JRMM – Jurnal Riset Mahasiswa Matematika, Volume 5 (5) (2026), Pages 338-347

Research Article

Analisis Kinerja Model *Random Forest* dan *Logistic Regression* untuk Memprediksi Pengaruh Lingkungan terhadap Zona Nilai Tanah (ZNT) di Kota Gorontalo

Irnawati Dau, Isran K. Hasan*, and Armayani Arsal

Program Studi Matematika, Jurusan Matematika, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo, Indonesia

Article History

Received 12 Mei 2026
Revised 13 Juni 2026
Accepted 19 Juni 2026
Published 30 Juni 2026

Check for updates

Copyright © 2026 by Authors, Published by JRMM Group. This is an open access article under the CC BY-SA License.

Abstract. Land Value Zones (LVZ) are important indicators for determining the economic value of a region and are influenced by various environmental and spatial factors. This study aims to compare the performance of Ordinal Logistic Regression and Random Forest models in classifying Land Value Zones based on environmental variables in Gorontalo City. The data used consist of secondary spatial data derived from the 2023 and 2024 Land Value Zone maps, comprising 560 observations. The predictor variables include topography, distance to natural resources, distance to green open spaces, distance to public facilities, distance to pollution sources, and land use, while the response variable is the classification of LVZ into low, medium, and high categories. The analysis process involved data preprocessing, variable transformation, an 80:20 train-test split, and model development using Ordinal Logistic Regression and Random Forest. Model performance was evaluated using a confusion matrix and the metrics of accuracy, precision, recall, and F1-score. The results indicate that both models achieved equivalent classification performance, with an accuracy of 96.43%, precision of 96.52%, recall of 96.43%, and F1-score of 96.43%. In the Ordinal Logistic Regression model, distance to public facilities was identified as a significant predictor of LVZ classification, whereas in the Random Forest model, distance to public facilities and land use showed relatively higher predictive contributions than other variables. The results of the study showed that the Ordinal Logistic Regression and Random Forest models produced classification performance equivalent to an accuracy value of 96.43%, a precision of 96.52%, a recall of 96.43%, and an F1-score of 96.43%.

Keywords: Land Value Zones; Ordinal Logistic Regression; Random Forest; Environmental Factors; Machine Learning

Abstrak. Zona Nilai Tanah (ZNT) merupakan indikator penting dalam menentukan nilai ekonomi suatu wilayah yang dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan dan spasial. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan kinerja model Regresi Logistik Ordinal dan Random Forest dalam mengklasifikasikan ZNT berdasarkan variabel lingkungan di Kota Gorontalo. Data yang digunakan merupakan data sekunder berbasis spasial yang berasal dari Peta ZNT tahun 2023 dan 2024 dengan total 560 sampel. Variabel prediktor meliputi topografi, jarak terhadap sumber daya alam, jarak terhadap ruang terbuka hijau, jarak terhadap fasilitas umum, jarak terhadap kawasan pencemar, dan penggunaan lahan, sedangkan variabel respon berupa klasifikasi ZNT ke dalam kategori rendah, sedang, dan tinggi. Tahapan analisis meliputi pra-pemrosesan data, transformasi variabel, pembagian data latih dan data uji dengan proporsi 80:20, serta pemodelan menggunakan Regresi Logistik Ordinal dan Random Forest. Evaluasi model dilakukan menggunakan confusion matrix dengan metrik accuracy, precision, recall, dan F1-score. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua model menghasilkan kinerja klasifikasi yang setara dengan nilai accuracy sebesar 96,43%, precision sebesar 96,52%, recall sebesar 96,43%, dan F1-score sebesar 96,43%. Pada model Regresi Logistik Ordinal, variabel jarak terhadap fasilitas umum merupakan variabel yang signifikan terhadap klasifikasi ZNT, sedangkan pada model Random Forest variabel jarak terhadap fasilitas umum dan penggunaan lahan menunjukkan kontribusi prediktif yang relatif lebih tinggi dibandingkan variabel lainnya.

Kata kunci: Zona Nilai Tanah; Regresi Logistik Ordinal; Random Forest; Faktor Lingkungan; Machine Learning

1. Pendahuluan

Zona Nilai Tanah (ZNT) merupakan salah satu instrumen penting dalam menentukan nilai ekonomi suatu wilayah yang digunakan dalam berbagai kepentingan, seperti perpajakan, perencanaan tata ruang, serta pengambilan kebijakan pembangunan. Nilai tanah dipengaruhi oleh berbagai faktor, tidak hanya aspek ekonomi tetapi juga karakteristik lingkungan dan lokasi yang melekat pada suatu wilayah. Dalam konteks wilayah perkotaan, perubahan penggunaan lahan dan perkembangan wilayah menjadi faktor utama yang mendorong variasi nilai tanah [1]. Selain itu, kajian geografi ekonomi juga menegaskan bahwa interaksi antara aktivitas ekonomi dan kondisi spasial wilayah turut menentukan dinamika nilai lahan [2].

Perkembangan teknologi informasi dan ketersediaan data spasial mendorong perubahan pendekatan dalam analisis nilai tanah, dari metode konvensional menuju pendekatan berbasis data dan komputasi. Sistem informasi geografis (SIG) menjadi salah satu alat penting dalam mendukung analisis spasial yang lebih akurat dan terintegrasi [3]. Selain itu, pendekatan statistik seperti regresi linier dan regresi logistik telah banyak digunakan untuk mengidentifikasi hubungan antara variabel prediktor dengan nilai tanah atau harga properti [4].

Seiring dengan perkembangan ilmu data, metode machine

Corresponding author's email: rnawatidau40@gmail.com
DOI: https://doi.org/10.18860/JRMM.v5i5.43715 / p-ISSN: 2808-1552 | e-ISSN: 2808-4926 (BRIN | ISSN Portal)

learning mulai banyak diterapkan dalam pemodelan nilai tanah dan harga properti. Algoritma seperti Random Forest terbukti mampu menangani hubungan non-linear dan kompleksitas data yang tinggi dibandingkan metode konvensional [5]. Selain itu, Random Forest juga memiliki keunggulan dalam mengidentifikasi variabel yang paling berpengaruh melalui pendekatan feature importance [6].

Beberapa penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa metode machine learning memiliki performa yang lebih baik dalam prediksi dibandingkan metode statistik klasik, terutama dalam kasus data yang kompleks. Penelitian lain juga membandingkan kinerja regresi logistik dengan Random Forest dan menemukan bahwa kedua metode memiliki keunggulan masing-masing dalam klasifikasi [7]. Namun demikian, penerapan perbandingan kedua metode tersebut dalam konteks klasifikasi Zona Nilai Tanah berbasis faktor lingkungan masih relatif terbatas, khususnya pada wilayah dengan karakteristik lokal seperti Kota Gorontalo [8].

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan kinerja model Regresi Logistik Ordinal dan Random Forest dalam memprediksi klasifikasi Zona Nilai Tanah berdasarkan faktor lingkungan. Penelitian ini juga berfokus pada identifikasi variabel lingkungan yang paling berpengaruh terhadap nilai tanah serta evaluasi tingkat akurasi model dalam proses klasifikasi.

Kebaruan (novelty) dari penelitian ini terletak pada integrasi pendekatan statistik dan machine learning dalam analisis nilai tanah berbasis data spasial dengan mempertimbangkan variabel lingkungan secara komprehensif. Selain itu, penelitian ini memberikan kontribusi berupa analisis komparatif antara Regresi Logistik Ordinal dan Random Forest dalam konteks klasifikasi ZNT pada wilayah Kota Gorontalo, yang masih jarang dilakukan dalam studi sebelumnya [9]. Pendekatan ini diharapkan mampu memberikan pemahaman yang lebih mendalam terkait faktor-faktor penentu nilai tanah serta meningkatkan akurasi model prediksi [10].

Secara sistematis, artikel ini disusun sebagai berikut. Bagian 2 membahas metode penelitian yang digunakan. Bagian 3 menyajikan hasil dan pembahasan penelitian. Selanjutnya, Bagian 4 memuat kesimpulan dari penelitian yang dilakukan.

2. Metode

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis data spasial untuk menganalisis dan membandingkan kinerja model Regresi Logistik Ordinal dan Random Forest dalam mengklasifikasikan Zona Nilai Tanah (ZNT) berdasarkan faktor lingkungan.

2.1. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data sekunder yang diperoleh dari Peta Zona Nilai Tanah (ZNT) Kota Gorontalo tahun 2023 dan 2024. Dataset terdiri dari 560 sampel yang telah melalui proses integrasi dengan data spasial lainnya, seperti penggunaan lahan dan lokasi fasilitas umum. Penggunaan data sekunder dalam analisis spasial memungkinkan pengolahan informasi yang lebih luas dan efisien dalam mendukung pengambilan keputusan berbasis wilayah [11].

2.2. Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini terdiri dari variabel respon dan variabel prediktor. Variabel respon berupa klasifikasi ZNT yang dibagi menjadi tiga kategori, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Sementara itu, variabel prediktor meliputi topografi, jarak terhadap sumber daya alam, jarak terhadap ruang terbuka hijau, jarak terhadap fasilitas umum, jarak terhadap sumber pencemar, serta penggunaan lahan. Pemilihan variabel ini didasarkan pada konsep interaksi antara faktor lingkungan dan aktivitas ekonomi dalam menentukan nilai lahan [12].

2.3. Pra-pemrosesan Data

Tahap pra-pemrosesan dilakukan untuk memastikan kualitas data sebelum dilakukan pemodelan. Proses ini meliputi pemeriksaan kelengkapan data, transformasi variabel, serta pengkodean variabel kategorik menggunakan teknik one-hot encoding. Selanjutnya, data dibagi menjadi data latih dan data uji dengan proporsi 80:20. Pembagian data ini bertujuan untuk menghindari overfitting serta memastikan kemampuan generalisasi model dalam prediksi [13].

2.4. Regresi Logistik Ordinal

Regresi Logistik Ordinal merupakan metode regresi yang digunakan untuk memodelkan hubungan antara variabel respon yang bersifat ordinal dengan satu atau lebih variabel prediktor. Pada penelitian ini, variabel respon berupa klasifikasi Zona Nilai Tanah (ZNT) yang terdiri atas tiga kategori berurutan, yaitu rendah, sedang, dan tinggi [14].

Model Regresi Logistik Ordinal yang digunakan adalah model *cumulative logit* atau *proportional odds model*. Misalkan Y merupakan variabel respon ordinal dengan J kategori dan $X = (X_1, X_2, \ldots, X_k)$ merupakan vektor variabel prediktor. Model cumulative logit dinyatakan sebagai:

$$\log\left(\frac{P(Y \leq j)}{P(Y > j)}\right) = \alpha_j - (\beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \cdots + \beta_k X_k) \quad (1)$$

untuk $j = 1, 2, \ldots, J-1$, dengan:

- $P(Y \leq j)$ adalah probabilitas kumulatif hingga kategori ke-j,
- α_j adalah parameter ambang (*threshold*),
- β_i adalah koefisien regresi untuk variabel prediktor ke-i.

Estimasi parameter dilakukan menggunakan metode *Maximum Likelihood Estimation* (MLE), yaitu dengan memaksimumkan fungsi likelihood berdasarkan data pengamatan. Selanjutnya, signifikansi model secara keseluruhan diuji menggunakan *Likelihood Ratio Test*, sedangkan signifikansi masing-masing parameter diuji menggunakan Uji Wald.

Interpretasi parameter dilakukan melalui nilai *odds ratio* yang diperoleh dari:

$$OR = e^{\beta_i}. \quad (2)$$

Nilai odds ratio menunjukkan perubahan peluang suatu pengamatan berada pada kategori ZNT yang lebih tinggi

akibat perubahan satu satuan pada variabel prediktor dengan asumsi variabel lain tetap.

Sebelum interpretasi model dilakukan, asumsi proportional odds diuji untuk memastikan bahwa hubungan antara setiap pasangan kategori respon bersifat paralel. Asumsi ini merupakan syarat utama dalam Regresi Logistik Ordinal agar koefisien regresi dapat diinterpretasikan secara konsisten pada seluruh kategori respon.

2.5. Metode Random Forest

Random Forest merupakan metode ensemble learning yang membangun sejumlah pohon keputusan (decision tree) dan menggabungkan hasilnya untuk meningkatkan akurasi prediksi. Setiap pohon dibangun menggunakan subset data dan subset variabel secara acak, sehingga mampu mengurangi varians model dan meningkatkan stabilitas prediksi. Selain itu, metode ini juga menyediakan informasi mengenai tingkat kepentingan variabel (feature importance) yang berguna dalam interpretasi model [15].

2.6. Evaluasi Model

Evaluasi kinerja model dilakukan menggunakan confusion matrix untuk mengukur tingkat akurasi klasifikasi. Selain itu, metrik evaluasi seperti precision, recall, dan accuracy digunakan untuk menilai performa model secara lebih komprehensif. Penggunaan metrik evaluasi ini penting untuk memahami kemampuan model dalam mengklasifikasikan data secara tepat pada setiap kategori [16].

2.7. Alur Penelitian

Secara umum, tahapan penelitian ini meliputi pengumpulan data, pra-pemrosesan data, pemodelan menggunakan Regresi Logistik Ordinal dan Random Forest, serta evaluasi dan perbandingan kinerja kedua model. Alur ini dirancang untuk memastikan proses analisis berjalan secara sistematis dan menghasilkan model yang optimal dalam klasifikasi Zona Nilai Tanah.

3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil analisis data, evaluasi model, serta pembahasan perbandingan kinerja Regresi Logistik Ordinal dan Random Forest.

3.1. Deskripsi Data

Penelitian ini menggunakan data spasial Zona Nilai Tanah (ZNT) Kota Gorontalo yang berasal dari hasil digitalisasi peta ZNT tahun 2023 dan 2024. Data tersebut digunakan untuk mengidentifikasi pola klasifikasi nilai tanah berdasarkan karakteristik lingkungan yang terdapat pada masing-masing wilayah pengamatan. Secara administratif, wilayah penelitian mencakup seluruh kecamatan di Kota Gorontalo, yaitu Kecamatan Kota Selatan, Kota Barat, Kota Timur, Kota Tengah, Kota Utara, Dungingi, Dumbo Raya, Hulonthalangi, dan Sipatana.

Data ZNT tahun 2023 terdiri atas 40 zona nilai tanah dengan 200 titik sampel, sedangkan data tahun 2024 terdiri atas 45 zona nilai tanah dengan 360 titik sampel. Penggabungan kedua sumber data menghasilkan 560 sampel pengamatan yang digunakan sebagai dasar analisis. Peningkatan jumlah sampel pada tahun 2024 dilakukan untuk memperoleh representasi spasial yang lebih baik serta meningkatkan kemampuan model dalam mengenali pola hubungan antara karakteristik lingkungan dan klasifikasi nilai tanah.

Peta Zona Nilai Tanah menunjukkan bahwa distribusi nilai tanah di Kota Gorontalo memiliki pola yang bervariasi antarwilayah. Kawasan dengan nilai tanah relatif tinggi umumnya terkonsentrasi pada wilayah pusat kota dan kawasan dengan intensitas aktivitas ekonomi yang tinggi. Sebaliknya, wilayah yang berada pada kawasan pinggiran kota cenderung memiliki nilai tanah yang lebih rendah. Perbedaan tersebut mengindikasikan bahwa faktor aksesibilitas, aktivitas ekonomi, dan karakteristik lingkungan berpotensi memberikan kontribusi terhadap variasi nilai tanah pada setiap zona.

Untuk memudahkan proses analisis, nilai tanah dikelompokkan ke dalam tiga kategori utama, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Pengelompokan ini mengacu pada interpretasi kelas warna pada peta ZNT yang diterbitkan oleh Badan Pertanahan Nasional (BPN), di mana warna hijau merepresentasikan nilai tanah rendah, warna kuning merepresentasikan nilai tanah sedang, dan warna merah merepresentasikan nilai tanah tinggi. Klasifikasi tersebut digunakan sebagai variabel respon dalam proses pemodelan.

Tabel 1: Klasifikasi Zona Nilai Tanah (ZNT)

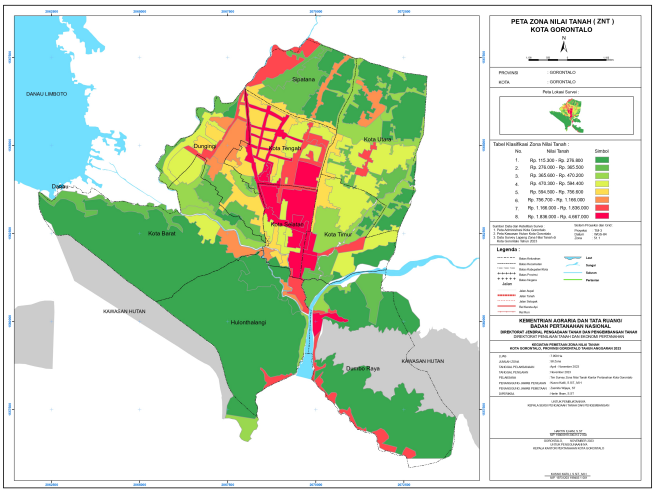
Kategori ZNT	Rentang Nilai Tanah (Rp/m^2)
Rendah	< 594.000
Sedang	594.000 – 1.166.000
Tinggi	$> 1.166.000$

Selain informasi nilai tanah, penelitian ini memanfaatkan data karakteristik lingkungan yang diperoleh melalui integrasi peta tematik dan peta Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) Kota Gorontalo. Peta RDTR digunakan untuk menggambarkan pola pemanfaatan ruang yang berkembang pada wilayah penelitian, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai hubungan antara fungsi lahan dan variasi nilai tanah.

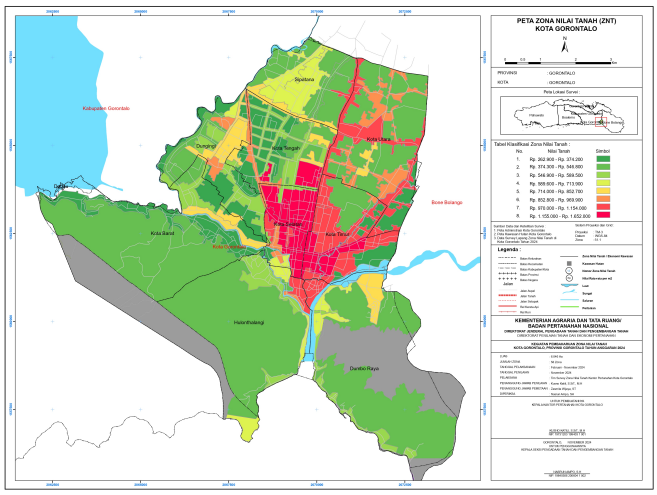
Berdasarkan peta RDTR, kawasan pusat kota didominasi oleh fungsi perdagangan, jasa, permukiman, dan aktivitas perkotaan lainnya yang memiliki intensitas pemanfaatan ruang relatif tinggi. Sebaliknya, sebagian wilayah pinggiran didominasi oleh kawasan ruang terbuka hijau, kawasan lindung, dan penggunaan lahan dengan intensitas pembangunan yang lebih rendah. Perbedaan fungsi ruang tersebut diduga berkontribusi terhadap perbedaan nilai tanah antarwilayah.

Untuk menjelaskan variasi nilai tanah tersebut, penelitian ini menggunakan enam variabel lingkungan sebagai variabel prediktor, yaitu topografi, jarak terhadap sumber daya alam, jarak terhadap ruang terbuka hijau, jarak terhadap fasilitas umum, jarak terhadap kawasan pencemar, dan penggunaan lahan. Variabel-variabel tersebut dipilih karena secara konseptual merepresentasikan kondisi fisik wilayah, tingkat aksesibilitas, kualitas lingkungan, serta intensitas pemanfaatan ruang yang berpotensi memengaruhi nilai ekonomi tanah.

Topografi menggambarkan kondisi morfologi wilayah yang dapat memengaruhi kemudahan pembangunan dan pengembangan kawasan. Variabel jarak terhadap sumber daya alam digunakan untuk merepresentasikan tingkat kedekatan suatu

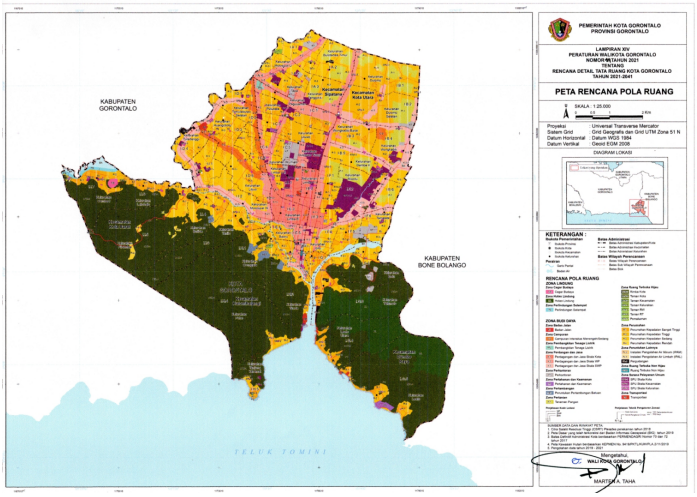


(a) Peta Zona Nilai Tanah Tahun 2023



(b) Peta Zona Nilai Tanah Tahun 2024

Gambar 1: Perbandingan Peta Zona Nilai Tanah Tahun 2023 dan 2024



Gambar 2: Peta RDTR Kota Gorontalo

lokasi terhadap sumber daya yang berpotensi mendukung aktivitas ekonomi masyarakat. Sementara itu, jarak terhadap ruang terbuka hijau digunakan untuk menggambarkan kualitas lingkungan dan tingkat kenyamanan kawasan.

Variabel jarak terhadap fasilitas umum merepresentasikan tingkat aksesibilitas masyarakat terhadap berbagai layanan publik seperti pendidikan, kesehatan, dan pemerintahan. Variabel jarak terhadap kawasan pencemar digunakan untuk mengukur pengaruh kualitas lingkungan terhadap nilai tanah. Adapun penggunaan lahan menggambarkan fungsi dominan suatu kawasan, seperti pertanian, permukiman, industri, dan komersial, yang secara langsung berkaitan dengan intensitas aktivitas ekonomi pada wilayah tersebut.

Secara keseluruhan, dataset yang digunakan dalam penelitian ini memiliki cakupan spasial yang luas serta keragaman karakteristik lingkungan yang memadai. Kombinasi antara informasi nilai tanah dan variabel lingkungan memberikan dasar yang kuat untuk membangun model klasifikasi Zona Nilai Tanah menggunakan pendekatan Regresi Logistik Ordinal dan Random Forest, serta untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang berkontribusi terhadap variasi nilai tanah di Kota Gorontalo.

3.2. Karakteristik Data dan Pra-pemrosesan

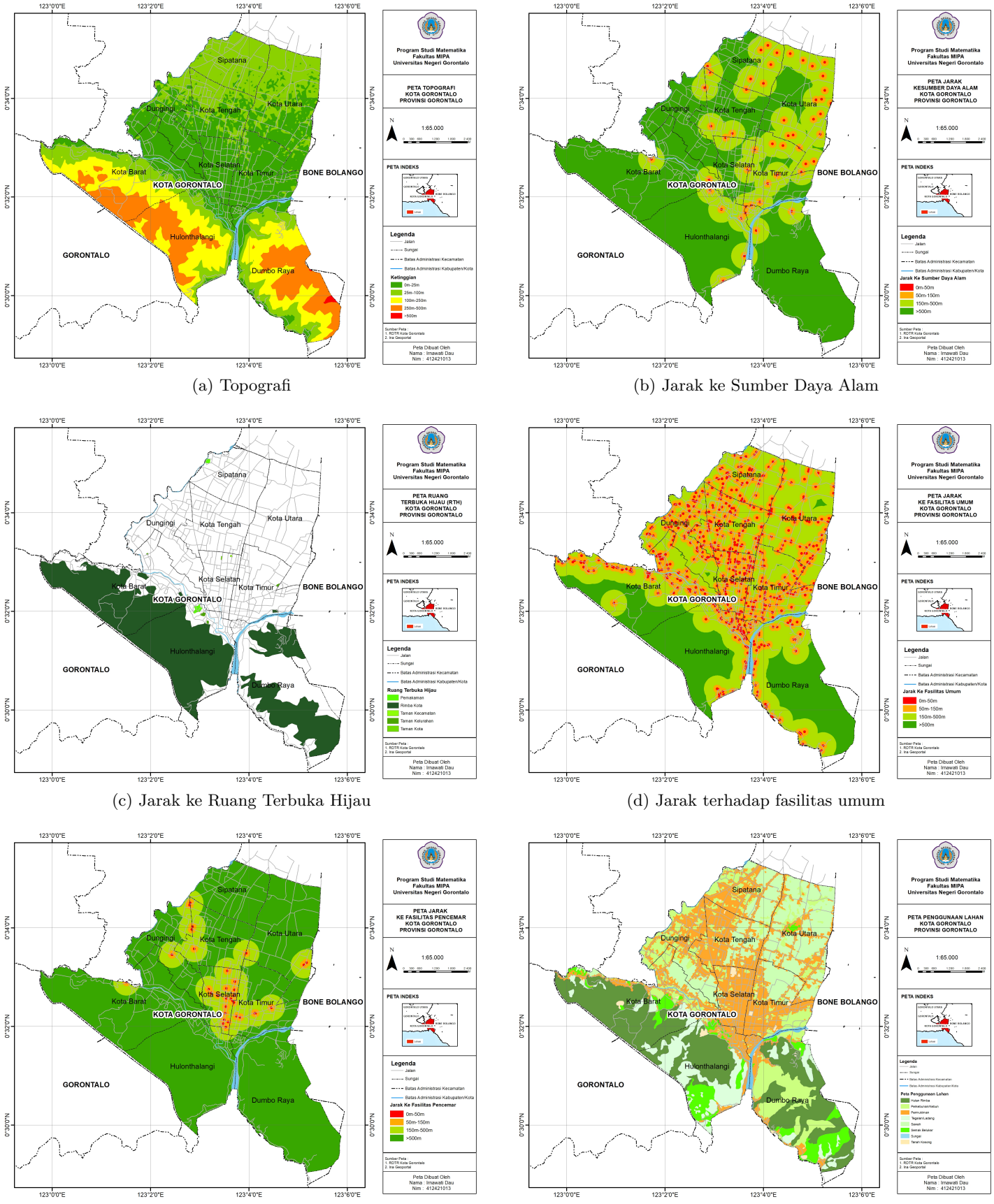
Penelitian ini menggunakan 560 sampel Zona Nilai Tanah (ZNT) Kota Gorontalo tahun 2023–2024 yang diperoleh dari hasil penggabungan data ZNT dan variabel lingkungan. Variabel prediktor yang digunakan meliputi topografi, jarak terhadap sumber daya alam (SDA), jarak terhadap ruang terbuka hijau (RTH), jarak terhadap fasilitas umum, jarak terhadap kawasan pencemar, dan penggunaan lahan. Variabel respon berupa kategori Zona Nilai Tanah yang terdiri atas tiga kelas, yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

Distribusi kelas ZNT menunjukkan bahwa kategori sedang mendominasi data penelitian dengan proporsi 47,14% (264 sampel), diikuti kategori tinggi sebesar 29,11% (163 sampel) dan kategori rendah sebesar 23,75% (133 sampel). Meskipun kelas sedang memiliki jumlah sampel terbesar, distribusi ketiga kelas masih tergolong cukup seimbang sehingga dapat mendukung proses pembentukan model klasifikasi tanpa permasalahan ketimpangan kelas yang signifikan.

Tabel 2: Ringkasan karakteristik data penelitian

Karakteristik	Nilai
Jumlah sampel	560
Periode data	2023–2024
Jumlah variabel prediktor	6
Jumlah kelas ZNT	3
Kelas ZNT rendah	133 (23,75%)
Kelas ZNT sedang	264 (47,14%)
Kelas ZNT tinggi	163 (29,11%)
Missing value	0 (0%)
Data latih	448 (80%)
Data uji	112 (20%)

Karakteristik variabel lingkungan menunjukkan keragaman kondisi wilayah yang cukup baik. Topografi didominasi oleh wilayah datar hingga landai, sementara akses terhadap SDA, RTH, fasilitas umum, dan kawasan pencemar tersebar relatif merata pada seluruh kategori jarak. Pada variabel penggunaan lahan, kawasan permukiman merupakan kategori yang paling dominan, diikuti oleh kawasan komersial, pertanian, dan industri. Keragaman tersebut memberikan informasi yang memadai untuk mengidentifikasi faktor-faktor



(a) Topografi

(b) Jarak ke Sumber Daya Alam

(c) Jarak ke Ruang Terbuka Hijau

(d) Jarak terhadap fasilitas umum

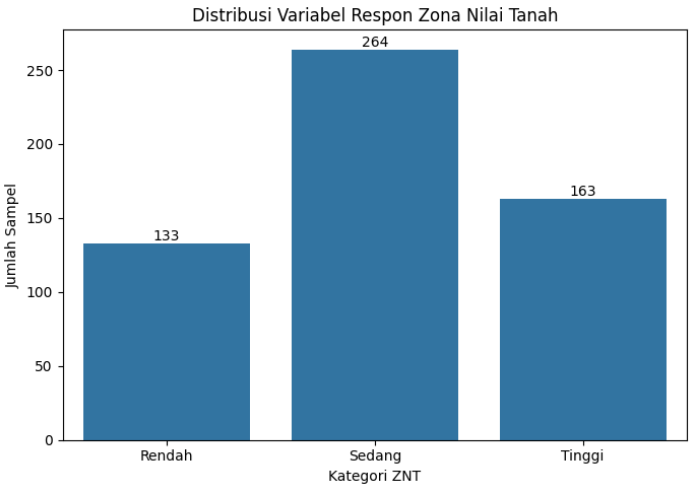
(e) Jarak ke Kawasan Pencemar

(f) Penggunaan lahan

Gambar 3: Peta Variabel Lingkungan

yang berpengaruh terhadap klasifikasi ZNT.

Analisis eksploratif menunjukkan bahwa penggunaan lahan dan kedekatan terhadap fasilitas umum memiliki pola hubungan yang lebih jelas terhadap kategori ZNT dibandingkan variabel lingkungan lainnya. Sebaliknya, topografi, kedekatan terhadap SDA, dan kawasan pencemar menunjukkan perbe-



Gambar 4: Distribusi Kelas ZNT

daan yang relatif kecil antar kelas ZNT.

Tahap pra-pemrosesan diawali dengan pemeriksaan kualitas data yang menunjukkan bahwa seluruh variabel tidak memiliki *missing value*, sehingga seluruh sampel dapat digunakan pada proses analisis. Selanjutnya, seluruh variabel kategorik ditransformasikan ke dalam bentuk numerik untuk kebutuhan pemodelan. Variabel topografi, SDA, RTH, fasilitas umum, dan pencemaran dikodekan secara ordinal sesuai tingkat kategorinya, sedangkan variabel penggunaan lahan ditransformasikan menggunakan *one-hot encoding*. Pada model Regresi Logistik Ordinal, kategori pertanian digunakan sebagai kategori referensi untuk menghindari *dummy variable trap*. Konfigurasi yang sama diterapkan pada model Random Forest agar kedua metode menggunakan himpunan prediktor yang identik.

Setelah proses transformasi selesai, data dibagi menjadi data latih dan data uji dengan rasio 80:20. Sebanyak 448 sampel digunakan untuk membentuk model, sedangkan 112 sampel digunakan untuk mengevaluasi kemampuan prediksi model. Proporsi ini dipilih untuk menjaga keseimbangan antara kemampuan model dalam mempelajari pola data dan keandalan evaluasi kinerja model.

3.3. Analisis Regresi Logistik

Regresi Logistik Ordinal digunakan untuk memodelkan hubungan antara faktor lingkungan dan kategori Zona Nilai Tanah (ZNT) yang terdiri atas tiga kelas, yaitu rendah, sedang, dan tinggi. Model dibangun menggunakan variabel topografi, jarak terhadap sumber daya alam (SDA), jarak terhadap ruang terbuka hijau (RTH), jarak terhadap fasilitas umum, jarak terhadap kawasan pencemar, dan penggunaan lahan.

Berdasarkan hasil estimasi parameter, variabel topografi, jarak terhadap SDA, jarak terhadap RTH, dan jarak terhadap fasilitas umum memiliki koefisien negatif. Sementara itu, variabel jarak terhadap kawasan pencemar serta penggunaan lahan memiliki koefisien positif. Koefisien negatif menunjukkan bahwa peningkatan kategori variabel cenderung menurunkan peluang suatu lokasi berada pada kategori ZNT yang lebih tinggi, sedangkan koefisien positif menunjukkan kecenderungan sebaliknya.

Tabel 3: Hasil Estimasi Parameter Regresi Logistik Ordinal

Variabel	Koefisien	Std. Error	z-hitung	p-value
X_1	-0,0758	0,257	-0,295	0,768
X_2	-0,1400	0,299	-0,468	0,640
X_3	-0,0741	0,323	-0,229	0,819
X_4	-5,5658	0,791	-7,038	0,000
X_5	0,0567	0,329	0,172	0,863
$X_{6.1}$	44,5460	138,093	0,323	0,747
$X_{6.2}$	32,6881	138,062	0,237	0,813
$X_{6.3}$	44,1614	138,090	0,320	0,749

Perlu diperhatikan bahwa beberapa kategori variabel penggunaan lahan ($X_{6.1}$, $X_{6.2}$, dan $X_{6.3}$) menghasilkan nilai koefisien yang sangat besar disertai standar error yang tinggi. Kondisi ini menunjukkan bahwa estimasi parameter pada kategori tersebut kurang stabil. Salah satu penyebab yang mungkin adalah ketidakseimbangan jumlah observasi pada beberapa kategori penggunaan lahan atau adanya pola pemisahan (*separation*) antara kategori penggunaan lahan dan kelas Zona Nilai Tanah. Oleh karena itu, interpretasi terhadap koefisien penggunaan lahan perlu dilakukan secara hati-hati dan tidak dapat dijadikan dasar utama dalam penarikan kesimpulan. Selain itu, nilai *p-value* yang relatif besar menunjukkan bahwa kategori penggunaan lahan tersebut tidak berpengaruh signifikan secara statistik dalam model Regresi Logistik Ordinal pada taraf signifikansi 5%.

Tabel 4: Hasil Uji Serentak (*Likelihood Ratio Test*)

Log-Likelihood Model Full	Log-Likelihood Model Null	Chi-Square Score (G^2)	df	p-value	Keputusan
-34,6671	-472,7299	876,1257	7	$6,86 \times 10^{-185}$	Tolak H_0

Hasil *Likelihood Ratio Test* menunjukkan bahwa model signifikan secara keseluruhan dengan nilai $G^2 = 876{,}1257$ dan *p-value* $< 0{,}05$. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat paling sedikit satu variabel prediktor yang berpengaruh terhadap kategori ZNT sehingga model layak digunakan untuk analisis lebih lanjut.

Berdasarkan Uji Wald, hanya variabel jarak terhadap fasilitas umum yang berpengaruh signifikan terhadap kategori ZNT pada taraf signifikansi 5% (*p-value* $< 0{,}05$). Variabel lainnya, yaitu topografi, jarak terhadap SDA, jarak terhadap RTH, jarak terhadap kawasan pencemar, serta penggunaan lahan tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan (*p-value* $> 0{,}05$). Temuan ini menunjukkan bahwa aksesibilitas terhadap fasilitas umum merupakan variabel yang paling signifikan dalam model Regresi Logistik Ordinal untuk menjelaskan perbedaan kategori Zona Nilai Tanah di Kota Gorontalo.

Interpretasi *odds ratio* menunjukkan bahwa variabel jarak terhadap fasilitas umum memiliki nilai sebesar 0,0038. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa semakin jauh suatu lokasi dari fasilitas umum, peluang lokasi tersebut untuk berada pada kategori ZNT yang lebih tinggi cenderung menurun. Sebaliknya, lokasi yang memiliki akses lebih dekat terhadap fasilitas umum cenderung memiliki nilai tanah yang lebih tinggi.

Temuan ini sejalan dengan teori nilai lahan yang menyatakan bahwa aksesibilitas merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi nilai tanah. Lokasi yang berada dekat dengan fasilitas pendidikan, kesehatan, perdagangan, maupun pelayanan publik cenderung memiliki tingkat permintaan yang lebih tinggi dibandingkan lokasi yang sulit

dijangkau. Tingginya permintaan tersebut mendorong peningkatan nilai tanah karena kawasan yang memiliki aksesibilitas baik dianggap lebih menguntungkan untuk aktivitas ekonomi maupun permukiman.

Dalam konteks Kota Gorontalo, keberadaan fasilitas umum yang terkonsentrasi pada wilayah tertentu menyebabkan perbedaan tingkat aksesibilitas antar kawasan. Kondisi ini berpotensi menciptakan variasi nilai tanah yang cukup signifikan sehingga kedekatan terhadap fasilitas umum menjadi salah satu variabel penting dalam klasifikasi Zona Nilai Tanah.

Tabel 5: Hasil Evaluasi Model Regresi Logistik Ordinal

Kelas ZNT	Precision	Recall	F1-Score	Support
Rendah (1)	1,00	0,93	0,96	27
Sedang (2)	0,96	0,98	0,97	53
Tinggi (3)	0,94	0,97	0,95	32
			Accuracy	**0,9643**

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa model Regresi Logistik Ordinal memiliki kinerja klasifikasi yang sangat baik dengan nilai *accuracy* sebesar 96,43%. Selain itu, nilai *precision*, *recall*, dan *F1-score* pada seluruh kategori ZNT berada di atas 0,90. Hasil tersebut menunjukkan bahwa model mampu mengklasifikasikan kategori ZNT rendah, sedang, dan tinggi secara akurat pada data uji.

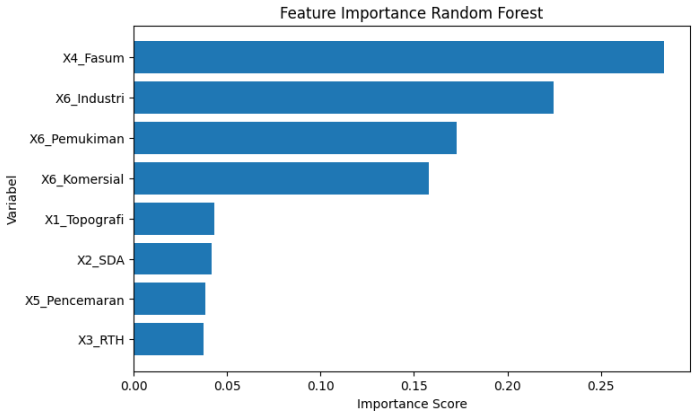
Secara keseluruhan, Regresi Logistik Ordinal mampu menjelaskan hubungan antara faktor lingkungan dan kategori ZNT dengan performa klasifikasi yang baik. Hasil analisis menunjukkan bahwa jarak terhadap fasilitas umum merupakan variabel yang signifikan dalam model dan memiliki keterkaitan yang kuat dengan klasifikasi Zona Nilai Tanah di Kota Gorontalo.

3.4. Metode Random Forest

Model Random Forest digunakan untuk mengklasifikasikan kategori Zona Nilai Tanah (ZNT) berdasarkan karakteristik lingkungan yang terdiri atas topografi, jarak terhadap sumber daya alam (SDA), jarak terhadap ruang terbuka hijau (RTH), jarak terhadap fasilitas umum, jarak terhadap kawasan pencemar, dan penggunaan lahan. Random Forest merupakan metode *ensemble learning* yang menggabungkan sejumlah pohon keputusan (*decision tree*) untuk menghasilkan prediksi yang lebih stabil dan akurat dibandingkan pohon keputusan tunggal. Setiap pohon dibangun menggunakan sampel data dan subset variabel yang dipilih secara acak sehingga mampu mengurangi risiko *overfitting* serta meningkatkan kemampuan generalisasi model.

Pada penelitian ini, data dibagi menjadi data latih sebesar 80% dan data uji sebesar 20%. Data latih digunakan untuk membentuk model Random Forest, sedangkan data uji digunakan untuk mengevaluasi kemampuan model dalam mengklasifikasikan kategori ZNT yang belum pernah diamati sebelumnya.

Salah satu keunggulan Random Forest adalah kemampuannya dalam mengidentifikasi tingkat kepentingan masing-masing variabel prediktor melalui analisis *feature importance*. Nilai ini dihitung berdasarkan rata-rata penurunan *Gini impurity* yang dihasilkan ketika suatu variabel digunakan sebagai pemisah pada pohon keputusan. Semakin besar nilai *feature importance*, semakin besar kontribusi variabel tersebut dalam meningkatkan ketepatan klasifikasi model.



Gambar 5: Feature Importance

Berdasarkan hasil *feature importance*, variabel jarak terhadap fasilitas umum (X_4) memiliki tingkat kepentingan tertinggi dibandingkan variabel lainnya. Hasil ini menunjukkan bahwa aksesibilitas terhadap fasilitas umum merupakan faktor yang paling berpengaruh dalam membedakan kategori Zona Nilai Tanah rendah, sedang, dan tinggi. Kedekatan suatu lokasi terhadap fasilitas umum cenderung meningkatkan daya tarik kawasan sehingga berimplikasi pada peningkatan nilai tanah.

Selain variabel fasilitas umum, penggunaan lahan industri, penggunaan lahan permukiman, dan penggunaan lahan komersial juga menunjukkan kontribusi yang relatif besar dalam proses klasifikasi. Temuan ini mengindikasikan bahwa karakteristik penggunaan lahan memiliki keterkaitan yang kuat dengan variasi nilai tanah. Kawasan yang berkembang sebagai pusat aktivitas ekonomi dan permukiman umumnya memiliki nilai tanah yang lebih tinggi dibandingkan kawasan dengan aktivitas yang lebih terbatas.

Besarnya kontribusi variabel penggunaan lahan menunjukkan bahwa karakteristik aktivitas suatu kawasan turut memengaruhi pembentukan nilai tanah. Kawasan komersial umumnya memiliki nilai tanah yang lebih tinggi karena didukung oleh aktivitas ekonomi yang intensif, sedangkan kawasan permukiman memiliki nilai tanah yang dipengaruhi oleh tingkat aksesibilitas dan ketersediaan sarana pendukung. Hasil ini menunjukkan bahwa nilai tanah tidak hanya ditentukan oleh faktor lokasi, tetapi juga oleh fungsi dan intensitas pemanfaatan ruang pada suatu wilayah.

Sebaliknya, variabel topografi, jarak terhadap SDA, jarak terhadap RTH, dan jarak terhadap kawasan pencemar memiliki tingkat kepentingan yang relatif lebih rendah. Meskipun demikian, variabel-variabel tersebut tetap berkontribusi dalam pembentukan model karena Random Forest mempertimbangkan seluruh kombinasi variabel yang tersedia selama proses pembentukan pohon keputusan.

Temuan ini menunjukkan bahwa faktor aksesibilitas dan penggunaan lahan merupakan komponen utama yang memengaruhi klasifikasi Zona Nilai Tanah di Kota Gorontalo. Hasil tersebut juga konsisten dengan teori ekonomi lahan yang menyatakan bahwa nilai tanah cenderung meningkat pada lokasi yang memiliki akses lebih baik terhadap pusat aktivitas dan fasilitas pendukung.

Evaluasi model dilakukan menggunakan data uji dengan mengukur nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Keempat metrik tersebut digunakan untuk menilai kemam-

puan model dalam mengklasifikasikan setiap kategori ZNT secara tepat dan konsisten.

Tabel 6: Hasil Evaluasi Model Random Forest

Kelas ZNT	Precision	Recall	F1-Score	Support
Rendah (1)	1,00	0,93	0,96	27
Sedang (2)	0,96	0,98	0,97	53
Tinggi (3)	0,94	0,97	0,95	32
			Accuracy	**0,9643**

Berdasarkan Tabel 6, model Random Forest menghasilkan nilai *accuracy* sebesar 96,43%, yang menunjukkan bahwa sebagian besar data uji berhasil diklasifikasikan dengan benar. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa model memiliki kemampuan klasifikasi yang sangat baik dalam membedakan kategori ZNT rendah, sedang, dan tinggi.

Pada kategori ZNT rendah diperoleh nilai *precision* sebesar 1,00, *recall* sebesar 0,93, dan *F1-score* sebesar 0,96. Hasil ini menunjukkan bahwa seluruh lokasi yang diprediksi sebagai ZNT rendah merupakan prediksi yang benar, meskipun masih terdapat sebagian kecil data aktual yang belum berhasil teridentifikasi.

Kategori ZNT sedang menunjukkan kinerja terbaik dengan nilai *precision* sebesar 0,96, *recall* sebesar 0,98, dan *F1-score* sebesar 0,97. Tingginya nilai pada ketiga metrik tersebut menunjukkan bahwa model mampu mengenali karakteristik kategori sedang dengan tingkat kesalahan yang sangat rendah.

Pada kategori ZNT tinggi diperoleh nilai *precision* sebesar 0,94, *recall* sebesar 0,97, dan *F1-score* sebesar 0,95. Hasil ini menunjukkan bahwa sebagian besar lokasi dengan kategori nilai tanah tinggi berhasil diklasifikasikan secara tepat oleh model.

Secara keseluruhan, nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang tinggi menunjukkan bahwa Random Forest memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mengidentifikasi pola hubungan antara faktor lingkungan dan kategori Zona Nilai Tanah. Kinerja tersebut mengindikasikan bahwa model mampu memberikan prediksi yang akurat dan konsisten pada data yang digunakan dalam penelitian.

3.5. Perbandingan Model Regresi Logistik dan Model *Random Forest*

Perbandingan model dilakukan berdasarkan nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang diperoleh dari data uji. Hasil perbandingan kedua model disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7: Perbandingan Kinerja Regresi Logistik Ordinal dan Random Forest

Metrik	Regresi Logistik Ordinal	Random Forest
Accuracy	0,9643	0,9643
Precision	0,9652	0,9652
Recall	0,9643	0,9643
F1-Score	0,9643	0,9643

Berdasarkan Tabel 7, model Regresi Logistik Ordinal dan Random Forest menghasilkan nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang sama, yaitu masing-masing sebesar 0,9643; 0,9652; 0,9643; dan 0,9643. Hasil tersebut menunjukkan bahwa kedua model memiliki kemampuan klasifikasi yang setara dalam memprediksi kategori Zona Nilai Tanah (ZNT). Kesamaan nilai evaluasi ini mengindikasikan bahwa kedua model menghasilkan pola klasifikasi yang sangat mirip pada data pengujian, sehingga tidak terdapat perbedaan performa klasifikasi yang signifikan berdasarkan metrik evaluasi yang digunakan.

Hasil yang identik pada kedua model menunjukkan bahwa pola hubungan antara variabel prediktor dan kategori Zona Nilai Tanah pada data penelitian dapat dipelajari dengan baik baik oleh pendekatan parametrik maupun nonparametrik. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Regresi Logistik Ordinal dan Random Forest sama-sama efektif dalam mengklasifikasikan Zona Nilai Tanah berdasarkan faktor lingkungan yang digunakan dalam penelitian.

Meskipun menghasilkan performa klasifikasi yang setara, kedua metode memiliki karakteristik yang berbeda. Regresi Logistik Ordinal memungkinkan peneliti untuk mengidentifikasi hubungan antara variabel prediktor dan kategori ZNT melalui Uji Likelihood Ratio Test, Uji Wald, dan *odds ratio*. Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel jarak terhadap fasilitas umum merupakan variabel yang signifikan terhadap klasifikasi Zona Nilai Tanah.

Sementara itu, Random Forest menyediakan informasi mengenai kontribusi relatif setiap variabel melalui analisis *feature importance*. Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel jarak terhadap fasilitas umum memiliki nilai *feature importance* tertinggi dibandingkan variabel lainnya, diikuti oleh beberapa kategori penggunaan lahan. Temuan ini menunjukkan bahwa variabel-variabel tersebut memberikan kontribusi prediktif yang relatif lebih besar dalam proses klasifikasi pada model Random Forest.

Dengan demikian, tidak terdapat perbedaan performa klasifikasi antara Regresi Logistik Ordinal dan Random Forest berdasarkan nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score*. Perbedaan utama kedua metode terletak pada karakteristik analisis yang dihasilkan. Regresi Logistik Ordinal lebih sesuai digunakan ketika tujuan penelitian adalah mengidentifikasi hubungan dan signifikansi antarvariabel, sedangkan Random Forest lebih bermanfaat untuk mengevaluasi kontribusi relatif variabel serta mengeksplorasi pola hubungan yang kompleks tanpa memerlukan asumsi statistik tertentu.

Hasil penelitian ini memberikan implikasi praktis bagi pemerintah daerah dan instansi yang berkaitan dengan pengelolaan pertanahan. Informasi mengenai variabel yang terkait dengan klasifikasi Zona Nilai Tanah dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam pemutakhiran ZNT, perencanaan tata ruang, serta penyusunan kebijakan pembangunan wilayah. Selain itu, penerapan metode machine learning seperti Random Forest menunjukkan potensi yang baik untuk mendukung proses penilaian massal tanah secara lebih efisien dan objektif.

4. Kesimpulan

Penelitian ini bertujuan untuk mengklasifikasikan Zona Nilai Tanah (ZNT) di Kota Gorontalo berdasarkan faktor-faktor lingkungan menggunakan metode Regresi Logistik Ordinal dan Random Forest. Variabel yang digunakan meliputi topografi, jarak terhadap sumber daya alam, jarak terhadap ruang terbuka hijau, jarak terhadap fasilitas umum, jarak terhadap kawasan pencemar, serta penggunaan lahan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Regresi Logistik Or-

dinal dan Random Forest mampu mengklasifikasikan kategori Zona Nilai Tanah dengan performa yang setara. Kedua metode menghasilkan nilai *accuracy*, *precision*, *recall*, dan *F1-score* yang sama pada data pengujian, yaitu masing-masing sebesar 96,43%, 96,52%, 96,43%, dan 96,43%. Temuan ini menunjukkan bahwa kedua metode sama-sama efektif dalam mengklasifikasikan Zona Nilai Tanah berdasarkan faktor lingkungan yang digunakan dalam penelitian.

Meskipun menghasilkan performa klasifikasi yang setara, kedua metode memiliki karakteristik analisis yang berbeda. Regresi Logistik Ordinal memungkinkan interpretasi hubungan antarvariabel melalui pengujian statistik, seperti *Likelihood Ratio Test*, Uji Wald, dan *odds ratio*. Sementara itu, Random Forest menyediakan informasi mengenai kontribusi relatif setiap variabel melalui analisis *feature importance* tanpa memerlukan asumsi statistik tertentu. Oleh karena itu, pemilihan metode dapat disesuaikan dengan tujuan analisis yang ingin dicapai.

Hasil analisis menunjukkan bahwa jarak terhadap fasilitas umum merupakan variabel yang paling terkait dengan klasifikasi Zona Nilai Tanah di Kota Gorontalo. Temuan ini mengindikasikan bahwa aksesibilitas memiliki peran penting dalam pembentukan nilai tanah. Selain itu, berdasarkan analisis *feature importance* pada model Random Forest, penggunaan lahan juga menunjukkan kontribusi prediktif dalam proses klasifikasi. Hasil tersebut sejalan dengan konsep nilai lahan yang menempatkan aksesibilitas dan karakteristik pemanfaatan ruang sebagai faktor penting dalam menentukan variasi nilai tanah.

Temuan penelitian ini dapat menjadi informasi pendukung bagi pemerintah daerah, perencana wilayah, maupun instansi terkait dalam proses pemutakhiran Zona Nilai Tanah, penyusunan kebijakan tata ruang, serta perencanaan pembangunan wilayah yang lebih efektif dan berkelanjutan. Informasi mengenai faktor-faktor yang terkait dengan klasifikasi Zona Nilai Tanah dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan pengelolaan dan pemanfaatan lahan.

Penelitian ini masih memiliki keterbatasan pada jumlah dan jenis variabel yang digunakan sehingga belum sepenuhnya merepresentasikan seluruh faktor yang memengaruhi nilai tanah. Selain itu, evaluasi model dilakukan menggunakan satu skema pembagian data latih dan data uji dengan proporsi 80:20 sehingga hasil yang diperoleh masih bergantung pada komposisi data yang digunakan. Oleh karena itu, penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penambahan variabel sosial-ekonomi, infrastruktur, maupun faktor spasial lainnya, serta menerapkan metode validasi yang lebih komprehensif seperti *k-fold cross-validation* atau validasi spasial untuk memperoleh evaluasi model yang lebih robust dan meningkatkan generalisasi model.

Pernyataan Kontribusi Penulis (CRediT)

Irnawati Dau: Konseptualisasi, Metodologi, Penulisan Draf Awal, perangkat lunak, visualisasi, Analisis Formal, Investigasi, Sumber Data, Kurasi Data, Penulisan Draf Awal, Penulisan Telaah dan Penyuntingan. **Isran K. Hasan:** Penulisan Draf Awal, Metodologi dan Validasi. **Armayani Arsal:** Penulisan Draf Awal, Metodologi, Perangkat lunak dan Validasi.

Deklarasi Penggunaan AI atau Teknologi Berbasis AI

Penelitian ini menggunakan bantuan Model Google Gemini versi 3.5 dalam penyusunan draf awal dan koreksi struktur kalimat.

Deklarasi Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan

Ketersediaan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini berupa data Zona Nilai Tanah (ZNT) Kota Gorontalo tahun 2023–2024 serta data variabel lingkungan yang diperoleh dari instansi terkait dan telah diolah untuk keperluan analisis. Data pendukung penelitian ini tersedia atas permintaan yang wajar kepada penulis korespondensi. Ketersediaan data dapat dibatasi sesuai dengan ketentuan penggunaan data dari instansi penyedia dan kebijakan yang berlaku.

Daftar Pustaka

[1] A. Sutawijaya, "Tanah sebagai dasar penilaian nilai jual obyek pajak di kota semarang," *Jurnal Ekonomi Pembangunan*, vol. 9, no. 1, pp. 65–78, 2004. DOI: 10.20885/vol9iss1aa625.

[2] D. Arisanty et al., *Geografi Ekonomi*. MNC Publishing, 2024. Available online.

[3] K. M. Wibowo, I. Kanedi, and J. Jumadi, "Sistem informasi geografis untuk penentuan lokasi pertambangan," *Jurnal Sistem Informasi*, vol. 11, no. 1, pp. 51–60, 2015. Available online.

[4] S. Ningsih and H. Dukalang, "Penerapan metode suksesif interval pada analisis regresi linier," *Jambura Journal of Mathematics*, vol. 1, no. 1, pp. 43–53, 2019. DOI: 10.34312/jjom.v1i1.1742.

[5] M. Čeh, M. Kilibarda, A. Lisec, and B. Bajat, "Random forest versus multiple regression for apartment price prediction," *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 7, no. 5, 2018. DOI: 10.3390/ijgi7050168.

[6] L. Breiman, "Random forests," *Machine Learning*, vol. 45, no. 1, pp. 5–32, 2001. DOI: 10.1023/A:1010933404324.

[7] B. Tanuwijaya, "Perbandingan regresi logistik dan random forest," *Indonesian Journal of Data Science*, vol. 1, no. 3, pp. 68–78, 2020. Available online.

[8] C. Yulianto, "Mass land valuation using random forest," *Jurnal Pertanahan*, pp. 26–39, 2024. DOI: 10.53686/jp.v14i1.204.

[9] A. Soltani and C. L. Lee, "Non-linear dynamics of housing markets," *Applied Geography*, vol. 166, 2024. DOI: 10.1016/j.apgeog.2024.103248.

[10] A. Saiful, "Prediksi harga rumah menggunakan machine learning," *JATISI*, vol. 8, no. 1, pp. 41–50, 2021. DOI: 10.35957/jatisi.v8i1.701.

[11] Sutaryono et al., *Tata Ruang dan Perencanaan Wilayah*. STPN Press, 2020. Available online.

[12] M. Pacione, *Progress in Urban Geography*. Croom Helm, 1982. Available online.

[13] D. Faisal, "Analisis permintaan dan penawaran properti residensial," Ph.D. dissertation, PKN STAN, 2022. Available online.

[14] D. W. Hosmer, S. Lemeshow, and R. X. Sturdivant, *Applied Logistic Regression*. Wiley, 2013. DOI: 10.1002/9781118548387.

[15] G. A. M. Ashfania, T. Prahasto, A. Widodo, and T. Warsokusumo, "Random forest untuk klasifikasi efisiensi energi," *Rotasi*, vol. 24, no. 3, pp. 14–21, 2022. DOI: 10.14710/rotasi.24.3.14-21.

[16] M. Sokolova and G. Lapalme, "Performance measures for classification tasks," *Information Processing and Management*, vol. 45, no. 4, pp. 427–437, 2009. DOI: 10.1016/j.ipm.2009.03.002.