

Sistem Estimasi Retribusi PBG Menggunakan Inferensi Fuzzy Pada Website Bangun Rumah Project

Muh. Al Fiqri^{*1}, Jembris Ganther Limbongan², Cucut Susanto³, Asrul Syam⁴

^{1,2}Program Studi Teknik Informatika, Universitas Dipa Makassar, Makassar 90242, Indonesia

^{3,4}Universitas Dipa Makassar, Makassar 90242, Indonesia

e-mail: ^{*1}fikryataya@gmail.com, ²limbonganjembris@gmail.com, ³cucut@undipa.ac.id,
⁴asrulsyam12@undipa.ac.id

Abstrak

Perhitungan Retribusi Persetujuan Bangunan Gedung (PBG) pasca perubahan regulasi dari IMB menjadi PBG melibatkan formula multi-variabel dengan komponen teknis dan parameter kualitatif yang menimbulkan ketidakpastian pada tahap perencanaan awal, khususnya pada parameter kompleksitas dan ketinggian bangunan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem estimasi Retribusi PBG berbasis inferensi Fuzzy Mamdani yang terintegrasi dalam website Bangun Rumah Project untuk wilayah Kota Kendari. Metode Fuzzy Mamdani digunakan untuk memodelkan nilai $\Sigma(bp \times Ip)$ sebagai bagian dari perhitungan Indeks Terintegrasi (It) berdasarkan variabel luas total lantai dan jumlah lantai. Hasil inferensi diintegrasikan ke dalam formula resmi Retribusi PBG sesuai Peraturan Daerah Kota Kendari. Evaluasi dilakukan menggunakan 32 data bangunan hunian dan 24 data bangunan usaha dengan pengukuran akurasi menggunakan Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), dan Mean Absolute Percentage Error (MAPE). Hasil penelitian menunjukkan nilai MAPE sebesar 6% pada bangunan hunian dan 2% pada bangunan usaha, yang mengindikasikan tingkat akurasi masing-masing sebesar 94% dan 98%. Nilai MAE dan RMSE juga menunjukkan selisih yang rendah terhadap perhitungan manual. Sistem yang dikembangkan mampu memberikan estimasi awal yang stabil dan layak digunakan sebagai alat bantu perencanaan biaya perizinan.

Kata kunci—Sistem Estimasi, Retribusi PBG, Fuzzy Mamdani, Indeks Terintegrasi, Website.

Abstract

The calculation of Building Approval (PBG) retribution following the regulatory transition from IMB to PBG involves a multi-variable formula containing technical and qualitative parameters that introduce uncertainty during the early planning stage, particularly in the assessment of building complexity and building height. This study aims to develop a PBG retribution estimation system based on the Mamdani Fuzzy Inference method integrated into the Bangun Rumah Project website for Kendari City. The Mamdani Fuzzy approach is employed to model the value of $\Sigma(bp \times Ip)$ as part of the Integrated Index (It) calculation using total gross floor area and number of floors as input variables. The inference results are then integrated into the official PBG retribution formula in accordance with Kendari City Regional Regulations. System evaluation was conducted using 32 residential building datasets and 24 commercial building datasets, with accuracy measured using Mean Absolute Error (MAE), Root Mean Square Error (RMSE), and Mean Absolute Percentage Error (MAPE). The results indicate MAPE values of 6% for residential buildings and 2% for commercial buildings, corresponding to accuracy levels of 94% and 98%, respectively. The MAE and RMSE values also demonstrate low deviations

from manual calculations. The developed system provides stable preliminary estimations and can be utilized as a decision-support tool for permit cost planning.

Keywords— Estimation System, PBG Retribution, Mamdani Fuzzy, Integrated Index, Web-Based System.

1. PENDAHULUAN

Transformasi sistem perizinan bangunan dari Izin Mendirikan Bangunan (IMB) menjadi Persetujuan Bangunan Gedung (PBG) diatur dalam Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2021 [1]. Perubahan tersebut diikuti dengan penyesuaian regulasi daerah, termasuk Peraturan Daerah Kota Kendari Nomor 8 Tahun 2021 dan Nomor 6 Tahun 2023 tentang Retribusi PBG [2][3]. Regulasi ini menyebabkan mekanisme perhitungan retribusi menjadi lebih kompleks karena melibatkan berbagai parameter seperti Standar Harga Satuan Tertinggi (SHST), Indeks Lokalitas (ILO), serta Indeks Terintegrasi (IT).

Salah satu komponen penting dalam perhitungan tersebut adalah nilai $\Sigma(bp \times Ip)$ yang merepresentasikan tingkat kompleksitas bangunan. Meskipun regulasi telah menetapkan klasifikasi secara deterministik, pada tahap perencanaan awal informasi mengenai spesifikasi bangunan sering kali belum sepenuhnya terdefinisi secara pasti. Keterbatasan parameter teknis pada fase awal ini berpotensi menimbulkan ketidakpastian dalam estimasi biaya. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa estimasi biaya pada tahap awal proyek konstruksi dengan keterbatasan data memerlukan model prediktif yang mampu mengakomodasi ketidakpastian parameter dan meningkatkan keandalan hasil estimasi [4]. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan komputasi yang mampu memodelkan variabel secara lebih fleksibel melalui representasi linguistik.

Logika Fuzzy diperkenalkan untuk menangani ketidakpastian melalui konsep derajat keanggotaan dalam rentang 0 hingga 1 [5]. Salah satu metode inferensi yang banyak digunakan adalah Fuzzy Mamdani yang memanfaatkan aturan berbasis linguistik dan proses defuzzifikasi centroid untuk menghasilkan nilai keluaran [6][7]. Metode ini dinilai lebih representatif dalam kasus pengambilan keputusan berbasis parameter tidak pasti dibandingkan pendekatan klasifikasi tegas.

Berbagai penelitian telah menerapkan metode Fuzzy Mamdani dalam sistem pendukung keputusan dan estimasi pada berbagai domain, seperti diagnosis medis, deteksi risiko, serta rekomendasi produksi [8][9][10]. Selain itu, pendekatan Fuzzy juga banyak digunakan dalam estimasi biaya dan pengambilan keputusan berbasis multi-kriteria, seperti pada penerapan Fuzzy Analytical Hierarchy Process (FAHP) dalam pemilihan estimasi biaya proyek [11], serta pada sistem pakar berbasis Fuzzy untuk mendukung proses diagnosis dan klasifikasi [12]. Hal ini menunjukkan bahwa metode Fuzzy memiliki fleksibilitas tinggi dalam memodelkan ketidakpastian pada berbagai konteks perhitungan dan pengambilan keputusan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem estimasi Retribusi PBG berbasis inferensi Fuzzy Mamdani yang terintegrasi dalam website Bangun Rumah Project untuk wilayah Kota Kendari. Sistem memodelkan nilai $\Sigma(bp \times Ip)$ berdasarkan variabel luas total lantai (LLt) dan jumlah lantai, kemudian mengintegrasikannya ke dalam formula resmi perhitungan retribusi sesuai ketentuan daerah. Evaluasi sistem dilakukan menggunakan MAE, RMSE, dan MAPE untuk mengukur tingkat akurasi pada bangunan hunian dan usaha.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan pengembangan sistem yang meliputi tahapan studi literatur, analisis kebutuhan, perancangan model *Fuzzy Mamdani*, implementasi sistem, serta

pengujian dan evaluasi. Studi literatur dilakukan terhadap regulasi Retribusi PBG Kota Kendari serta penelitian terdahulu terkait logika *Fuzzy Mamdani* [5][6][7].

Analisis kebutuhan difokuskan pada pemodelan komponen $\Sigma(bp \times Ip)$ sebagai bagian dari Indeks Terintegrasi (It) dalam formula Retribusi PBG. Parameter yang dimodelkan meliputi luas total lantai dan jumlah lantai sebagai variabel input, serta nilai $\Sigma(bp \times Ip)$ sebagai variabel output.

2.2 Perancangan Sistem Inferensi Fuzzy Mamdani

Metode yang digunakan adalah *Fuzzy Inference System (FIS) Mamdani*, yang terdiri atas empat tahapan utama, yaitu *Fuzzifikasi*, pembentukan basis aturan (*rule base*), inferensi, dan *defuzzifikasi* menggunakan metode *centroid* [5][6].

2.2.1 Fuzzifikasi

Fuzzifikasi merupakan proses konversi nilai crisp menjadi derajat keanggotaan *Fuzzy* [4]. Jika suatu variabel input dinyatakan sebagai x , maka fungsi keanggotaannya dapat dituliskan sebagai:

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1] \quad (1)$$

di mana:

- $\mu_A(x)$ adalah derajat keanggotaan terhadap himpunan A
- X adalah domain variable.

Pada penelitian ini digunakan dua jenis fungsi keanggotaan, yaitu fungsi trapesium untuk kategori ekstrem yang merepresentasikan batas bawah dan batas atas domain variabel, serta fungsi segitiga untuk kategori tengah yang memiliki satu titik puncak keanggotaan maksimum. Pemilihan kedua bentuk fungsi ini bertujuan untuk menghasilkan transisi nilai yang gradual sesuai klasifikasi luas total lantai (LLt) dan jumlah lantai.

Bentuk umum fungsi keanggotaan trapesium dapat dinyatakan sebagai berikut:

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

Sedangkan fungsi segitiga dinyatakan sebagai:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a} & a < x < b \\ \frac{c-x}{c-b} & b < x < c \\ 1 & x = b \end{cases} \quad (3)$$

Variabel input dan output yang digunakan dalam sistem *Fuzzy Mamdani* ditunjukkan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Himpunan Fuzzy Variabel Sistem

Jenis Variabel	Himpunan Fuzzy
Luas Total Lantai	Kecil, Sedang, Besar

Jumlah Lantai	Rendah, Sedang, Tinggi
Output $\sum(bp \times Ip)$	Rendah, Sedang, Tinggi, Sangat Tinggi

Luas Total Lantai dan Jumlah Lantai berperan sebagai variabel input, sedangkan nilai $\sum(bp \times Ip)$ merupakan variabel output yang selanjutnya digunakan dalam perhitungan Indeks Terintegrasi (It). Untuk rentang parameter fungsi keanggotaan disesuaikan dengan luas total lantai dan jumlah lantai berdasarkan regulasi daerah yang berlaku, sehingga model Fuzzy tetap konsisten dengan ketentuan Peraturan Daerah Kota Kendari.

2.2.2 Basis Aturan (Rule Base)

Aturan Fuzzy disusun dalam bentuk:

$$IF \ x1 \ AND \ x2 \ THEN \ y \quad (4)$$

Operator logika AND menggunakan fungsi MIN:

$$\alpha_i = \min(\mu_A(x_1), \mu_B(x_2)) \quad (5)$$

di mana:

- α_i adalah derajat aktivasi aturan ke-i
- $\mu_L(x)$ adalah derajat keanggotaan luas total lantai
- $\mu_T(y)$ adalah derajat keanggotaan jumlah lantai
- Fungsi min menyatakan operator minimum yang digunakan untuk menentukan tingkat kebenaran suatu aturan berdasarkan nilai terkecil dari derajat keanggotaan premisnya.

Nilai α_i tersebut digunakan untuk memotong (clipping) fungsi keanggotaan output sesuai prinsip inferensi Mamdani. Selanjutnya, seluruh keluaran aturan digabungkan melalui proses agregasi menggunakan operator maksimum (MAX), yang dirumuskan sebagai:

$$\mu_{agg}(z) = \max(\mu_1(z), \mu_2(z), \dots, \mu_n(z)) \quad (6)$$

di mana :

- $\mu_{agg}(z)$ adalah derajat keanggotaan hasil agregasi pada titik z
- $\mu_1(z), \mu_2(z), \dots, \mu_n(z)$ adalah derajat keanggotaan output dari masing-masing aturan Fuzzy setelah proses clipping
- n adalah jumlah aturan (rule) yang digunakan dalam system
- Fungsi max menyatakan operator maksimum yang digunakan untuk menggabungkan hasil keluaran antar aturan.

Dalam penelitian ini digunakan sejumlah aturan yang merepresentasikan seluruh kombinasi kategori input. Sebagai contoh, beberapa aturan yang digunakan adalah:

- IF Luas Kecil AND Lantai Rendah THEN $\sum(bp \times Ip)$ Rendah
- IF Luas Sedang AND Lantai Sedang THEN $\sum(bp \times Ip)$ Sedang
- IF Luas Besar AND Lantai Rendah THEN $\sum(bp \times Ip)$ Tinggi
- IF Luas Besar AND Lantai Tinggi THEN $\sum(bp \times Ip)$ Sangat Tinggi

Aturan-aturan tersebut dirancang untuk memodelkan kompleksitas bangunan secara gradual sesuai kombinasi parameter fisik bangunan

2.2.3 Defuzzifikasi

Metode *defuzzifikasi* yang digunakan adalah metode *Centroid (Center of Gravity)* [5]. Nilai crisp output dihitung menggunakan persamaan:

$$z^* = \frac{\int z\mu(z) \cdot dz}{\int \mu(z) dz} \quad (7)$$

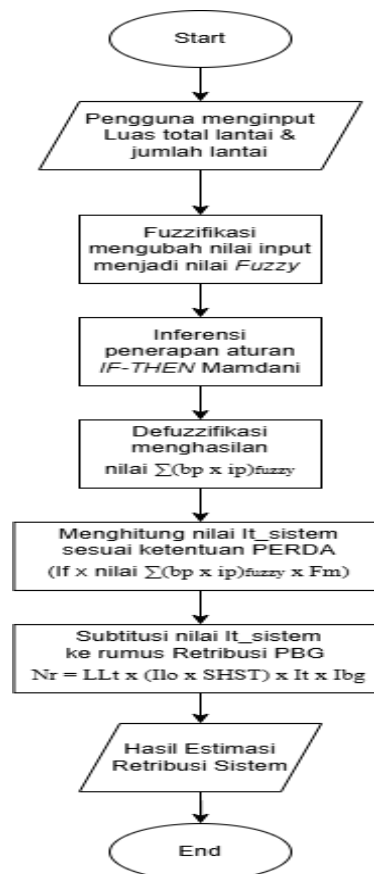
di mana:

- z^* adalah nilai crisp hasil defuzzifikasi
- $\mu(z)$ adalah fungsi agregasi hasil inferensi
- z adalah variabel dalam domain output
- $\int$ menandakan integral (luas area) pada seluruh domain output z
- dz adalah elemen kecil yang digunakan untuk menghitung luas area secara kontinu.

Nilai crisp $\Sigma(bp \times Ip)$ yang diperoleh digunakan sebagai komponen pembentuk Indeks Terintegrasi (It).

2.3 Diagram Alur Sistem

Gambar 2.1 menunjukkan alur kerja sistem estimasi Retribusi PBG berbasis *Fuzzy Mamdani* yang diintegrasikan dalam website Bangun Rumah Project.



Gambar 2 1 Diagram Alur Sistem Estimasi Retribusi PBG Berbasis Fuzzy Mamdani

Diagram tersebut menunjukkan alur proses perhitungan estimasi Retribusi PBG menggunakan metode *Fuzzy Mamdani*. Proses dimulai dari input parameter bangunan berupa luas total lantai dan jumlah lantai, yang selanjutnya melalui tahap fuzzifikasi untuk mengubah nilai

crisp menjadi derajat keanggotaan *Fuzzy*. Tahap inferensi dilakukan dengan menerapkan aturan IF-THEN Mamdani untuk menghasilkan nilai $\sum(bp \times ip)$ melalui proses defuzzifikasi menggunakan metode centroid. Nilai tersebut kemudian digunakan untuk menghitung Indeks Terintegrasi sistem (*It_Sistem*) berdasarkan komponen Indeks Fungsi (*If*) dan Faktor Kepemilikan (*Fm*). Selanjutnya, nilai *It_Sistem* disubstitusikan ke dalam rumus resmi Retribusi PBG sesuai ketentuan Peraturan Daerah untuk menghasilkan estimasi retribusi akhir.

2.4 Integrasi Dengan Formula Retribusi PBG

Nilai $\sum(bp \times ip)$ hasil inferensi Fuzzy digunakan untuk menghitung Indeks Terintegrasi (*It*) sebagai salah satu komponen dalam formula Retribusi PBG. Perhitungan *It* didasarkan pada Indeks Fungsi (*If*), nilai $\sum(bp \times ip)$, dan Faktor Kepemilikan (*Fm*), yang dirumuskan sebagai:

$$It = If \times \sum(bp \times ip) \times Fm \quad (8)$$

di mana:

- It* Adalah Indeks Terintegrasi
- $\sum(bp \times ip)$ Adalah penjumlahan perkalian dari Bobot Parameter dan Indeks Paramater (yang akan dihasilkan inferensi fuzzy)
- If* Adalah Indeks Fungsi Bangunan
- Fm* Adalah Faktor Kepemilikan.

Nilai *It* selanjutnya dikombinasikan dengan komponen lain sesuai ketentuan regulasi daerah, yaitu Standar Harga Satuan Tertinggi (SHST) sebagai komponen biaya dasar dan Indeks Lokalitas (*Ilo*) sebagai faktor penyesuaian berdasarkan lokasi bangunan.

Rumus umum perhitungan Retribusi PBG yang digunakan dalam penelitian ini dinyatakan sebagai berikut:

$$Nr = LLt \times (Ilo \times SHST) \times It \times Ibg \quad (9)$$

di mana :

- Nr* adalah nilai retribusi bangunan
- LLt* adalah Luas Total Lantai
- Ilo* adalah Indeks lokalitasi
- SHST* adalah Standar Harga Satuan Tertinggi
- It* adalah Indeks Terintegrasi
- Ibg* adalah Indeks Bangunan Terbangun.

Dengan demikian, estimasi akhir retribusi dihitung berdasarkan integrasi nilai *It*, *SHST*, dan *Ilo* sesuai formula resmi yang berlaku. Sistem yang dikembangkan tidak menggantikan formula regulasi, tetapi memodelkan parameter kompleksitas agar lebih adaptif terhadap ketidakpastian pada tahap perencanaan awal.

2.5 Pengujian dan evaluasi sistem

Pengujian dilakukan dengan membandingkan hasil estimasi sistem terhadap perhitungan manual berdasarkan regulasi daerah. Data uji terdiri dari:

- 32 data bangunan hunian
- 24 data bangunan usaha

Total data uji sebanyak 56 data

Tingkat akurasi sistem diukur menggunakan:

1. *Mean Absolute Error (MAE)*

$$MAE = \left(\frac{1}{n}\right) \times \sum |y_i - \hat{y}_i| \quad (10)$$

MAE mengukur rata-rata selisih absolut antara nilai aktual dan nilai prediksi [13].

2. *Root Mean Absolute Error (RMSE)*

$$RMSE = \sqrt{[(1/n) \times \sum (y_i - \hat{y}_i)^2]} \quad (11)$$

RMSE sensitif terhadap error besar karena menggunakan kuadrat selisih [14].

3. *Mean Absolute Percentage Error (MAPE)*

$$MAE = \left(\frac{1}{n}\right) \times \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100\% \quad (12)$$

MAPE menyatakan persentase kesalahan relatif terhadap nilai aktual [15].

Selain evaluasi kuantitatif, dilakukan pula *User Acceptance Testing (UAT)* untuk menilai kelayakan sistem dari perspektif pengguna

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 *Hasil Pengujian Akurasi Sistem*

Pengujian dilakukan terhadap 56 data uji yang terdiri dari 32 data bangunan hunian dan 24 data bangunan usaha. Hasil estimasi sistem dibandingkan dengan perhitungan manual berdasarkan ketentuan Peraturan Daerah Kota Kendari menggunakan metrik MAE, RMSE, dan MAPE sebagaimana dirumuskan pada Persamaan (10)–(12).

Ringkasan hasil evaluasi ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Hasil Evaluasi Akurasi Sistem

Jenis Bangunan	Jumlah Data	MAE (Rp)	RMSE (Rp)	MAPE
Hunian	32	60.447	86.602	6%
Usaha	24	282.082	425.335	2%

Nilai MAPE sebesar 6% pada bangunan hunian menunjukkan tingkat akurasi sebesar 94%, sedangkan nilai MAPE sebesar 2% pada bangunan usaha menunjukkan tingkat akurasi sebesar 98%. Hasil ini mengindikasikan bahwa sistem estimasi berbasis *Fuzzy Mamdani* mampu menghasilkan prediksi yang sangat mendekati perhitungan manual berbasis regulasi daerah.

Perbedaan antara nilai MAE dan RMSE menunjukkan bahwa terdapat beberapa selisih yang relatif lebih besar pada data tertentu, namun tidak menunjukkan adanya penyimpangan ekstrem yang signifikan. Secara umum, distribusi *error* masih berada dalam batas toleransi yang dapat diterima untuk estimasi awal biaya perizinan.

3.2 *Analisis Stabilitas Model*

Perbedaan nilai MAPE antara bangunan hunian dan bangunan usaha dipengaruhi oleh skala nilai retribusi. Pada bangunan usaha, nilai retribusi relatif lebih besar sehingga selisih absolut yang terjadi menjadi lebih kecil secara persentase. Hal ini menyebabkan nilai MAPE pada kategori usaha lebih rendah dibandingkan hunian.

Selain itu, variasi luas dan jumlah lantai pada bangunan usaha cenderung berada pada rentang kategori menengah hingga tinggi, sehingga aktivasi aturan *Fuzzy* lebih stabil. Sebaliknya, bangunan hunian memiliki variasi parameter yang lebih heterogen, sehingga menghasilkan distribusi error yang sedikit lebih besar. Temuan ini menunjukkan bahwa pendekatan *Fuzzy Mamdani* mampu menjaga stabilitas estimasi pada berbagai skala nilai retribusi dan tetap mempertahankan tingkat kesalahan yang rendah.

3.3 Contoh Studi Kasus Pada Bangunan Usaha

Untuk memberikan gambaran yang lebih konkret mengenai proses estimasi yang dilakukan sistem, disajikan satu contoh studi kasus bangunan usaha dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.2 Salah Satu Data Spesifikasi Detail Bangunan Usaha

LL_t (m ²)	Jumlah lantai	It_PERDA	It_Sistem	I_{lo}	SHST bg Tidak sederhana	I_{bg}
280 m ²	2	1,081	1,085	0,5%	Rp8.350.000	1

3.3.1 Perhitungan Menggunakan Sistem Fuzzy Mamdani

1. Tahap Fuzzifikasi

Untuk luas total lantai 280 m² diperoleh derajat keanggotaan:

- $\mu_{\text{kecil}}(280) = 0$
- $\mu_{\text{sedang}}(280) = 0$
- $\mu_{\text{besar}}(280) = 0,462$

Untuk jumlah lantai 2 diperoleh:

- $\mu_{\text{rendah}}(2) = 0$
- $\mu_{\text{sedang}}(2) = 0,5$
- $\mu_{\text{tinggi}}(2) = 0$

Nilai tersebut menunjukkan bahwa luas total lantai 280 m² berada pada kategori “besar” dengan derajat keanggotaan sebesar 0,462, sedangkan jumlah lantai 2 berada pada kategori “sedang” dengan derajat keanggotaan sebesar 0,5

2. Tahap Inferensi dan Defuzzifikasi

Berdasarkan hasil fuzzifikasi, derajat keanggotaan dominan diperoleh sebesar 0,462 untuk kombinasi kategori luas dan jumlah lantai yang aktif. Derajat aktivasi aturan dihitung menggunakan operator minimum:

$$a_i = \min(0,462, 0,5) = 0,462$$

Nilai tersebut digunakan untuk melakukan proses clipping pada fungsi keanggotaan output sesuai prinsip inferensi Mamdani. Selanjutnya, seluruh keluaran aturan digabungkan melalui proses agregasi menggunakan operator maksimum (MAX). Pada studi kasus ini hanya terdapat satu aturan dominan, sehingga hasil agregasi identik dengan fungsi output yang telah dipotong.

Setelah proses agregasi, defuzzifikasi dilakukan menggunakan metode centroid untuk memperoleh nilai crisp:

$$\sum(bp \times lp)_{\text{Fuzzy}} = 1,55$$

3. Perhitungan Indeks Terintegrasi Sistem

Nilai hasil defuzzifikasi tersebut disubstitusikan ke dalam perhitungan Indeks Terintegrasi (It) sistem. Untuk bangunan usaha dengan kepemilikan perorangan, nilai indeks ditentukan sesuai ketentuan Peraturan Daerah Kota Kendari sebagai berikut:

a. $I_f = 0,70$

b. $F_m = 1.$

Sehingga diperoleh:

$$It_{sistem} = 0,70 \times 1,55 \times 1 = 1,085$$

4. Perhitungan Retribusi PBG

Substitusi nilai Indeks terintegrasi sistem ke dalam rumus resmi Retribusi PBG menghasilkan:

$$Nr_{sistem} = 280^{m^2} \times (0,5\% \times Rp8.350.000) \times 1,085 \times 1$$

$$Nr_{sistem} = Rp12.683.650$$

Sebagai pembandingan, perhitungan manual berdasarkan klasifikasi deterministik pada Peraturan Daerah menghasilkan:

$$Nr_{Manual} = 280^{m^2} \times (0,5\% \times Rp8.350.000) \times 1,081 \times 1$$

$$Nr_{Manual} = Rp12.636.890$$

3.3 Implementasi Sistem Pada Website

Sistem estimasi yang dikembangkan tidak hanya diuji secara matematis, tetapi telah diintegrasikan secara langsung ke dalam website Bangun Rumah Project sebagai fitur estimasi awal Retribusi PBG. Pengguna dapat memasukkan parameter luas total lantai, jumlah lantai, dan fungsi bangunan melalui form input, kemudian sistem secara otomatis menghitung nilai $\Sigma(bp \times Ip)$, Indeks Terintegrasi (It), hingga estimasi akhir retribusi sesuai formula regulasi daerah.

Integrasi ini menunjukkan bahwa metode *Fuzzy Mamdani* yang digunakan tidak berhenti pada tahap simulasi, melainkan diterapkan dalam sistem berbasis web yang dapat digunakan dalam konteks nyata. Dengan demikian, sistem berfungsi sebagai alat bantu estimasi awal yang mendukung transparansi biaya perizinan pada tahap perencanaan.

3.4 Evaluasi Penerimaan Pengguna (UAT)

Selain evaluasi kuantitatif, dilakukan pengujian penerimaan pengguna (User Acceptance Testing) terhadap 20 responden. Hasil pengujian menunjukkan rata-rata penilaian sebesar 4,3 pada skala Likert 1–5, yang termasuk dalam kategori sangat baik. Hasil tersebut menunjukkan bahwa sistem dinilai layak digunakan sebagai alat bantu estimasi awal Retribusi PBG, baik dari sisi fungsionalitas maupun kemudahan penggunaan. Hal ini memperkuat bahwa sistem tidak hanya akurat secara matematis, tetapi juga dapat diterima oleh pengguna.

3.5 Pembahasan Kontribusi Penelitian

Penelitian ini memberikan kontribusi dalam bentuk:

- Pemodelan parameter kompleksitas bangunan berbasis *Fuzzy Mamdani* yang terintegrasi dengan formula resmi Retribusi PBG.
- Implementasi sistem estimasi yang dapat digunakan secara langsung pada *platform web*.
- Evaluasi kuantitatif menggunakan MAE, RMSE, dan MAPE yang menunjukkan tingkat akurasi tinggi ($MAPE \leq 6\%$).
- Validasi penerimaan sistem melalui UAT.

Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghasilkan model komputasi, tetapi juga sistem estimasi berbasis regulasi yang dapat mendukung perencanaan biaya perizinan secara lebih adaptif dan transparan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan, implementasi, dan evaluasi sistem estimasi Retribusi PBG berbasis *Fuzzy Mamdani*, dapat disimpulkan bahwa:

- Metode *Fuzzy Mamdani* berhasil memodelkan parameter $\Sigma(bp \times Ip)$ sebagai komponen Indeks Terintegrasi (*It*) dengan pendekatan linguistik yang mampu menangani ketidakpastian variabel luas total lantai dan jumlah lantai.
- Sistem estimasi Retribusi PBG berhasil diintegrasikan sebagai fitur pada website Bangun Rumah Project, sehingga memungkinkan pengguna memperoleh estimasi awal retribusi secara otomatis berdasarkan formula resmi Peraturan Daerah Kota Kendari.
- Hasil evaluasi menunjukkan tingkat akurasi yang tinggi dengan nilai MAPE sebesar 6% pada bangunan hunian dan 2% pada bangunan usaha, yang mengindikasikan tingkat akurasi masing-masing sebesar 94% dan 98%.
- Pengujian penerimaan pengguna (UAT) menunjukkan rata-rata penilaian 4,3 (kategori sangat baik), sehingga sistem dinilai layak digunakan sebagai alat bantu estimasi awal Retribusi PBG.

Secara keseluruhan, penelitian ini berhasil menghasilkan sistem estimasi berbasis regulasi yang tidak hanya akurat secara matematis, tetapi juga telah diterapkan dalam *platform web* yang dapat digunakan dalam konteks nyata

5. SARAN

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, beberapa saran yang dapat dipertimbangkan adalah:

- Mengembangkan model dengan menambahkan parameter teknis lain yang relevan sesuai pembaruan regulasi, seperti klasifikasi risiko bangunan atau variabel tambahan dalam Indeks Terintegrasi (*It*), guna meningkatkan presisi estimasi.
- Melakukan perbandingan performa dengan metode inferensi Fuzzy lainnya, seperti metode Sugeno, untuk menganalisis perbedaan stabilitas dan tingkat akurasi sistem.
- Menguji sistem menggunakan dataset yang lebih besar dan lebih beragam untuk meningkatkan generalisasi model pada berbagai jenis bangunan.

Mengintegrasikan sistem secara lebih luas dengan layanan perizinan daerah agar estimasi dapat digunakan sebagai bagian dari ekosistem digital perizinan bangunan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Cucut Susanto, S.Kom., M.Si., sebagai pembimbing I, serta Bapak Asrul Syam, S.Si., M.Si., sebagai pembimbing II, atas bimbingan dan masukan berharga yang telah diberikan selama penyusunan jurnal ini. Selain itu, penulis juga mengapresiasi dirinya sendiri atas dedikasi dan kerja keras yang telah dicurahkan hingga jurnal ini dapat terselesaikan dengan baik

DAFTAR PUSTAKA

- [1] PP No. 16 Tahun 2021. (2021). Database Peraturan | JDIH BPK. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/161846/pp-no-16-tahun-2021>
-

- [2] *PERDA Kota Kendari No. 8 Tahun 2021*. (2021). Database Peraturan | JDIH BPK. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/216153/perda-kota-kendari-no-8-tahun-2021>
- [3] *PERDA Kota Kendari No. 6 Tahun 2023*. (2023). Database Peraturan | JDIH BPK. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/288593/perda-kota-kendari-no-6-tahun-2023>
- [4] Lee, J. G., Lee, H. S., Park, M., & Seo, J. (2022). Early-stage cost estimation model for power generation project with limited historical data. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 29(7), 2599-2614.
- [5] Sovina, M., & Harahap, F. A. (2022). Penentuan status gizi dengan indeks massa tubuh (IMT) menggunakan logika fuzzy. *Information System Journal*, 7(1), 105-116.
- [6] Sihombing, F. A. (2024). Kajian Fuzzy Metode Mamdani dan Fuzzy Metode Sugeno serta Implementasinya. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(4), 4940-4955.
- [7] Asrar, M., Winedar, P. P., Susanto, C., & Amirah, A. (2024). Implementasi Metode Fuzzy Mamdani Dan Fuzzy Model Tahani Dalam Sistem Prediksi Produksi Kue Berbasis Web. *Dipaneegara Komputer Teknologi Informatika*, 16(1), 457-468.
- [8] Oktavianus, M., Marlina, E., & Syam, A. (2023). The implementation of fuzzy logic algorithm in android-based typhoid fever diagnostic application. *Journal of Computer Networks, Architecture and High Performance Computing*, 5(1), 160-170.
- [9] Hidayatullah, H., Eska, J., & Zulkhairani, Z. (2025). ANALISA SISTEM DETEKSI KERENTANAN RAWAN BANJIR DI KOTA PERDAGANGAN SUMATERA UTARA MENGGUNAKAN LOGIKA FUZZY MAMDANI. *JOURNAL OF SCIENCE AND SOCIAL RESEARCH*, 8(2), 1678-1684.
- [10] Karima, I. (2025). Implementasi Metode Fuzzy Mamdani dalam Pengambilan Keputusan Rekomendasi Jumlah Produksi. *Jurnal Inovasi Komputer (INOKOM)*, 1(1).
- [11] Saurina, N., Siswoyo, S., & Retnawati, L. (2023). Application of fuzzy analytical hierarchy process for choosing the best project cost estimation in the Gresik district. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 10, 168-174.
- [12] Sigani, N., Masse, B. A., & Nurdin, N. (2022). Sistem Pakar Untuk Mendiagnosa Penyakit Mata Manusia Menggunakan Metode Fuzzy Logic. *Jurnal Elektronik Sistem Informasi dan Komputer*, 5(1), 26-31.
- [13] Pradito, B., & Purnia, D. S. (2022). Komparasi Algoritma Linear Regression dan Neural Network Untuk Memprediksi Nilai Kurs Mata Uang. *Jurnal Sains dan Manajemen*, 10(2), 64-71.
- [14] Latifah, I., Himayati, A. I. A., & Findasari, F. (2025). PERBANDINGAN METODE SETENGAH RATA-RATA DAN METODE KUADRAT TERKECIL UNTUK PREDIKSI PENDAPATAN PADA PEDAGANG UMKM di KABUPATEN DEMAK. *Journal of Innovation Research and Knowledge*, 4(12), 9355-9370.
- [15] Wardah, S., Partini, P., Surya, R. Z., & Alfa, A. (2025). PERAMALAN PRODUKSI CRUDE PALM OIL DENGAN MENGGUNAKAN METODE MOVING AVERAGE DAN ARIMA. *Selodang Mayang: Jurnal Ilmiah Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Indragiri Hilir*, 11(3), 275-284.