



Penerapan Metode *Hedonic Price Modeling* dan Model Kota LOD 1 dalam Penilaian Tanah dan Properti sebagai Dasar Pengenaan Pajak

The Implementation of Hedonic Price Modeling Method and LOD 1 City Model in Land and Property Valuation as the Basis for Tax Determination

Annisa Nasywa Atsilah¹, Trias Aditya²

¹ Magister Teknik Geomatika, Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

² Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Penulis Korespondensi: Annisa Nasywa Atsilah | **Email:** annisa.nasywa.atsilah@mail.ugm.ac.id

Diterima (*Received*): 17/11/2023 Direvisi (*Revised*): 22/07/2024 Diterima untuk Publikasi (*Accepted*): 30/07/2024

ABSTRAK

Meningkatnya harga properti di kawasan perkotaan dipengaruhi oleh pesatnya urbanisasi di kawasan perkotaan. Pola spasial terkait nilai tanah dan properti yang kompleks akibat pembangunan gedung-gedung tinggi belum dipahami dengan baik. Secara umum, penilaian tanah dan properti dipengaruhi oleh aspek lokasi, lingkungan, dan fisik. Pembangunan yang terus berkembang menyebabkan perubahan spasial yang signifikan dalam dimensi vertikal. Faktor 2D yang saat ini digunakan tidak dapat mewakili perubahan informasi spasial pada dimensi vertikal. Oleh karena itu, penting untuk memperhitungkan faktor 3D dalam proses penilaian tanah dan properti. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis faktor 3D pada penilaian tanah dan properti sebagai dasar penentuan pajak dengan menerapkan metode *Hedonic Price Modeling* (HPM). Metode HPM dikembangkan untuk penilaian tanah dan properti 3D menggunakan regresi berganda dengan pembelajaran mesin (*machine learning*). Hasil dari penelitian, menunjukkan bahwa penambahan faktor 3D pada model memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai tanah dan properti. Hal ini didukung oleh hasil validasi menggunakan uji independen *t*, yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan antara rata-rata nilai pasar dan Nilai Jual Objek Pajak (NJOP). Selain itu, penyajian model kota LoD 1, dinilai efektif dalam menggambarkan pola distribusi spasial terkait klasifikasi Pajak Bumi dan Bangunan (PBB) yang tersebar di area studi. Pola yang tergambar dalam model kota tersebut dapat mempermudah pemangku kepentingan dalam memahami tren PBB dalam konteks spasial, sekaligus memudahkan dalam pengambilan keputusan terkait kebijakan pajak dan perencanaan kota.

Kata Kunci: HPM, Regresi berganda, Pembelajaran mesin, PBB, Model kota LoD 1

ABSTRACT

The increasing property prices in urban areas are influenced by the rapid urbanization in the urban areas. The spatial pattern related to the complex value of land and property due to the construction of high-rise buildings has not been well understood. Generally, the assessment of land and property is influenced by location, environmental, and physical aspects. Ongoing development leads to significant spatial changes in the vertical dimension. The current use of 2D factors cannot represent changes in spatial information in the vertical dimension. Therefore, it is important to consider 3D factors in the process of assessing land and property. This study aims to analyze 3D factors in the assessment of land and property as a basis for tax determination by applying the *Hedonic Price Modeling* (HPM) method. The HPM method is developed for the assessment of 3D land and property using multiple regressions with machine learning. The results of the study show that the addition of 3D factors to the model has a significant impact on the value of land and property. This is supported by validation results using an independent *t*-test, which indicates no significant difference between the average market value and Value of Object of Tax (NJOP). Additionally, the presentation of LoD 1 city models is considered effective in depicting spatial distribution patterns related to the scattered classification of Land and Building Tax (PBB) in the study area. The patterns depicted in the city model can facilitate stakeholders in understanding property tax trends in spatial contexts, as well as facilitate decision-making regarding tax policies and urban planning.

Keywords: HPM, Multiple regression, Machine Learning, PBB, LoD 1 city models

1. Pendahuluan

Penilaian tanah dan properti secara umum merupakan proses penentuan nilai ekonomis suatu tanah dan properti. Dalam konteks perpajakan, nilai tanah meliputi nilai bumi dan bangunan. Nilai tanah dan properti merupakan dasar dalam pengenaan Pajak Bumi dan Bangunan (PBB). Proses penilaian tanah adalah langkah untuk mengestimasi nilai pasar dengan memanfaatkan kriteria khusus yang diterapkan dalam metode penilaian yang diputuskan (Eckert dkk., 1990;). Hasil dari penilaian tanah nantinya akan menghasilkan Zona Nilai Tanah (ZNT) yang akan digunakan sebagai dasar perhitungan Pajak Bumi dan Bangunan (PBB) (Aristalindra dkk, 2020). Nilai di dalam ZNT merupakan alat yang digunakan sebagai acuan dalam penetapan Nilai Jual Objek Pajak (NJOP).

Persyaratan penting dalam penentuan pajak tanah properti adalah nilai jual objek bumi dan bangunan (Bourassa & Hoesli, 2022). Besarnya nilai tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti karakteristik fisik, lokasi, dan lingkungan (Sutawijaya, 2004; Astrisele & Santosa, 2019). Perhitungan nilai tanah dapat menggunakan berbagai metode. Metode analisis yang saat ini banyak digunakan dalam memprediksi variabel penentu terhadap nilai tanah adalah *Hedonic Price Modelling* (HPM) (Zegras & Jiang, 2013). Perhitungan menggunakan metode HPM dipertimbangkan karena memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pemodelan nilai properti pada wilayah perkotaan yang kompleks (Ying dkk., 2021). Metode regresi berganda digunakan untuk menganalisis hubungan antara variabel yang mempengaruhi harga properti dalam model harga hedonis (Li, 2019).

Dalam menilai sebuah tanah dan properti, perlu dipertimbangkan aspek ruang 3D seperti volume dan tinggi bangunan (Yamani dkk., 2019). Data dan informasi 3D ini dapat memberikan informasi yang lebih akurat dan komprehensif tentang tanah dan properti, dibandingkan hanya informasi 2D saja. Estimasi akurat menggunakan variabel 3D akan meningkatkan estimasi nilai properti (Yamani dkk., 2021). Hal ini akan membantu pihak-pihak yang terlibat dalam pengambilan keputusan terkait harga properti. Penilaian tanah dan properti 3D memiliki potensi untuk meningkatkan akurasi dan efisiensi penilaian untuk keperluan perpajakan. Hasil perhitungan komputasi menggunakan model harga hedonis menunjukkan hasil yang eksplisit terhadap variabel 3D yang berkorelasi dengan harga properti (Li dkk., 2020).

Kemajuan ilmu komputer banyak dimanfaatkan untuk penilaian tanah dan properti seperti *Artificial Intelligence (AI)*, *Machine Learning (ML)*, *Computer Vision (CV)*, dan *Deep Learning (DL)* (Jafary dkk., 2022). Teknologi pembelajaran mesin (*machine learning*) paling banyak digunakan dalam konteks penilaian tanah dan properti. Proses pembelajaran mesin ini dinilai dapat meningkatkan akurasi dalam mengidentifikasi, mengambil, dan meningkatkan kinerja data dengan model prediksi (Kamalov dkk., 2021). Terdapat banyak algoritma *machine learning* yang digunakan untuk memprediksi harga properti, diantaranya *Random Forest (RF)*, *Gradient*

Boosting (GB), *Support Vector Machine (SVM)*, *Decision Tree (DT)*, dan *Linear Regression (LR)* (Ja'afar dkk., 2021). Model regresi linear (*linear regression*) adalah algoritma *machine learning* yang paling sering digunakan dalam melakukan prediksi.

Regresi linear digunakan dalam melakukan prediksi dan menganalisis hubungan linear antar variabel (Borde dkk., 2017). Hal ini dikarenakan teknik yang sederhana dan mendasar dibandingkan dengan algoritma *machine learning* lainnya. Kekurangan dari teknik ini adalah tingkat kesalahannya sedikit di atas rata-rata. Dalam model hedonis, terdapat tiga fungsi umum yang biasa digunakan, yaitu model linear, logaritma, dan semi-logaritma (Zhang, 2014). Fungsi linear merupakan fungsi paling umum yang mengasumsikan bahwa variabel yang berpengaruh dan harga bersifat linear. Fungsi logaritma menyatakan hubungan yang akurat pada kondisi variabel yang tidak linear. Metode HPM tidak secara langsung termasuk dalam proses *machine learning*, namun pendekatan statistik dengan model regresi berganda yang merupakan salah satu cabang regresi dalam *machine learning*.

Ketersediaan model kota 3D saat ini terus meningkat pada berbagai aplikasi visualisasi salah satunya untuk simulasi lingkungan (Guercke dkk., 2011). Model kota 3D disajikan dalam berbagai tingkat kedetailan. Model kota 3D yang mencakup wilayah besar banyak ditemukan dalam *Level of Detail 1 (LoD 1)*. LoD 1 terdiri dari unsur bangunan dengan atap datar (Kolbe dkk., 2005). Visualisasi yang terlalu detail pada model kota dimungkinkan tidak efektif karena akan mengalihkan fokus pengguna terhadap tujuan visualisasinya (Schumann & Müller, 2000). Generalisasi model kota LoD 1 ini dimaksudkan agar mengurangi informasi yang terlalu detail dan mempertahankan kesan visual dari situasi spasial (Guercke dkk., 2011). Hal ini berarti penggunaan LoD 1 pada model kota lebih fokus untuk memberikan gambaran umum terkait karakteristik dan pola wilayah.

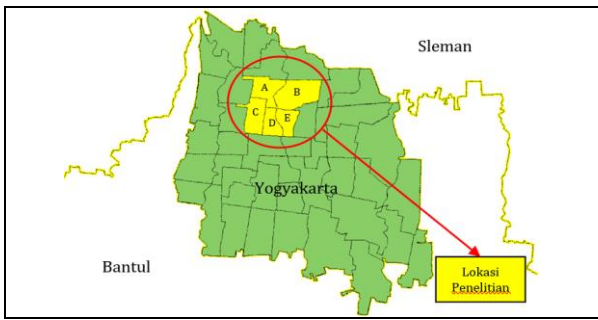
Penelitian ini berfokus pada penerapan Metode *Hedonic Price Modeling* (HPM) untuk penilaian tanah dan properti sebagai dasar penentuan besarnya pajak yang harus dibayarkan. *Machine learning* digunakan dalam proses pelatihan model regresi berganda untuk mengestimasi variabel yang mempengaruhi nilai estimasi Nilai Jual Objek Pajak (NJOP). Penelitian ini juga menyajikan sebuah model kota LOD 1 sebagai gambaran visual terkait pola distribusi spasial objek pajak berdasarkan besarnya PBB. Model kota ini diharapkan dapat membantu para pemangku kepentingan dalam memahami pengaruh faktor 3D terhadap PBB.

2. Data dan Metodologi

2.1. Data dan Lokasi

Data Nilai Jual Objek Pajak (NJOP) adalah data utama yang digunakan dalam penelitian ini. Data NJOP digunakan sebagai variabel dependen dalam pelatihan menggunakan model regresi berganda dengan pembelajaran mesin. Informasi lokasi, fisik dan lingkungan, sebagai parameter penentu atau variabel independen dalam penilaian tanah dan properti 3D. Lokasi penelitian adalah lima kelurahan

di Kota Yogyakarta. Gambar 1 menunjukkan lokasi studi penelitian.

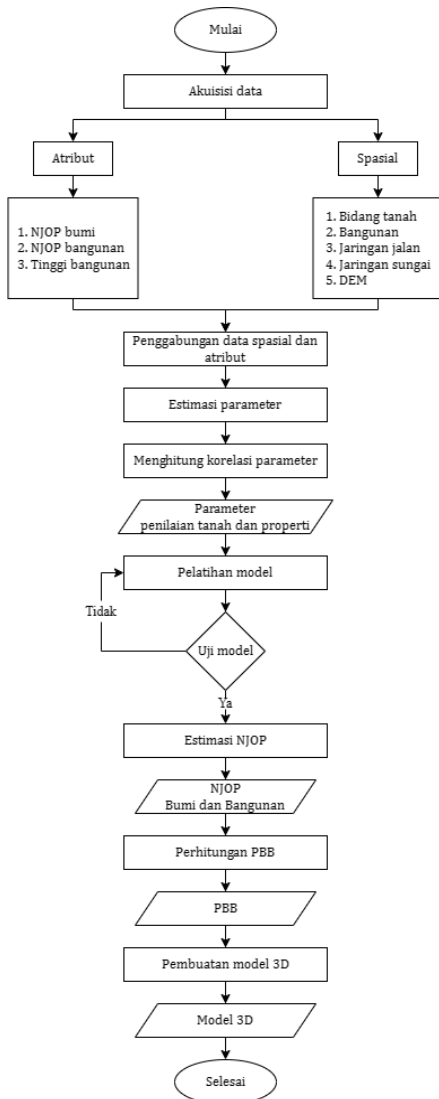


Gambar 1 Lokasi studi penelitian

Berdasarkan gambar di atas, lokasi A adalah Kelurahan Gowongan, B adalah Kota Baru, C adalah Sosromenduran, D adalah Suryatmajan, dan E adalah Tegal Panggung.

2.2. Metodologi

Alur pelaksanaan penelitian ditunjukkan dalam diagram alir pelaksanaan pada gambar 2.



Gambar 2 Diagram alir pelaksanaan

1. Persiapan data

Data NJOP berupa data tabular dalam format *Comma Separated Value* (*.CSV) sebagai data atribut masukan pada data spasial objek penilaian. Penggabungan data spasial dan atribut NJOP dilakukan menggunakan perangkat lunak QGIS dengan kolom identitas (id) adalah nilai Nomor Objek Pajak (NOP). Data yang sudah lengkap, selanjutnya dilakukan pengecekan topologi untuk mendefinisikan hubungan spasial antar fitur bidang tanah dan bangunannya. Proses ini merupakan cara untuk mengekstrak pola hubungan antara besarnya NJOP terhadap lokasi spasial yang berkaitan dengan aspek lokasi, fisik, dan lingkungan yang akan menjadi variabel penentu nilai tanah. Pemilihan sampel dilakukan secara acak pada setiap zona nilai tanah dengan minimal tiga sampel objek tergantung dari luasnya zona. Penelitian ini menggunakan sampel sebanyak 280 objek penilaian dari 33 zona nilai tanah.

2. Analisis spasial

Analisis spasial dilakukan pada parameter yang akan dijadikan sebagai variabel dalam perhitungan menggunakan model regresi. Parameter yang dimaksud, yaitu jarak objek dari jalan, pusat perbelanjaan, sungai, dan rel kereta api. Jarak *euclidean* digunakan untuk mengukur kedekatan properti dengan parameter-parameter tersebut. Fitur yang digunakan pada perangkat lunak QGIS adalah *'Proximity (raster distance)'*. Parameter terkait topografi menggunakan data *Digital Elevation Model* (DEM) untuk menunjukkan elevasi wilayah studi, sedangkan parameter fisik 3D berupa volume dan tinggi properti didapatkan dari informasi atribut data *Openstreetmap* (OSM). Pada umumnya tinggi setiap lantai adalah 3 meter. Oleh karena itu, tinggi bangunan adalah jumlah lantai bangunan dikali 3 meter.

3. Perhitungan nilai tanah dan properti

Penilaian tanah dan properti 3D pada penelitian ini menggunakan model regresi berganda *Hedonic Price Modelling* (HPM). Model matematis harga hedonis ditunjukkan pada persamaan (1) berikut (Freeman dkk., 2010):

$$P_i = \alpha + \beta_1 S_i + \beta_2 N_i + \beta_3 Q_i + \varepsilon \quad (1)$$

dimana:

- P_i = nilai properti
- S_i = karakteristik fisik
- N_i = karakteristik lokasi
- Q_i = karakteristik lingkungan
- ε = istilah kesalahan

Pelatihan model dilakukan dengan proses *machine learning* pada *jupyter notebook*. Data yang digunakan dalam pelatihan model meliputi variabel dependen dan independen. Data NJOP bumi dan bangunan berlaku sebagai variabel dependen, sedangkan faktor yang mempengaruhi berlaku sebagai variabel independen. Pelatihan model terdiri dari beberapa tahap, yaitu tahap eksplorasi data, pelatihan model regresi, dan evaluasi model. Pada tahap pelatihan model regresi, dilakukan

pembagian data pelatihan dan pengujian dengan perbandingan 80% data latih dan 20% data uji. Dengan pendekatan menggunakan proses *machine learning*, diharapkan hasil estimasi NJOP akan memberikan pemahaman yang lebih mendalam dan akurat dalam konteks penilaian properti yang berkualitas.

4. Evaluasi model

Model regresi yang telah dilatih, dievaluasi untuk mengetahui tingkat akurasi model. Besarnya tingkat akurasi dapat diperiksa dari besarnya nilai *R-square* (R^2) dan nilai *Variance Inflation Factor* (VIF) yang dihasilkan menggunakan proses *machine learning*. Nilai R^2 menunjukkan variasi pada data yang mempunyai nilai berkisar antara 0 sampai dengan 1, semakin besar nilai R^2 maka semakin baik model tersebut. Nilai VIF menunjukkan ada tidaknya indikasi multikolinearitas antar variabel. Nilai VIF yang lebih besar dari 10 menunjukkan bahwa ada multikolinearitas yang signifikan. Multikolinearitas ini menunjukkan adanya korelasi atau hubungan kuat antara dua variabel independen atau lebih dalam sebuah model regresi berganda (*Multiple Regression Analysis*). Hal ini dapat menyulitkan dalam menentukan kontribusi unik masing-masing variabel terhadap variabel dependen.

5. Validasi hasil NJOP estimasi

Model HPM yang telah dilatih menggunakan data sampel, selanjutnya diterapkan pada seluruh objek pada area studi. Diambil 20 sampel objek yang tersebar di dalam area studi untuk dilakukan validasi. Proses validasi dilakukan dengan membandingkan nilai pasar aktual dan NJOP hasil hitungan. Nilai pasar aktual diperoleh dari hasil membandingkan properti yang sejenis pada lokasi yang sama melalui *marketplace OLX*. Validasi hasil NJOP estimasi dengan nilai pasar aktual menggunakan uji independen t . Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan rata-rata pada dua kelompok sampel yang tidak berpasangan dengan melihat besarnya p value yang dihasilkan (Hasyim dkk., 2021). Nilai signifikansi p value > 0.05 untuk menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan rata-rata secara signifikan pada kelompok sampel. Syarat uji independen t , yaitu data residu dari dua kelompok sampel terdistribusi normal dan homogen (tidak mutlak).

Uji normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data terdistribusi normal atau tidak (Setianingsih & Nelmiawati, 2020). Pada penelitian ini digunakan uji normalitas Shapiro-wilk menggunakan algoritma *python* pada *jupyter notebook*. Uji homogenitas juga dilakukan untuk mengetahui apakah suatu varian data bersifat homogen atau heterogen (Ismail, 2022). Data yang dinyatakan lolos uji normalitas dan homogenitas dengan melihat besarnya p value yang dihasilkan. Jika p value > 0.05 maka data tersebut dinyatakan uji normalitas dan homogenitas. Data yang telah lolos uji, dapat dilakukan uji independen t .

6. Perhitungan PBB

Penetapan besarnya PBB mengacu pada Nilai Jual Objek Pajak Kena Pajak (NJOPKP) yang dikalikan dengan tarif

pajak yang berlaku seperti persamaan (2). NJOPKP dihasilkan dari NJOP bumi dan bangunan yang masing-masing dikalikan dengan luas bumi dan bangunan per meter persegi, selanjutnya dikurangkan dengan Nilai Jual Objek Tidak Kena Pajak (NJOPTKP) seperti persamaan (3). Persamaan (2) dan (3) merupakan model matematis berdasarkan Peraturan Daerah Kota Yogyakarta No. 2 Tahun 2011 tentang Pajak Bumi Dan Bangunan Perdesaan dan Perkotaan untuk menentukan besarnya PBB:

$$\text{PBB} = \text{tarif} \times \text{NJOPKP} \quad (2)$$

$$\text{NJOPKP} = (\text{NJOP Bumi} \times \text{NJOP Bangunan}) - \text{NJOPTKP} \quad (3)$$

Tarif pajak yang berlaku di Kota Yogyakarta diatur dalam peraturan Peraturan Daerah Kota Yogyakarta No. 10 Tahun 2020, yaitu 0,05 % (Nol koma nol lima persen) untuk NJOP s.d. Rp2.000.000.000,- (dua milyar rupiah); 0,07 % (Nol koma nol tujuh persen) untuk NJOP di atas Rp2.000.000.000,- (dua milyar rupiah) s.d. Rp5.000.000.000,- (lima milyar rupiah); 0,12 % (Nol koma dua belas persen) untuk NJOP di atas Rp5.000.000.000,- (lima milyar rupiah) s.d. Rp10.000.000.000,- (sepuluh milyar rupiah); 0,25 % (Nol koma dua puluh lima persen) untuk NJOP di atas Rp10.000.000.000,- (sepuluh milyar rupiah) s.d. Rp50.000.000.000,- (lima puluh milyar rupiah); dan 0,3 % (Nol koma tiga persen) untuk NJOP di atas Rp50.000.000.000,- (lima puluh milyar rupiah).

7. Model kota 3D

Model kota 3D dibuat dalam Level of Detail (LoD 1), berupa bangunan sederhana dengan atap datar. Model 3D disajikan dengan tujuan untuk memberikan gambaran secara visual terkait pola distribusi objek penilaian berdasarkan besarnya PBB hasil hitungan menggunakan metode HPM. Model 3D dibentuk dari tapak bangunan yang telah digeneralisasi. Tapak bangunan yang telah digeneralisasi dilakukan proses ekstrusi berdasarkan atribut tinggi bangunan yang terkandung di dalamnya, hasil ekstraksi informasi dari *Openstreetmap*. Pembuatan model dilakukan menggunakan *Plugins Qgis2threejs* pada perangkat lunak QGIS. *Plugins* ini dapat memberikan tampilan secara 3D dari tapak bangunan yang dimiliki dengan perintah *extrude* berdasarkan tinggi bangunan. Model 3D dapat disimpan dan dibagikan sesuai dengan kebutuhan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil identifikasi faktor nilai tanah dan properti 3D

Faktor nilai tanah dan properti merupakan elemen penting yang mencakup tiga aspek, yaitu lokasi, lingkungan, dan fisik suatu properti. Berdasarkan hasil studi literatur, dipilih sejumlah parameter seperti pada Tabel 1. Pemilihan parameter tersebut didasarkan pada pemahaman mendalam tentang parameter yang paling berpengaruh terhadap penilaian properti, serta berfungsi sebagai dasar analisis dalam penentuan nilai properti pada penelitian sebelumnya.

Tabel 1 Parameter nilai tanah dan property

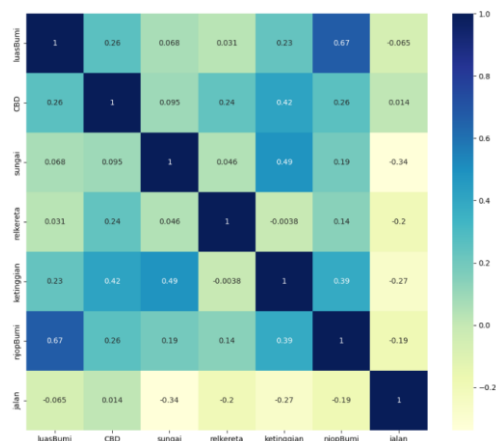
Parameter	Sumber
Jarak ke jalan	(Adair et al., 2000)
Jarak ke pusat perbelanjaan	(Kwame & Yu, 2010)
Jarak ke sungai	(Sander & Polasky, 2009)
Jarak ke rel kereta	(Sander & Polasky, 2009)
Tinggi bangunan	(Jim & Chen, 2006)
Volume bangunan	(Kara et al., 2020)
Topografi wilayah	(Kara et al., 2020)

Secara umum parameter lingkungan seperti jenis kawasan komersil juga dapat mempengaruhi besarnya NJOP yang berlaku di suatu wilayah. Objek pada penelitian ini berupa objek bumi dan bangunan. Oleh karena itu, faktor penentu bumi dan bangunan dibedakan pada masing-masing objek seperti pada tabel 2.

Tabel 2 Parameter penentu nilai bumi dan bangunan

Objek	Parameter
Bumi	Luas bumi
	Jarak ke jalan
	Jarak ke pusat perbelanjaan
	Jarak ke sungai
	Jarak ke rel kereta api
Bangunan	Elevasi
	Luas bangunan
	Tinggi bangunan
	Volume bangunan
	Keberadaan <i>basement</i> Kawasan komersil

Parameter yang telah diidentifikasi sebagai penentu nilai tanah dan properti, dihitung nilai korelasinya untuk mengetahui hubungan antar parameter dan disajikan dalam bentuk *heatmap*. Hal ini bertujuan untuk memahami hubungan serta pola yang mungkin ada antara parameter-parameter penentu dengan besarnya NJOP bumi dan bangunan. Hasil analisis korelasi ini akan membantu untuk menjawab pertanyaan sejauh mana parameter-parameter tersebut berkorelasi satu sama lain, dan apakah ada hubungan yang signifikan antar parameter tersebut. Korelasi yang kuat ditunjukkan oleh warna gelap pada *heatmap*.

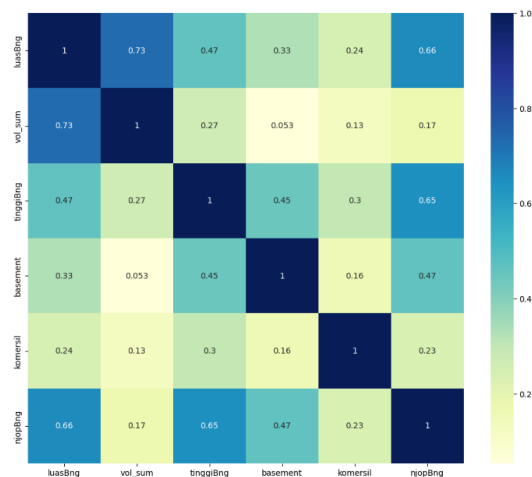


Gambar 3 *Heatmap* korelasi parameter NJOP bumi

Berdasarkan gambar 3.1 yang menunjukkan hasil korelasi antar parameter NJOP bumi, dapat dipahami besarnya korelasi antar parameter penentu NJOP Bumi adalah sebagai berikut:

1. Luas bumi memiliki korelasi yang kuat dengan NJOP Bumi. Hal ini menunjukkan bahwa semakin luas bumi maka nilainya semakin tinggi.
2. CBD dalam hal ini adalah kedekatan dengan pusat perbelanjaan. Parameter ini menunjukkan korelasi yang kuat terhadap NJOP Bumi. Semakin dekat objek, maka semakin tinggi nilainya.
3. Ketinggian atau elevasi tanah memiliki korelasi yang kuat dengan NJOP Bumi. Hal ini berarti bahwa semakin tinggi suatu wilayah, maka semakin tinggi juga nilainya.
4. Sungai menunjukkan korelasi yang positif namun lemah. Secara umum, parameter ini dapat memiliki efek positif sekaligus negatif terhadap NJOP. Sungai dapat memberikan nilai tambah bagi properti karena dapat memberikan pemandangan dan akses ke sumber air yang baik. Di lain sisi, sungai dapat dianggap menimbulkan potensi risiko banjir dan erosi, sehingga menurunkan nilai properti.
5. Rel kereta memiliki korelasi positif yang lemah, sama dengan parameter sungai. Pada umumnya, kedekatan dengan rel kereta memiliki korelasi negatif. Pada kasus lain, kedekatan rel kereta dapat memiliki korelasi yang positif. Hal ini disebabkan apabila jalur rel kereta yang berada di jalur padat dan memiliki akses mudah ke pusat kota, seperti kasus di penelitian ini.
6. Jalan memiliki korelasi negatif terhadap NJOP Bumi. Pada kasus di penelitian ini parameter jalan memiliki korelasi negatif yang dianggap dapat menimbulkan potensi kebisingan dan polusi udara. Hal ini dikarenakan jalan yang berada di lokasi yang ramai dan padat kendaraan.

Gambar 4 menunjukkan hasil korelasi antar parameter penentu besarnya NJOP bangunan.



Gambar 4 *Heatmap* korelasi parameter NJOP bangunan

Berdasarkan gambar di atas, dapat dipahami besarnya korelasi antar parameter yang mempengaruhi besarnya NJOP Bangunan.

1. Luas bangunan memiliki korelasi yang kuat terhadap NJOP bangunan. Hal ini berarti bahwa semakin luas bangunan, maka semakin tinggi nilainya.
2. Tinggi bangunan memiliki korelasi yang kuat terhadap NJOP bangunan. Semakin tinggi bangunan, maka semakin tinggi juga nilainya.
3. *Basement* memiliki korelasi kuat terhadap NJOP bangunan. Keberadaan *basement* mempengaruhi tingginya nilai NJOP bangunan. Bangunan yang memiliki komponen *basement*, memiliki nilai yang lebih tinggi.
4. Komersil memiliki korelasi yang cukup kuat dengan NJOP bangunan. Hal ini menunjukkan bahwa kawasan komersil memiliki nilai yang lebih tinggi dibanding dengan kawasan selain komersil.
5. Volume bangunan memiliki korelasi positif dengan NJOP bangunan. Semakin besar volume bangunan, maka semakin tinggi juga NJOP bangunannya.

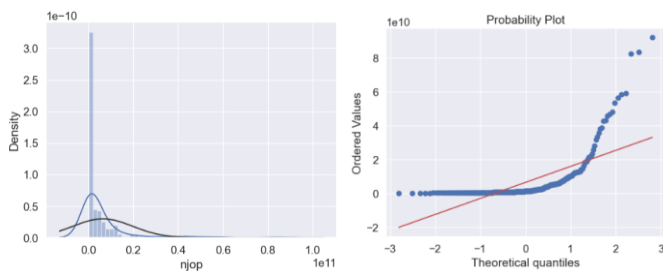
Parameter-parameter hasil identifikasi tersebut akan digunakan sebagai variabel independen dalam perhitungan estimasi nilai tanah dan properti 3D menggunakan pembelajaran mesin.

3.2. Hasil Model Harga Hedonis

Pembuatan model harga hedonis menggunakan parameter hasil identifikasi faktor penentu nilai tanah dan properti 3D melalui beberapa tahap, yaitu eksplorasi data, pelatihan model, dan evaluasi model.

1. Eksplorasi data

Tahap eksplorasi data dilakukan untuk meninjau data dan memahami karakteristik data. Tahap ini dapat membantu dalam memahami pola dan struktur data, memilih model yang sesuai, dan menghindari kesalahan interpretasi terhadap data. Dalam pemilihan model, penting untuk mengetahui apakah data tersebut terdistribusi normal atau tidak. Hal ini dikarenakan terdapat model yang mensyaratkan atau mengasumsikan bahwa data harus terdistribusi normal, seperti halnya regresi berganda yang akan digunakan pada penelitian ini. Gambar 5 menunjukkan grafik distribusi data NJOP yang akan digunakan pada pelatihan model.



Gambar 5 Grafik distribusi data NJOP

Berdasarkan gambar di atas, dapat dipahami bahwa data NJOP tidak terdistribusi normal. Hal ini dapat diidentifikasi dari adanya puncak di sebelah kanan yang menunjukkan terdapat NJOP yang lebih tinggi dari NJOP lainnya dan data NJOP tidak mengikuti garis diagonal. Data NJOP menunjukkan distribusi *skewed*. Distribusi *skewed* merupakan distribusi yang tidak simetris dengan satu sisi

lebih panjang dari sisi lainnya. Data NJOP yang lebih tinggi dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya NJOP. Untuk mengatasi hal tersebut, data dinormalisasi, salah satunya dengan metode *min-max scalling*. Metode tersebut mengubah data menjadi rentang 0 sampai dengan 1, sehingga data akan memiliki distribusi yang mendekati normal.

2. Pelatihan model

Data yang telah ternormalisasi, selanjutnya masuk ke tahap pelatihan model untuk menghitung nilai tanah dan properti. Data pelatihan dibagi menjadi 80% data pelatihan dan 20% data pengujian. Pelatihan ini bertujuan untuk mengetahui seberapa baik model tersebut bekerja pada data yang tersedia. Data pelatihan digunakan dalam proses melatih model menggunakan regresi berganda dengan proses *machine learning*. Hasil dari pelatihan diperoleh nilai koefisien yang mempengaruhi masing-masing parameter. Koefisien masing-masing parameter dalam model regresi berganda objek bumi ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3 Koefisien model regresi bumi

Parameter	Koefisien
Konstanta (α)	-5829706441.833
Luas bumi (β_1)	1.791×10^6
Jarak ke jalan (β_2)	-8.164×10^5
Jarak ke pusat perbelanjaan (β_3)	-3.925×10^6
Jarak ke Sungai (β_4)	-1.783×10^6
Jarak ke rel kereta (β_5)	6.042×10^6
Elevasi (β_6)	4.991×10^8

Berdasarkan tabel 3 di atas diketahui bahwa indikator paling penting adalah topografi. Wilayah dengan elevasi tinggi memiliki nilai lebih tinggi dari pada elevasi yang rendah. Indikator penting kedua adalah jarak objek ke rel kereta api. Indikator penting ketiga adalah luas bumi yang berarti luas bumi yang besar memiliki nilai yang lebih tinggi dari pada luas bumi yang kecil. Indikator penting selanjutnya secara berurutan adalah jarak objek ke jalan, jarak objek ke sungai dan jarak objek ke pusat perbelanjaan. Model hedonis akhir yang diperoleh untuk bidang tanah dapat ditulis sebagai berikut:

NJOP bumi estimasi = $\alpha + (\beta_1 \times \text{luas bumi}) + (\beta_2 \times \text{Jarak ke jalan}) + (\beta_3 \times \text{Jarak ke pusat perbelanjaan}) + (\beta_4 \times \text{Jarak ke Sungai}) + (\beta_5 \times \text{Jarak ke rel kereta}) + (\beta_6 \times \text{Elevasi})$.

Tabel 4 menunjukkan hasil koefisien pada masing-masing variabel dalam model regresi objek bangunan.

Tabel 4 Koefisien regresi bangunan

Parameter	Koefisien
Konstanta (α)	-7172907273.256
Luas bangunan (β_1)	2.054×10^6
Volume bangunan (β_2)	-1.081×10^2
Tinggi bangunan (β_3)	1.137×10^9
<i>Basement</i> (β_4)	-2.781×10^8
Komersil (β_5)	-3.482×10^8

Berdasarkan tabel 4 di atas diketahui indikator paling penting yang mempengaruhi besarnya nilai objek bangunan adalah tinggi bangunan yang berarti tinggi bangunan memiliki nilai positif dalam mempengaruhi nilai objek. Indikator penting kedua adalah luas bangunan yang berarti luas yang besar memiliki nilai objek yang lebih tinggi. Indikator penting ketiga adalah volume bangunan yang berarti bangunan dengan volume yang besar, memiliki nilai objek yang lebih tinggi. Indikator penting selanjutnya secara berurutan adalah keberadaan *basement* dan jenis kawasan komersil. Model hedonis akhir untuk objek bangunan sebagai berikut:

$$\text{NJOP bangunan estimasi} = \alpha + (\beta_1 \times \text{luas bangunan}) + (\beta_2 \times \text{volume bangunan}) + (\beta_3 \times \text{tinggi bangunan}) + (\beta_4 \times \text{basement}) + (\beta_5 \times \text{hunian}) + (\beta_6 \times \text{komersil})$$

3. Evaluasi model

Model yang telah diuji, dievaluasi menggunakan *R-square* (R^2) dan *Variance Inflation Factor* (VIF). R^2 menunjukkan seberapa baik model regresi ini cocok dengan data. R^2 berkisar antara 0 sampai dengan 1, semakin tinggi nilainya, maka semakin baik model tersebut. Nilai VIF menunjukkan ada tidaknya gejala multikolinearitas. Nilai VIF yang lebih besar dari 10, maka dapat terindikasi gejala multikolinieritas yang serius pada model dan sebaliknya. Proses penilaian dilakukan terpisah antara unsur bumi dan bangunan. Hal ini dikarenakan dalam konteks penilaian tanah dan properti untuk tujuan perpajakan, terdiri dari unsur bumi dan bangunan. Tabel 5 berikut menunjukkan hasil skor R^2 dan VIF dari hasil pelatihan model regresi berganda melalui pembelajaran mesin.

Tabel 5 Hasil evaluasi model

Objek	Evaluasi	
	R^2	VIF
Bumi	0.7	2.56
Bangunan	0.8	4.25

Berdasarkan tabel 5 di atas, evaluasi model regresi berganda menunjukkan hasil yang cukup baik. Evaluasi *R-squared* (R^2) menunjukkan bahwa model secara efektif menjelaskan sebagian besar variasi dalam data, karena nilai mendekati 1. Pada objek bumi diperoleh skor R^2 sebesar 70% nilai bumi dapat dijelaskan oleh parameter luas bumi, jarak ke jalan, jarak ke sungai, jarak ke pusat perbelanjaan, jarak ke rel kereta api, dan elevasi, sedangkan 30 % lainnya dijelaskan oleh parameter lain di luar penelitian. Hal yang sama juga ditunjukkan pada model objek bangunan yang memiliki R^2 sebesar 80% nilai bangunan dapat dijelaskan oleh parameter luas bangunan, volume bangunan, tinggi bangunan, keberadaan *basement*, dan jenis kawasan komersil, sedangkan 20% lainnya dijelaskan oleh parameter lain di luar penelitian.

Hasil *Variance Inflation Factor* (VIF) berdasarkan tabel 5 menunjukkan tidak ada indikasi kuat tentang adanya multikolinearitas antara parameter dalam model, karena nilai-nilai VIF semuanya kurang dari 10. Skor VIF pada model objek bumi sebesar 2.56 dan 4.25 pada objek

bangunan menunjukkan bahwa ada multikolinearitas yang sedang antara variabel independen dalam model. Model dengan multikolinearitas yang sedang mengindikasikan bahwa model memiliki kekuatan estimasi terhadap parameter yang tidak terlalu akurat, tetapi masih dapat diterima dan model yang kurang sensitif terhadap perubahan data, tetapi masih berfungsi dengan baik.

3.3 Hasil Validasi NJOP

Validasi nilai NJOP menggunakan uji independen t antara nilai pasar aktual dengan NJOP. Validasi dilakukan pada 20 sampel terpilih yang tersebar di dalam area studi. Hipotesis yang digunakan pada uji independen t, yaitu:

H_0 : $p \text{ value} > 0.05$ (Tidak terdapat perbedaan antara rata-rata nilai pasar dengan NJOP estimasi)

H_1 : $p \text{ value} < 0.05$ (Terdapat perbedaan antara nilai rata-rata pasar dengan NJOP estimasi)

Syarat uji independen t adalah data lolos uji normalitas dan homogenitas. Berdasarkan tabel 3.6 menunjukkan hasil uji normalitas Shapiro-wilk pada residu antara data harga pasar dan NJOP estimasi menggunakan algoritma *python* pada *jupyter notebook*.

Tabel 6 Hasil uji normalitas

	Shapiro-wilk	
	Statistik	P value
Hasil uji	0.573	1.571

Berdasarkan tabel 6 di atas nilai $p \text{ value}$ pada uji normalitas diperoleh 1.571 > 0.05 yang berarti data residu harga pasar dan NJOP estimasi terdistribusi normal. Tabel 7 menunjukkan hasil uji homogenitas Levene.

Tabel 7 Hasil uji homogenitas

	Levene	
	Statistik	P value
Hasil uji	2.098	0.156

Berdasarkan tabel 7 di atas nilai $p \text{ value}$ pada uji homogenitas diperoleh 0.156 > 0.05 yang berarti varian data harga pasar dan NJOP estimasi bersifat homogen.

Syarat tidak mutlak dari uji independen t sudah terpenuhi. Pernyataan ini didasarkan pada hasil uji normalitas dan homogenitas yang menunjukkan bahwa data telah memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas. Tabel 8 menunjukkan hasil uji independen t.

Tabel 8 Hasil uji independen t

	Uji independen t		
	Statistik	df	P value
Hasil uji	1.567	38	0.125

Berdasarkan tabel 8 di atas diperoleh $p \text{ value}$ sebesar 0.125 > 0.05. Keputusan yang diambil adalah menerima H_0 . Kesimpulan statistik dari hasil validasi menggunakan uji independen t adalah bahwa tidak ada perbedaan yang

signifikan antara rata-rata nilai pasar dan nilai NJOP hasil hitungan.

3.4. Hasil Perhitungan PBB

Persamaan model hedonis bumi dan bangunan, yang diperoleh dari hasil model regresi berganda, selanjutnya diterapkan pada seluruh data yang berada dalam lingkup lokasi studi. NJOP tersebut dijadikan acuan dalam menghitung jumlah PBB yang perlu dibayarkan setiap tahunnya menggunakan persamaan (2) dan (3), sehingga diperoleh PBB pada masing-masing objek properti. PBB dihitung sesuai dengan tarif yang telah ditetapkan pada Peraturan Daerah Kota Yogyakarta No. 10 tahun 2020 sesuai dengan besarnya NJOPKP estimasi yang diperoleh. Gambar 6 menunjukkan hasil generalisasi model ke seluruh wilayah studi.



Gambar 6 Generalisasi nilai PBB

Dari gambar 6 di atas, dapat diketahui variasi dalam besaran Pajak Bumi dan Bangunan (PBB). Rentang nilainya sangat luas, mulai dari Rp. 0,- hingga mencapai Rp. 2.543.199.744,- untuk di seluruh area studi. Hal yang perlu untuk dicatat adalah adanya objek pajak yang memiliki nilai PBB sebesar Rp. 0,-. Objek pajak dengan nilai PBB nol ini merujuk pada objek pajak yang berstatus sebagai fasilitas umum. Hal ini diatur dalam Peraturan Daerah Kota Yogyakarta No. 2 Tahun 2011, bahwa tanah yang berstatus fasilitas umum dibebaskan dari beban pajak atau tidak dikenakan pajak. Secara detail objek pajak yang tidak dikenakan pajak, yaitu objek pajak yang:

- tempat penyelenggaraan pemerintahan;
- melayani kepentingan umum dibidang kesehatan, sosial, dan budaya;
- peninggalan purbakala;
- kawasan lindung;
- lokasi diplomatik; dan
- badan atau perwakilan Lembaga internasional yang ditetapkan dengan Peraturan Menteri Keuangan.

Dengan informasi ini dapat dipahami bahwa dalam kerangka peraturan pajak setempat, beberapa objek pajak memiliki status pembebasan pajak untuk objek pajak yang berstatus fasilitas umum.

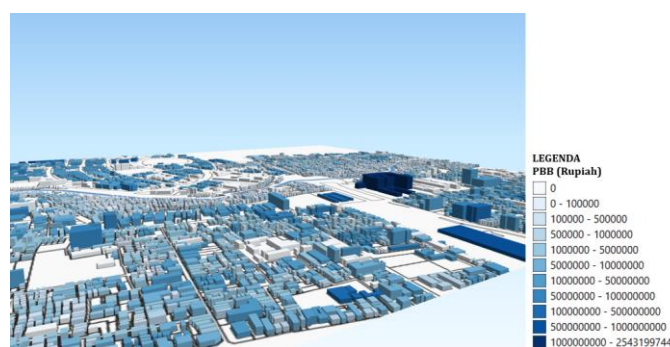
Berdasarkan hasil dari generalisasi model hedonis ke 6224 objek penilaian di seluruh area studi menunjukkan hasil bahwa terdapat 10% dari keseluruhan data

mengalami penurunan nilai PBB, 2% data memiliki PBB yang tetap, dan 88% mengalami peningkatan pada nilai PBB. Peningkatan nilai PBB rata-rata 3% dari nilai PBB awal. Dari hasil tersebut dapat dikatakan masih relevan dengan data PBB yang berlaku di tahun 2022 tanpa memperhitungkan adanya inflasi yang terjadi di tahun 2022 dan 2023. Terdapat kenaikan dan penurunan ekstrim hasil generalisasi PBB pada lokasi studi. Kenaikan ekstrim terlihat pada bidang tanah kosong yang terletak di tepi rel kereta api, di mana nilai PBB meningkat dari Rp. 49.009.948,- menjadi Rp. 61.799.072,-. Di sisi lain, penurunan ekstrim juga tercatat pada objek di Jalan Malioboro, khususnya Malioboro Mall, yang mengalami penurunan nilai dari Rp. 524.135.968,- menjadi Rp. 438.213.171,-.

Fenomena kenaikan dan penurunan nilai PBB yang ekstrim ini dapat disebabkan oleh adanya kesalahan pada proses generalisasi yang mungkin terjadi akibat karakteristik data yang tidak sesuai dengan model yang digunakan. Selain itu, pemilihan sampel data yang digunakan untuk melatih model juga dapat menjadi faktor pemicu kenaikan dan penurunan nilai yang tidak seharusnya. Pemilihan data yang kurang akurat dalam merepresentasikan kondisi objek di lokasi studi dapat mengurangi keakuratan model yang dilatih. Oleh karena itu, pemilihan data sampel harus diperhatikan dengan pertimbangan yang mendetail.

3.5. Model kota LoD 1

Berdasarkan hasil generalisasi Pajak Bumi dan Bangunan (PBB), dibuatlah model kota dengan *Level of Detail 1* (LoD 1) sebagai gambaran visual terhadap pola distribusi spasial. Model kota ini menggambarkan pola lingkungan di area studi dalam konteks kelas PBB yang berlaku pada setiap objek properti. Gambar 7 menunjukkan model kota LoD 1 yang menampilkan pola lingkungan berdasarkan besarnya PBB pada setiap objek properti.



Gambar 7 Model kota 3D

Model kota LoD 1 pada gambar 3.5 di atas menyajikan informasi dasar mengenai bidang tanah dan bangunan terkait dengan bentuk, ukuran, tinggi, dan volume bangunan. Pada gambar tersebut, semakin besar PBB, warna objek semakin pekat. Pola distribusi kelas PBB yang dapat dilihat dari model kota tersebut adalah properti

dengan tinggi dan volume bangunan yang besar cenderung memiliki PBB yang tinggi. Ini berarti bahwa model kota tersebut berhasil menampilkan klasifikasi kecenderungan PBB terhadap faktor tinggi bangunan dan volume bangunan. Pola ini dapat dimanfaatkan untuk memahami tren PBB dalam konteks spasial. Secara keseluruhan, model kota LoD 1 yang menampilkan distribusi kelas PBB dapat dijadikan sebagai alat untuk memantau pola properti di area studi.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penerapan model HPM dalam penilaian tanah dan properti 3D untuk tujuan perpajakan memberikan hasil yang cukup baik. Penambahan faktor 3D pada pelatihan model regresi berganda melalui proses *machine learning* menunjukkan hasil yang efektif. Model tersebut mampu menjelaskan dengan baik pengaruh faktor terhadap besarnya Nilai Jual Objek Pajak (NJOP). Keberhasilan ini didukung oleh hasil evaluasi model yang menunjukkan bahwa model tersebut baik dalam menjelaskan variasi data, dan tidak ada indikasi multikolinearitas yang signifikan dalam model. Hasil dari penerapan model hedonis menunjukkan bahwa model ini bekerja cukup baik pada area studi, sehingga dapat disimpulkan juga bahwa aspek 3D memiliki pengaruh yang cukup signifikan terhadap NJOP. Hal ini didukung oleh hasil validasi menggunakan uji independen t yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan secara signifikan antara rata-rata nilai pasar aktual dan NJOP estimasi yang dihasilkan melalui perhitungan model harga hedonis.

Penyajian model kota 3D dengan tingkat kedetailan LoD 1 memiliki potensi dalam memahami hubungan faktor 3D, yaitu tinggi dan volume bangunan terhadap besarnya PBB. Penggabungan informasi PBB ke dalam model kota 3D ini memberi pemahaman yang komprehensif tentang pengaruh faktor 3D terhadap PBB. Model kota 3D dengan tingkat kedetailan LoD 1 yang sederhana cukup relevan dalam merepresentasikan model kota area studi. Model ini memberikan gambaran pola atau tren besarnya PBB yang harus dibayarkan pada masing-masing objek pajak. Model kota yang disajikan dapat membantu pemangku kepentingan dalam pengambilan keputusan untuk pembangunan berkelanjutan dan perumusan kebijakan pajak yang adil dan efisien.

5. Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan dalam artikel ini (*The authors declare no competing interest*).

6. Referensi

Adair, A., McGreal, S., Smyth, A., Cooper, J., & Ryley, T. (2000). House prices and accessibility: The testing of relationships within the Belfast Urban Area. *Housing Studies*, 15(5), 699–716. <https://doi.org/10.1080/02673030050134565>

Aristalindra, F., Santosa, P. B., Diyono, Subaryono. (2020).

Evaluasi Pemanfaatan Citra Tegak Satelit Resolusi Tinggi untuk Percepatan Pembuatan Peta Blok Pajak Bumi dan Bangunan (PBB-P2) secara Partisipatif di Desa Triharjo, Kabupaten Bantul, DIY. *Journal of Geospastial Information Science and Engineering*, Vol 3 No 1 (2020). <https://doi.org/10.22146/jgise.55788>

Astrisele, A. & Santosa, P. B. (2019). Estimating Land Value Change Post Land Consolidation of Gadingsari Village, Bantul Regency, Special Region of Yogyakarta, Indonesia. *Journal of Geospastial Information Science and Engineering*, Vol. 2 No. 2 (2019). <https://doi.org/10.22146/jgise.51309>

Borde, S., Rane, A., Shende, G., & Shetty, S. (2017). Real Estate Investment Advising Using Machine Learning. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(3), 1821–1825. <https://irjet.net/archives/V4/i3/IRJET-V4I3499.pdf>

Bourassa, S. C., & Hoesli, M. (2022). Hedonic, residual, and matching methods for residential land valuation. *Journal of Housing Economics*, 58(PA), 101870. <https://doi.org/10.1016/j.jhe.2022.101870>

Eckert, J. K., Gludemans, R. J., & Almy, R. R. (1990). *Property Appraisal and Assessment Administration*. International Association of Assessing Officers.

Freeman, M., I., Herriges, J. A., & Kling, C. L. (2010). *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods*. Routledge: Abingdo.

Guercke, R., Götzelmann, T., Brenner, C., & Sester, M. (2011). Aggregation of LoD 1 building models as an optimization problem. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(2), 209–222. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.10.006>

Hasyim, A. F., Munawar, B., & Ma'arif, M. (2021). Penggunaan Media Video Untuk Meningkatkan Pemahaman Karakteristik Arus Searah Dan Bolak-Balik Pada Peserta didik MAN 1 Pandeglang. *Jurnal Pendidikan*, 9(1), 5–24.

Ismail, S. (2022). Pengaruh Penggunaan Model Pembelajaran Berbasis Proyek “Project Based Learning” Terhadap Hasil Belajar Fisika Peserta Didik Kelas X IPA SMA Negeri 35 Halmahera Selatan Pada Konsep Gerak Lurus”. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(5), 256–259. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6466594>

Ja'afar, N. S., Mohamad, J., & Ismail, S. (2021). Machine learning for property price prediction and price valuation: A systematic literature review. In *Planning Malaysia* (Vol. 19, Issue 3, pp. 411–422). Malaysian Institute Of Planners. <https://doi.org/10.21837/PM.V19I17.1018>

Jafary, P., Shojaei, D., Rajabifard, A., & Ngo, T. (2022). A Framework to Integrate BIM with Artificial Intelligence and Machine Learning-Based Property Valuation Methods. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 10(4/W2-2022), 129–136. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-X-4-W2-2022->

- Jim, C. Y., & Chen, W. Y. (2006). Impacts of urban environmental elements on residential housing prices in Guangzhou (China). *Landscape and Urban Planning*, 78(4), 422–434. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2005.12.003>
- Kamalov, F., Gurrib, I., & Rajab, K. (2021). Financial Forecasting with Machine Learning: Price Vs Return. *Journal of Computer Science*, 17(3). <https://doi.org/10.3844/jcssp.2021.251.264>
- Kara, A., van Oosterom, P., Çağdaş, V., Işıkdağ, Ü., & Lemmen, C. (2020). 3 Dimensional data research for property valuation in the context of the LADM Valuation Information Model. *Land Use Policy*, 98(August 2019), 104179. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2019.104179>
- Kolbe, T. H., Gröger, G., & Plümer, L. (2005). CityGML: Interoperable access to 3D city models. *Geo-Information for Disaster Management, January*, 883–899. https://doi.org/10.1007/3-540-27468-5_63
- Kwame, A.-D., & Yu, S. L. (2010). Shopping Centres and the Price of Proximate Residential Properties. *Prres, January*, 1–37.
- Li, R. (2019). *Developing a 4D Property Valuation Model Based on Geospatial Data At City Scale (Xi'an, China)*. University of Twente.
- Li, X., Chen, W. Y., & Hin Ting Cho, F. (2020). 3-D spatial hedonic modelling: Environmental impacts of polluted urban river in a high-rise apartment market. *Landscape and Urban Planning*, 203(May), 103883. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2020.103883>
- Sander, H. A., & Polasky, S. (2009). The value of views and open space: Estimates from a hedonic pricing model for Ramsey County, Minnesota, USA. *Land Use Policy*, 26(3), 837–845. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2008.10.009>
- Schumann, H., & Müller, W. (2000). *Visualisierung—Grundlagen und Allgemeine Methoden*. Springer Verlag, Berlin.
- Setianingsih, S. T., & Nelmiawati, N. (2020). Penyerapan Informasi Masyarakat Terhadap Media Informasi Dinas Kominfo Kota Batam Studi Kasus Pembuatan Kartu Pencari Kerja Online. *Journal of Applied Multimedia and Networking*, 4(1), 15–23. <https://doi.org/10.30871/jamn.v4i1.1635>
- Sutawijaya, A. (2004). Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Nilai Tanah Sebagai Dasar Penilaian Nilai Jual Obyek Pajak (Njop) Pbb Di Kota Semarang. *Ekonomi Pembangunan*, 9(1), 65–78.
- Yamani, S. El, Ettarid, M., & Hajji, R. (2019). Building information modeling potential for an enhanced real estate valuation approach based on the hedonic method. *WIT Transactions on the Built Environment*, 192, 305–316. <https://doi.org/10.2495/BIM190261>
- Yamani, S. El, Hajji, R., Nys, G. A., Ettarid, M., & Billen, R. (2021). 3D Variables Requirements for Property Valuation Modeling Based on the Integration of Bim and Cim. *Sustainability (Switzerland)*, 13(5), 1–22. <https://doi.org/10.3390/su13052814>
- Ying, Y., Koeva, M., Kuffer, M., Asiama, K. O., Li, X., & Zevenbergen, J. (2021). Making the third dimension (3d) explicit in hedonic price modelling: A case study of Xi'an, China. *Land*, 10(1), 1–26. <https://doi.org/10.3390/land10010024>
- Zegras, C., & Jiang, S. (2013). Sustaining Mass Transit Through Land Value Taxation: Prospects for Chicago. *Massachusetts Institute of Technology Department of Urban Studies and Planning, February*. <https://www.researchgate.net/publication/272747659>
- Zhang, S. (2014). Research on the price of subdistricts in Shanghai based on hedonic price model (in Chinese). *Fudan University*.