R15] IF Kamar BANYAK Bangunan SEDANG Lahan LUAS THEN Harga MAHAL;

[R16] IF Kamar BANYAK Bangunan LUAS Lahan SEMPIT THEN Harga MAHAL;

[R17] IF Kamar BANYAK Bangunan LUAS Lahan SEDANG THEN Harga MAHAL;

[R18] IF Kamar BANYAK Bangunan LUAS Lahan LUAS THEN Harga MAHAL;

Inferensi Fuzzy

Merupakan proses penalaran menggunakan input dan *rule* yang telah ditentukan sehingga menghasilkan output. Ada dua keadaan dalam himpunan *fuzzy linear*, yaitu linear naik dan linear turun. Ada tiga operator dasar yang sering digunakan dalam *fuzzy* yaitu *and*, *or*, dan *not*. *And* diperoleh dengan mengambil keanggotaan terkecil (*min/intersection*), *or* diperoleh dengan mengambil keanggotaan terbesar (*max/union*), sementara *not* merupakan komplemen dari nilai keanggotaan [18]. Fungsi inferensi *fuzzy* Tsukamoto menggunakan fungsi *Min* untuk mendapatkan nilai alpha predikat (a_1, a_2, a_3, \dots). Alpha predikat digunakan untuk menghitung keluaran hasil inferensi secara tegas (*crisp*)

(z_1, z_2, z_3, \dots) [19]. Berikut persamaan dari grafik linear naik dan linear turun.

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

Berdasarkan persamaan (1) suatu nilai x akan bernilai 0 jika nilai tersebut kurang dari nilai minimum himpunan *fuzzy*, jika x berada di rentang *fuzzy* maka nilai dikurangi dengan nilai minimum dan dibagi dengan rentang *fuzzy* untuk mendapatkan nilai *fuzzynya*, sementara jika x lebih besar dari nilai maksimum himpunan *fuzzy* maka akan bernilai 1.

$$\mu [x] = \begin{cases} 1; & x \leq a \\ \frac{b-x}{b-a}; & a \leq x \leq b \\ 0; & x \geq b \end{cases} \quad (2)$$

Pada persamaan (2) suatu nilai x akan bernilai 1 jika nilai tersebut kurang dari nilai minimum himpunan *fuzzy*, jika x berada di rentang *fuzzy* maka nilai maksimum akan dikurangi dengan nilai x dan dibagi dengan rentang *fuzzy* untuk mendapatkan nilai *fuzzy*, sementara jika x lebih besar dari nilai maksimum himpunan *fuzzy* maka akan bernilai 0.

$$\alpha - \text{predikat}_n = \min (\mu A(x) ; \mu B(y)) \quad (3)$$

Pada persamaan (3) dihitung nilai keanggotaan dari *output rule* menggunakan fungsi implikasi Min dari variabel input yang menyusun *rule* tersebut.

Defuzzifikasi

Mengubah output *fuzzy* menjadi nilai *crisp* berdasarkan fungsi keanggotaan yang telah ditentukan. Defuzzifikasi dapat

dilakukan dengan beberapa metode, diantaranya :

1. Metode Centroid : menentukan nilai *crisp* sebagai titik berat (centroid) dari fungsi keanggotaan *fuzzy*.
2. Metode *Mean of Maximum (MOM)* : menentukan nilai *crisp* sebagai nilai rata-rata dari nilai maksimum dari fungsi keanggotaan *fuzzy*.
3. Metode *Smallest of Maximum (SOM)* : menentukan nilai *crisp* sebagai nilai minimum dari nilai maksimum dari fungsi keanggotaan *fuzzy*.
4. Metode *Large of Maximum (LOM)* : menentukan nilai *crisp* sebagai nilai maksimum dari nilai maksimum dari fungsi keanggotaan *fuzzy*.

Metode yang digunakan dalam defuzzifikasi tergantung pada kondisi dan konteks masalah yang dihadapi [1]. Pada penelitian ini sendiri akan digunakan metode *average* untuk menentukan nilai Z .

$$Z = \frac{\sum_{i=1}^n (\alpha \text{ predikat}_i * z_i)}{\sum_{i=1}^n (\alpha \text{ predikat}_i)} \quad (4)$$

Dari persamaan (4) di atas Z merupakan hasil dari *fuzzy inference* metode Tsukamoto dengan memasukkan setiap nilai yang diberikan ke fungsi keanggotaan [16]. Nilai Z didapatkan dari total nilai α predikat dikalikan dengan nilai z nya masing masing dibagi dengan jumlah nilai α predikat.

Evaluasi

Digunakan *Mean Absolute Error (MAE)* sebagai *Evaluation Metrics* dalam mengevaluasi hasil perhitungan. *MSE* merupakan salah satu metode yang digunakan

dalam menghitung nilai *error* hasil prediksi [7]. Selain *MAE*, terdapat berbagai metode lain seperti *Mean Squared Error (MSE)* dan *Root Mean Squared Error (RMSE)*. *MAE* dipilih karena variabel harga yang diprediksi ada di nilai juta yang dapat menyulitkan jika menggunakan *MSE* dikarenakan nilai *Squared Error* nya bisa menjadi sangat besar. Proses untuk menghitung nilai *error* adalah dengan membandingkan data hasil prediksi dengan data sebenarnya. Berikut persamaan dari *MAE*.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - \hat{Y}_t| \quad (5)$$

Berdasarkan persamaan (5) di atas, nilai *MAE* didapatkan dengan menjumlahkan selisih absolut antara nilai prediksi dengan nilai sebenarnya lalu dibagi dengan jumlah data untuk mendapatkan rata-ratanya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dikarenakan panjangnya proses perhitungan, penulis memutuskan hanya menyertakan proses perhitungan data pertama. Sementara untuk data lain akan langsung dicantumkan hasil akhirnya pada tabel di bagian akhir. Berikut merupakan proses perhitungan untuk memprediksi harga rumah pada data pertama dengan jumlah kamar sebanyak 4, luas bangunan 78, luas lahan 78, dan harga asli Rp. 490.500.000.

Fuzzifikasi

- Jumlah kamar:

- Sedikit $\Rightarrow \frac{(5-4)}{3} = 0,33$

- Banyak $\Rightarrow \frac{(4-2)}{3} = 0,67$

- Luas bangunan

- Sempit = 0

- Sedang $\Rightarrow \frac{(80-78)}{10} = 0.2$

- Luas $\Rightarrow \frac{(78-70)}{10} = 0.8$

- Luas lahan

- Sempit = 0

- Sedang $\Rightarrow \frac{(80-78)}{10} = 0.2$

- Luas $\Rightarrow \frac{(78-70)}{10} = 0.8$

- Harga

- Murah : $\frac{x-a}{b-a}$

- Mahal : $\frac{b-x}{b-a}$

Inferensi

Berdasarkan persamaan (3) dihitung nilai α - predikat, kemudian dihitung nilai z menggunakan persamaan (1) jika *output rule* mahal dan persamaan (2) jika *output rule* murah. Semua hasil perhitungan dimasukkan ke dalam tabel 2.

Pada tabel 2 ditampilkan hasil perhitungan α - predikat dan nilai z untuk setiap *rule*. *Alpha* predikat menunjukkan nilai keanggotaan dari setiap *rule*. Sementara nilai z menunjukkan *output* dari *rule* tersebut.

Defuzzifikasi

Berdasarkan persamaan (4), dihitung nilai Z yang merupakan hasil dari *fuzzy inference* metode Tsukamoto untuk semua data dengan hasil sebagai berikut (Tabel 3)

Tabel 2. Perhitungan Inferensi

<i>Rule</i>	α - predikat _n	z_n
[R1]	0	500.000.000
[R2]	0	500.000.000
[R3]	0	500.000.000
[R4]	0	500.000.000
[R5]	0,2	420.000.000
[R6]	0,2	420.000.000
[R7]	0	500.000.000
[R8]	0,2	420.000.000
[R9]	0,33	433.000.000
[R10]	0	500.000.000
[R11]	0	400.000.000
[R12]	0	400.000.000
[R13]	0	400.000.000
[R14]	0,2	420.000.000
[R15]	0,2	420.000.000
[R16]	0	400.000.000
[R17]	0,2	420.000.000
[R18]	0,67	467.000.000

Tabel 3. Menentukan nilai Z

Alamat	Z
Soreang, Bandung	436.263.636
Bandung	455.780.000
Pasir Impun, Bandung	500.000.000
Ujung Berung, Bandung	400.000.000
Baleendah	455.000.000

Tabel 4. Hasil Perhitungan

Kamar	Bangunan	Lahan	Harga	Harga Prediksi	Difference	Absolute Difference
4	78	78	490.500.000	436.263.636	54.236.364	54.236.364
3	85	90	500.000.000	455.780.000	44.220.000	44.220.000
2	60	65	435.000.000	500.000.000	65.000.000	65.000.000
2	50	60	400.000.000	400.000.000	0	0
3	60	86	465.000.000	455.000.000	10.000.000	10.000.000
Total			2.290.500.000			173.456.364
Mean			458.100.000			34.691.272,8

Pada tabel 3 di atas menunjukkan hasil dari perhitungan nilai Z sebagai harga prediksi dari semua data yang didapatkan dengan memasukkan data ke dalam persamaan (4).

Evaluasi

Berikut merupakan hasil perhitungan lengkap dari 5 data yang digunakan. Pada

tabel 4 di atas menunjukkan hasil dari evaluasi perhitungan yang telah dilakukan. Ditampilkan nilai variabel dari semua data yang digunakan, harga asli, harga prediksi, selisih harga asli dan harga prediksi (*difference / error*), dan hasil nilai absolut dari *error*.

$$\begin{aligned}
 \text{Persentase} &= \frac{MAE}{\text{rata-rata harga}} * 100 \\
 &= \frac{34.691.272,8}{458.100.000} * 100 \\
 &= 7,5\%
 \end{aligned}$$

Hasil *Mean Absolute Error (MAE)* menunjukkan jika terdapat rata-rata *error* sebesar 34.691.272,8 dari setiap harga hasil prediksi jika dibandingkan dengan harga sebenarnya. Angka tersebut akan terlihat besar jika dibaca secara sekilas, tetapi jika dipersentasekan terhadap rata-rata harga rumah maka nilai *MAE* hanya sebesar 7,5%. Penelitian ini membahas tentang prediksi harga rumah di Kota Bandung, dimana belum ditemukan penelitian terdahulu yang mencoba melakukan hal serupa di kota ini. Pemilihan variabel mengkombinasikan tiga variabel input yaitu jumlah kamar, luas bangunan, dan luas lahan. Variabel tersebut berbeda dengan variabel yang digunakan pada penelitian serupa lainnya baik dalam jumlah variabel input yang digunakan ataupun variabel input yang dipilih. Selain itu, data yang digunakan merupakan data yang dikumpulkan sendiri oleh peneliti menggunakan teknik *web scraping* sehingga data yang digunakan sesuai dengan kondisi sebenarnya saat penelitian ini dilakukan dan tentunya berbeda dengan data yang digunakan pada penelitian-penelitian terdahulu.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil akhir perhitungan didapatkan nilai evaluasi menggunakan *Mean Absolute*

Error (MAE) sebesar 34.691.272,8 atau jika dipersentasekan terhadap harga rata-rata maka akan menjadi 7,5%.

Untuk penelitian selanjutnya dapat digunakan data yang lebih tervalidasi, pada penelitian ini data berasal dari proses *web scraping* yang mana tidak semua data dapat dipastikan validasinya. Selain itu, dapat digunakan metode lain selain metode Tsukamoto seperti Mamdani atau Sugeno. Penelitian di luar bidang logika *fuzzy* pun dimungkinkan karena keterbatasan logika *fuzzy* dalam melakukan prediksi, beberapa teknik yang mungkin dapat menghasilkan hasil yang lebih baik adalah *Machine Learning* dan *Deep Learning*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. Dewi Priyani, P. Firdaus, E. Permatasari, and R. Safitri, "Studi Penentuan Harga Rumah di Jakarta Menggunakan Metode Fuzzy," *Jurnal AL-AZHAR INDONESIA SERI SAINS DAN TEKNOLOGI*, vol. 3, no. 2, pp. 98–103, 2015.
- [2] Universitas Indonesia. Fakultas Ilmu Komputer, Institute of Electrical and Electronics Engineers. Indonesia Section, Institut Pertanian Bogor. Departamen Ilmu Komputer, Universitas Negeri Surabaya, and Institute of Electrical and Electronics Engineers, "Data-Driven Fuzzy Rule Extraction for Housing Price Prediction in Malang, East Java," in 2017

- International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS)*, Jakarta, Oct. 2017, pp. 351–358.
- [3] S. Rosen, “Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition,” 1974. [Online]. Available: <http://www.journals.uchicago.edu/t-and-c>
- [4] C. Y. Jim and W. Y. Chen, “Value of scenic views: Hedonic assessment of private housing in Hong Kong,” *Landsc Urban Plan*, vol. 91, no. 4, pp. 226–234, Jul. 2009, doi: 10.1016/j.landurbplan.2009.01.009.
- [5] A. G. Rawool, D. V. Rogye, S. G. Rane, D. R. Vinayk, and A. Bharadi, “House Price Prediction Using Machine Learning,” *IRE Journals*, vol. 4, no. 11, pp. 29–33, 2021.
- [6] V. A. Fitria and P. A. Wasna, “Prediksi Jumlah Produksi Barang pada UD. Sari Murni Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto,” *JMT: Jurnal Matematika dan Terapan*, vol. 3, no. 1, pp. 20–32, Feb. 2021, doi: 10.21009/jmt.3.1.3.
- [7] A. Setyono and S. N. Aeni, “Development of Decision Support System for Ordering Goods using Fuzzy Tsukamoto,” *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 1182–1193, 2018, doi: 10.11591/ijece.v8i2.pp1182-1193.
- [8] R. Purwandito, H. Suyitno, and Alamsyah, “PENERAPAN SISTEM INFERENSI FUZZY METODE MAMDANI UNTUK PENENTUAN JUMLAH PRODUKSI EGGROLL,” *UNNES Journal of Mathematics*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2019, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujm>
- [9] S. N. Sivanandam, S. Sumathi, and S. N. Deepa, *Introduction to fuzzy logic using MATLAB*. Springer, 2007.
- [10] L. Beu and A. Husna, “Metode Fuzzy Tsukamoto Untuk Memprediksi Jumlah Produksi Kue Pia,” *Jurnal Nasional cosPhi*, vol. 3, no. 2, pp. 46–49, 2019.
- [11] A. Shoniya and A. Jazuli, “PENENTUAN JUMLAH PRODUKSI PAKAIAN DENGAN METODE FUZZY TSUKAMOTO STUDI KASUS KONVEKSI NISA,” *JUPI (Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Informatika)*, vol. 4, no. 1, pp. 54–65, 2019.
- [12] R. Adrial, “Fuzzy Logic Modeling Metode Sugeno Pada Penentuan Tipe Diabetes Melitus Menggunakan MATLAB,” *Jurnal Ilmiah Informatika*, vol. 6, no. 1, 2018.
- [13] A. P. Sari, K. I. Deswanti, and Nurahman, “ANALISIS JUMLAH PRODUKSI TAHU WAWAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY TSUKAMOTO,” *JURSISTEKNI*

- (*Jurnal Sistem Informasi dan Teknologi Informasi*), vol. 5, no. 1, pp. 225–238, 2023.
- [14] H. F. Adnanto *et al.*, “Penentuan Harga Motor Bekas Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto dan Fuzzy Mamdani,” in *Seminar Nasional Informatika Bela Negara (SANTIKA)*, vol. 3, 2023.
- [15] Suharjito, Diana, Yulyanto, and A. Nugroho, “Mobile Expert System Using Fuzzy Tsukamoto for Diagnosing Cattle Disease,” in *Procedia Computer Science*, Elsevier B.V., 2017, pp. 27–36. doi: 10.1016/j.procs.2017.10.005.
- [16] S. M. Hardi, A. Triwiyono, and Amalia, “Expert System for Diagnosing Osteoarthritis with Fuzzy Tsukamoto Method,” in *Journal of Physics: Conference Series*, IOP Publishing Ltd, Nov. 2020. doi: 10.1088/1742-6596/1641/1/012107.
- [17] W. Febrianti, G. W. Nurcahyo, and Sumijan, “Diagnosis Penyakit Rubella Menggunakan Metode Fuzzy Tsukamoto,” *Jurnal Sistim Informasi dan Teknologi*, vol. 3, no. 1, pp. 12–17, Sep. 2021.
- [18] S. Pinontoan and I. Alwiah Musdar, “PERBANDINGAN METODE FUZZY SUGENO DENGAN FUZZY TSUKAMOTO PADA SISTEM PREDIKSI HARGA SMARTPHONE BEKAS BERBASIS ANDROID DI WILAYAH MAKASSAR,” *Jurnal Ilmu Komputer KHARISMA TECH*, pp. 34–42.
- [19] 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, 2021, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/nju/index.php/JM>
- [20] M. Ahsin Febrianto and M. Ayu Dusea Widya Dara, “Sistem Kecerdasan Buatan untuk Menentukan Harga Sewa Kamar Kost Menggunakan Algoritma Fuzzy Tsukamoto,” in *Seminar Nasional Inovasi Teknologi*, Kediri: UN PGRI Kediri, Jul. 2021, pp. 275–280.
- [21] A. G. Sarip, M. Burhan Hafez, and M. N. Daud, “Application Of Fuzzy Regression Model For Real Estate Price Prediction,” *Malaysian Journal of Computer Science*, vol. 29, no. 1, pp. 15–27, 2016.
- [22] Y. Ferdiansyah and 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, 2018, [Online]. Available: <http://j-ptiik.ub.ac.id>