

Revaluasi Spasial Objek PBB-P2 Berbasis Citra Drone untuk Memutakhirkan Basis Pajak Daerah di Desa Pulau Tagor Kabupaten Serdang Bedagai

Ivan Flobert Gultom¹, Achmad Siddik Thoha^{2,3*}, Bejo Slamet^{2,3}

¹ Program Studi Magister Perencanaan Pembangunan Wilayah dan Pedesaan, Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

² Program Studi Doktor Perencanaan Wilayah, Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

³ Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan Universitas Sumatera Utara, Medan, Indonesia

*Koresponden email: a.siddik@usu.ac.id

Diterima: 26 Juni 2026

Disetujui: 2 Juli 2026

Abstract

Updating the physical attributes of rural and urban land and building tax (PBB-P2) objects is essential for equitable valuation and local revenue mobilisation, yet conventional surveys often fail to keep pace with spatial change. This study aims to assess the use of drone imagery and Geographic Information Systems for spatial evaluation of PBB-P2 objects in Pulau Tagor Village, Serdang Bedagai Regency, Indonesia. The analysis covered 101 tax object numbers by comparing registered land area with drone-derived mapped area. Area difference was calculated as mapped area minus registered area, and the corresponding change in assessed value was estimated using object-specific unit values of IDR 36,000/m² or IDR 48,000/m². Forty-eight objects showed positive differences and 53 showed negative differences. Positive differences totalled 142,055.177 m², negative differences totalled -114,876.614 m², and the net difference was +27,178.563 m², while the sum of absolute differences reached 256,931.791 m². The estimated increase in assessed value was IDR 5,259,514,080, the estimated decrease was IDR 4,313,953,872, and the net change was IDR 945,560,208. The high-priority group, comprising 33 objects, accounted for 74.57% of the absolute area difference and 75.14% of the absolute change in assessed value. These findings demonstrate that drone-based mapping supports a spatial prioritisation framework for targeted verification while maintaining fiscal fairness.

Keywords: *drone, assessed value, spatial analysis, tax base, local revenue*

Abstrak

Pemutakhiran data fisik objek Pajak Bumi dan Bangunan Perdesaan dan Perkotaan (PBB-P2) merupakan prasyarat bagi penilaian yang adil dan optimalisasi penerimaan daerah, tetapi survei konvensional sering tidak mampu mengikuti perubahan wilayah. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan citra drone dan Sistem Informasi Geografis untuk evaluasi spasial objek PBB-P2 di Desa Pulau Tagor, Kabupaten Serdang Bedagai. Analisis mencakup 101 Nomor Objek Pajak dengan membandingkan luas terdaftar dan luas hasil pemetaan drone. Selisih luas dihitung sebagai luas hasil pemetaan dikurangi luas terdaftar, sedangkan perubahan nilai NJOP diestimasi menggunakan nilai satuan objek sebesar Rp36.000/m² atau Rp48.000/m². Sebanyak 48 objek menunjukkan selisih positif dan 53 objek menunjukkan selisih negatif. Total selisih positif mencapai 142.055,177 m², selisih negatif -114.876,614 m², dan selisih neto +27.178,563 m², sedangkan jumlah absolut selisih luas mencapai 256.931,791 m². Peningkatan nilai NJOP diperkirakan sebesar Rp5.259.514.080, penurunannya sebesar Rp4.313.953.872, dan perubahan netonya sebesar Rp 945.560.208. Kelompok prioritas tinggi yang terdiri atas 33 objek menyumbang 74,57% jumlah absolut selisih luas dan 75,14% jumlah absolut perubahan nilai NJOP. Temuan menunjukkan bahwa pemetaan berbasis drone mendukung kerangka penentuan prioritas spasial untuk verifikasi terarah.

Kata kunci: *analisis spasial, basis pajak; drone, PBB-P2, pendapatan asli daerah*

1. Pendahuluan

Desentralisasi fiskal menempatkan pajak properti sebagai sumber penerimaan lokal yang potensial karena objek pajaknya tidak mudah berpindah dan manfaat pelayanan publik tercermin pada nilai properti [1]. Reformasi pajak properti, bagaimanapun, dipengaruhi oleh ekonomi politik penilaian, tarif, dan penerimaan masyarakat [2]. Di negara berkembang, keterbatasan cakupan objek, pembaruan nilai, dan kapasitas administrasi menyebabkan penerimaan aktual sering berada di bawah potensinya [3]. Oleh karena itu, kualitas informasi spasial menjadi prasyarat bagi penetapan pajak yang akurat dan adil.

Di Indonesia, pengalihan PBB-P2 kepada pemerintah kabupaten/kota memperluas kewenangan fiskal daerah, tetapi juga menambah tanggung jawab pemeliharaan daftar objek, peta persil, dan atribut penilaian [4]. Desentralisasi penerimaan daerah tidak otomatis meningkatkan kapasitas fiskal apabila pembentukan pajak dan pengelolaan administrasinya tidak didukung kelembagaan yang memadai [5]. Digitalisasi administrasi pajak properti kemudian menjadi penting untuk memperkuat registrasi, pembaruan karakteristik objek, penilaian, dan penagihan [6].

Kerangka hukum nasional menegaskan kebutuhan tersebut. Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2022 menetapkan PBB-P2 sebagai pajak kabupaten/kota dan mengatur batas tarifnya [7]. Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 2023 membuka pemanfaatan informasi geografis dalam administrasi pajak daerah serta mengatur pembaruan NJOP secara berkala [8]. Peraturan Menteri Keuangan Nomor 85 Tahun 2024 memperjelas penilaian massal dan individual, pembentukan basis data objek, serta penggunaan prosedur berbantuan komputer [9].

Administrasi pertanahan modern menempatkan bidang tanah sebagai unit spasial yang menghubungkan penguasaan, penggunaan, nilai, dan pengembangan. Penginderaan jauh dapat mendukung pembentukan dan pemeliharaan informasi bidang ketika survei terestris penuh terlalu mahal atau lambat [10]. Tinjauan mutakhir juga menunjukkan bahwa integrasi penginderaan jauh dengan administrasi pertanahan mempercepat identifikasi perubahan objek [11]. Analisis selisih antara peta dan kondisi aktual dapat digunakan untuk memilih bidang yang memerlukan pemeriksaan lebih lanjut [12].

Perkembangan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) memperluas sumber data untuk pemetaan karena mampu menghasilkan citra beresolusi tinggi secara fleksibel [13]. UAV juga mendukung pemetaan tiga dimensi pada skala lokal dengan kebutuhan biaya dan waktu yang lebih terjangkau dibandingkan pemotretan udara berawak [14]. Melalui fotogrametri Structure-from-Motion, rangkaian foto dapat diolah menjadi orthomosaik dan model permukaan yang mendukung pengukuran geometris [15].

Dalam pemetaan kadastral, citra UAV dapat digunakan untuk mengekstraksi unsur fisik dan mengidentifikasi batas yang tampak [16]. Deteksi kontur dari citra beresolusi tinggi membantu penyusunan peta kerja pada tingkat bidang [17]. Namun, batas yang terlihat pada citra tidak selalu sama dengan batas yuridis sehingga hasil interpretasi tetap memerlukan pemeriksaan dokumen dan verifikasi lapangan [18].

Ketelitian produk UAV ditentukan oleh jumlah dan distribusi ground control point [19], penggunaan RTK-GNSS dan pola jalur terbang [20], serta kualitas kontrol tanah dan penyesuaian berkas fotogrametri [21]. Selain aspek teknis, penerapan UAV perlu mengikuti ketentuan penerbangan, perlindungan privasi, dan keamanan data [22]. Dengan demikian, pemanfaatan citra untuk PBB-P2 harus disertai metadata akuisisi dan pengujian ketelitian yang dapat ditelusuri.

Pendekatan fit-for-purpose menekankan pemilihan teknologi berdasarkan tujuan, risiko, biaya, dan kemampuan pemeliharaan data [23]. Penerapannya pada administrasi pertanahan menunjukkan bahwa pembaruan dapat dilakukan secara bertahap sesuai kapasitas kelembagaan setempat [24]. Dukungan platform geospasial dan interoperabilitas data memperkuat keberlanjutan sistem serta memudahkan pertukaran informasi antar lembaga [25].

Berdasarkan kesenjangan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemanfaatan citra drone dan SIG untuk membandingkan luas objek PBB-P2 yang terdaftar dengan hasil pemetaan di Desa Pulau Tagor, Kabupaten Serdang Bedagai. Tata kelola berbasis UAS-GIS berpotensi memperkuat pengambilan keputusan publik apabila informasi spasial diintegrasikan ke dalam proses administrasi [26]. Penggunaan drone pada skala komunitas juga menunjukkan nilai praktisnya untuk pemetaan rinci dan perencanaan wilayah [27]. Penelitian ini bertujuan mengukur arah dan besaran selisih luas, menentukan prioritas objek berdasarkan besaran selisih, serta mengestimasi implikasinya terhadap basis NJOP dan PBB-P2.

2. Metode Penelitian

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilaksanakan pada tahun 2026 di Desa Pulau Tagor, Kabupaten Serdang Bedagai, Provinsi Sumatera Utara. Lokasi dipilih secara purposive dengan mempertimbangkan keragaman penggunaan lahan, indikasi perbedaan antara data administrasi PBB-P2 dan kondisi fisik, serta ketersediaan data dari instansi daerah. **Gambar 1** memperlihatkan wilayah penelitian beserta inset posisi lokasi dalam konteks Kabupaten Serdang Bedagai dan Provinsi Sumatera Utara.



Gambar 1. Lokasi penelitian di Desa Pulau Tagor, Kabupaten Serdang Bedagai
Sumber: Data diolah oleh penulis, 2026.

2.2. Data dan Bahan Penelitian

Data penelitian meliputi citra udara drone, peta persil, Nomor Objek Pajak (NOP), luas bumi terdaftar, luas hasil pemetaan, NJOP per meter persegi, dan nilai PBB-P2. Unit analisis terdiri atas 101 objek yang memiliki pasangan data spasial dan administratif; 94 objek menggunakan NJOP Rp36.000/m² dan tujuh objek menggunakan NJOP Rp48.000/m². Bahan pengolahan mencakup orthomosaik, poligon hasil digitasi, tabel atribut, komputer, dan perangkat lunak SIG. Rincian data serta fungsi analisisnya disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data dan bahan penelitian

Komponen	Sumber/Fungsi	Keluaran
Citra drone	Data sekunder dari instansi teknis; interpretasi visual	Orthomosaik/peta kerja dan geometri aktual
NOP dan luas terdaftar	Basis administrasi PBB-P2	Identitas objek dan luas acuan
Peta persil	Lapisan spasial pertanahan/perpajakan	Overlay dan pemeriksaan keterhubungan
NJOP per m ²	94 objek Rp36.000; 7 objek Rp48.000	Perubahan nilai NJOP berdasarkan luas per objek
Hasil digitasi	Poligon turunan penelitian	Luas peta, arah selisih, neto, dan kelas prioritas

Sumber: Data diolah oleh penulis, 2026.

2.3. Analisis Data

Analisis dilakukan melalui tiga tahap, yaitu analisis spasial untuk memperoleh luas dan arah selisih setiap objek, analisis statistik untuk menggambarkan distribusi serta prioritas, dan skenario fiskal untuk mengestimasi perubahan basis NJOP serta PBB-P2.

Analisis Spasial

Citra udara diinterpretasi secara visual untuk mengenali batas fisik bidang dan objek terbangun, kemudian didigitasi secara on-screen menjadi poligon. Pemeriksaan topologi dilakukan untuk mengurangi tumpang tindih, celah internal yang tidak logis, dan geometri terbuka. Poligon dihubungkan dengan atribut NOP, lalu luas hasil pemetaan dibandingkan dengan luas terdaftar menggunakan $\Delta L = L_{\text{peta}} - L_{\text{terdaftar}}$. Nilai positif menunjukkan luas hasil pemetaan lebih besar, sedangkan nilai negatif menunjukkan luas hasil pemetaan lebih kecil daripada data administrasi.

Analisis Statistik

Analisis statistik mencakup jumlah objek menurut arah selisih, total positif dan negatif, nilai neto, jumlah absolut, rerata, median, simpangan baku, serta minimum dan maksimum. Besaran absolut $|\Delta L|$ diurutkan dan dibagi menjadi tiga tertil operasional, yaitu rendah 34 objek, sedang 34 objek, dan tinggi 33 objek. Pembagian ini digunakan untuk menentukan urutan verifikasi berdasarkan besaran perbedaan, bukan sebagai batas normatif.

Skenario Fiskal

Perubahan basis NJOP dihitung menggunakan $\Delta \text{NJOP} = \Delta L \times \text{NJOP}/\text{m}^2$ berdasarkan nilai satuan setiap objek. Estimasi perubahan PBB-P2 menggunakan tarif ilustratif 0,1%, yaitu $\Delta \text{PBB} = \Delta \text{NJOP} \times 0,1\%$. Hasil disajikan menurut peningkatan, penurunan, nilai neto, dan jumlah absolut. Estimasi tersebut belum memperhitungkan NJOPTKP, persentase dasar pengenaan, fasilitas, keberatan, pembulatan, dan tingkat penagihan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Cakupan spasial dan struktur data objek pajak

Cakupan pemetaan menunjukkan pola objek yang memanjang mengikuti struktur permukiman, jaringan jalan, dan penggunaan lahan Desa Pulau Tagor. Integrasi peta persil dengan atribut PBB-P2 memungkinkan setiap NOP ditelusuri menurut posisi, luas, dan nilai fiskalnya. Bagian orthomosaik yang tidak tertutup citra diperlakukan sebagai area tanpa data dan tidak digunakan untuk menyimpulkan keberadaan maupun kelengkapan objek.

Analisis mencakup 101 NOP yang memiliki pasangan data luas hasil pemetaan dan luas administrasi. Penggunaan NOP sebagai penghubung antara geometri dan atribut fiskal memungkinkan perbedaan pada setiap bidang diidentifikasi dan diprioritaskan untuk pemeriksaan. Pendekatan berbasis bidang konsisten dengan administrasi pertanahan yang menghubungkan penguasaan, penggunaan, nilai dan pengembangan [10].

3.2. Besaran dan distribusi selisih luas

Peta objek menunjukkan pada **Gambar 2** menunjukkan bahwa 101 bidang yang dianalisis tersebar pada koridor permukiman, lahan pertanian, dan jaringan akses Desa Pulau Tagor. Visualisasi ini menegaskan bahwa analisis PBB-P2 perlu menghubungkan setiap nilai atribut dengan posisi bidangnya. Bagian mosaik yang tidak tercakup citra diperlakukan sebagai area tanpa data dan tidak digunakan untuk menyimpulkan ketiadaan objek atau kelengkapan administrasi.

Berdasarkan **Tabel 2**, dari 101 objek, 48 objek atau 47,52% memiliki ΔL positif dan 53 objek atau 52,48% memiliki ΔL negatif. Total selisih positif mencapai 142.055,177 m², sedangkan total selisih negatif mencapai -114.876,614 m². Setelah memperhitungkan kedua arah, selisih neto adalah +27.178,563 m², sementara jumlah absolut selisih mencapai 256.931,791 m². Rerata ΔL sebesar 269,095 m², median -101,613 m², dan simpangan baku 4.484,749 m²; rentang nilai bergerak dari -10.460,890 m² sampai +29.952,082 m².

Komposisi tersebut menunjukkan bahwa ketidaksesuaian bersifat dua arah, bukan pencatatan yang lebih rendah secara seragam. Jumlah objek negatif sedikit lebih besar, tetapi besaran selisih positif lebih dominan dan menghasilkan nilai neto yang positif. Secara administratif, hasil citra menjadi dasar penentuan objek yang memerlukan verifikasi: selisih positif dapat mencerminkan perluasan, perubahan batas, atau keterlambatan pembaruan; selisih negatif dapat mencerminkan pencatatan berlebih, pemecahan bidang, perubahan untuk kepentingan umum, atau perbedaan deliniasi. Batas visual pada citra tidak selalu identik dengan batas yuridis sehingga pemeriksaan dokumen dan lapangan tetap diperlukan [16], [18].



Gambar 2. Sebaran 101 objek NOP pada wilayah penelitian
Sumber: Data diolah oleh penulis, 2026.

Tabel 2. Statistik selisih luas pada 101 objek

Statistik	Nilai
Jumlah objek yang dianalisis	101
ΔL positif / negatif	48 (47,52%) / 53 (52,48%)
Total ΔL positif	+142.055,177 m ²
Total ΔL negatif	-114.876,614 m ²
Neto ΔL	+27.178,563 m ²
Total absolute $ \Delta L $	256.931,791 m ²
Rerata / median ΔL	269,095 / -101,613 m ²
Simpangan baku; minimum–maksimum	4.484,749 m ² ; -10.460,890–29.952,082 m ²

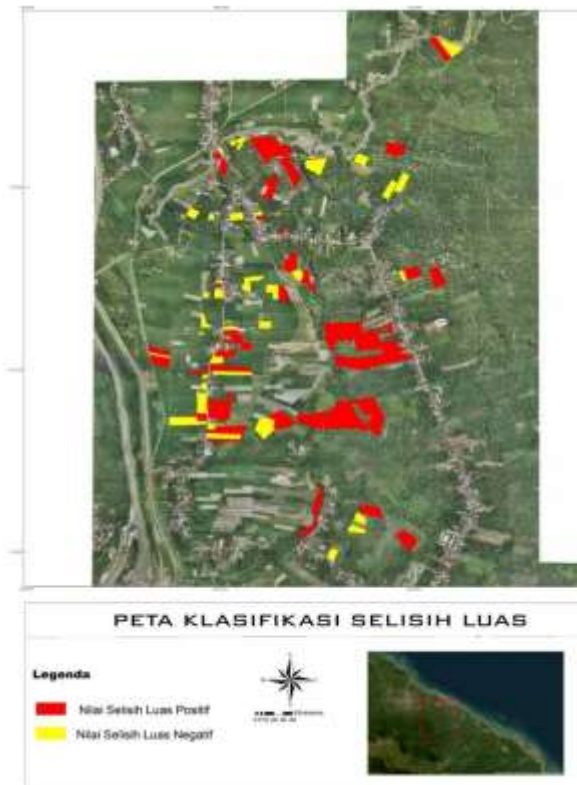
Sumber: Data diolah oleh penulis, 2026.

3.3. Konsentrasi selisih dan penentuan prioritas

Peta klasifikasi (**Gambar 3**) membedakan objek dengan selisih positif dan negatif. Sebaran keduanya menunjukkan bahwa pemutakhiran basis pajak dapat berupa peningkatan maupun penurunan sesuai kondisi setiap objek. Untuk menentukan urutan verifikasi, analisis menggunakan besaran absolut $|\Delta L|$ sehingga objek dengan pengaruh data terbesar ditempatkan pada prioritas lebih tinggi tanpa mengabaikan arah perubahannya.

Berdasarkan **Tabel 3** tertil rendah mencakup 34 objek dengan total $|\Delta L|$ 10.269,246 m² atau 4,00% dari keseluruhan besaran absolut. Tertil sedang mencakup 34 objek dengan 55.079,382 m² atau 21,44%, sedangkan tertil tinggi terdiri atas 33 objek dengan 191.583,163 m² atau 74,57%. Dari sisi nilai, kelompok tinggi menyumbang 75,14% jumlah absolut perubahan NJOP. Sepuluh objek dengan selisih terbesar mencakup 40,12% jumlah absolut selisih luas, sedangkan 25 objek terbesar mencakup 65,65%. Pola ini mendukung verifikasi berbasis prioritas dengan konsentrasi yang cukup kuat pada objek berpengaruh tinggi.

Kelas prioritas tidak dimaksudkan untuk menghapus kewajiban pembaruan pada objek bernilai kecil. Rentang tertil rendah adalah 0,469–823,932 m², tertil sedang 891,684–2.502,707 m², dan tertil tinggi 2.530,670–29.952,082 m². Objek dengan selisih kecil perlu dibandingkan terlebih dahulu dengan toleransi ketelitian pemetaan, sedangkan objek pada kelompok tinggi layak didahulukan untuk verifikasi dokumen, pemeriksaan batas, dan penilaian ulang. Pendekatan ini mengalokasikan sumber daya menurut dampak administratif tanpa mengorbankan keadilan horizontal.



Gambar 3. Arah selisih luas objek PBB-P2: positif dan negatif
 Sumber: Data diolah oleh penulis, 2026.

Tabel 3. Kelas prioritas berdasarkan besaran absolut selisih luas

Kelas	Jumlah	Total $ \Delta L $ (m ²)	Pangsa	Nilai absolut $\Delta NJOP$
Rendah	34	10.269,246	4,00%	Rp373.159.488
Sedang	34	55.079,382	21,44%	Rp2.006.800.860
Tinggi	33	191.583,163	74,57%	Rp7.193.507.604
Total	101	256.931,791	100,00%	Rp9.573.467.952

Sumber: Data diolah oleh penulis, 2026.

3.4. Perubahan basis NJOP

Perhitungan menunjukkan peningkatan basis NJOP sebesar Rp5.259.514.080 pada 48 objek dan penurunan sebesar Rp4.313.953.872 pada 53 objek. Setelah memperhitungkan kedua arah, perubahan neto basis NJOP mencapai Rp945.560.208. Jumlah absolut perubahan basis NJOP mencapai Rp9.573.467.952 dan menggambarkan skala nilai yang perlu diverifikasi, sedangkan realisasi penerimaan ditentukan oleh proses penetapan dan penagihan. Nilai Rp4.313.953.872 merupakan akumulasi penurunan nilai pada 53 objek, sedangkan nilai neto menggambarkan hasil akhir setelah peningkatan dan penurunan diperhitungkan bersama.

Perubahan nilai dipengaruhi oleh variasi NJOP satuan: 94 objek menggunakan Rp36.000/m² dan tujuh objek menggunakan Rp48.000/m². Tertil rendah menyumbang perubahan absolut Rp373.159.488, tertil sedang Rp2.006.800.860, dan tertil tinggi Rp7.193.507.604. Nilai tersebut menunjukkan bahwa prioritas tidak hanya ditentukan oleh luas, tetapi juga oleh nilai satuan yang melekat pada setiap objek. Dengan cakupan tersebut, hasil penelitian merepresentasikan perubahan nilai NJOP berbasis perbedaan luas pada nilai satuan yang tersedia.

Pemisahan antara peningkatan, penurunan, dan nilai neto memperkuat validitas analisis serta menghindari bias fiskal. Dalam penilaian properti, luas hanyalah salah satu determinan. PMK 85/2024 mengharuskan proses penilaian yang mempertimbangkan metode perbandingan, biaya, atau nilai pengganti sesuai karakter objek. Dengan demikian, hasil drone berfungsi sebagai masukan prapenilaian: citra mendeteksi perbedaan dan memperbarui atribut fisik, sedangkan pejabat penilai menentukan konsekuensi fiskalnya melalui prosedur resmi [9], [2].

3.5. Implikasi fiskal: dari basis pajak menuju penerimaan

Berdasarkan Tabel 4, pada tarif ilustratif bruto 0,1%, peningkatan basis NJOP menghasilkan potensi tambahan PBB-P2 sekitar Rp5.259.514 per tahun, sedangkan penurunan basis NJOP mengurangi kewajiban teoritis sekitar Rp4.313.954. Dampak neto setelah memperhitungkan kedua arah adalah sekitar Rp 945.560 per tahun, dibulatkan ke rupiah terdekat. Nilai ini belum memperhitungkan NJOPTKP, persentase dasar pengenaan, fasilitas, keberatan, tunggakan, dan kesenjangan penagihan.

Nilai tersebut jauh lebih kecil daripada jumlah absolut perubahan basis NJOP sebesar Rp9,57 miliar karena NJOP bukan nilai pajak terutang dan pembaruan berlangsung dua arah. Penelitian spasial dapat menunjukkan besarnya basis yang perlu dimutakhirkan, tetapi peningkatan PAD baru terjadi apabila data diverifikasi secara sah, ketetapan diterbitkan, wajib pajak memperoleh kesempatan mengajukan keberatan, dan pembayaran berhasil ditagih. Perbedaan antara basis pajak, nilai ketetapan, nilai tagihan, dan realisasi penerimaan mencegah klaim optimalisasi yang berlebihan.

Walaupun dampak neto tahunan pada satu desa tampak terbatas, manfaat investasi data tidak hanya bersifat fiskal jangka pendek. Peta yang diperbarui dapat digunakan berulang untuk penilaian, perencanaan tata ruang, pengawasan perubahan penggunaan lahan, layanan perizinan, dan mitigasi sengketa data. Nilai ekonomi sistem perlu dihitung sepanjang siklus pemanfaatan dan beberapa tahun pajak. Pembuktiannya memerlukan analisis biaya-manfaat yang membandingkan biaya akuisisi citra, pemrosesan, verifikasi lapangan, pelatihan, penyimpanan, dan pemeliharaan dengan tambahan penerimaan, peningkatan keadilan penilaian, serta penghematan waktu.

Tabel 4. Perubahan basis NJOP dan estimasi PBB-P2 pada tarif 0,1%

Arah perubahan	n	ΔL (m ²)	$\Delta NJOP$ (Rp juta)	ΔPBB 0,1% (Rp)
Naik	48	+142.055	+5.259,514	+5.259.514
Turun	53	-114.877	-4.313,954	-4.313.954
Neto	101	+27.179	+945,560	+945.560
Jumlah absolut	101	256.932	9.573,468	9.573.468

Sumber: Data diolah oleh penulis, 2026.

Catatan: ΔL pada tabel dibulatkan ke meter persegi terdekat; $\Delta NJOP$ disajikan dalam juta rupiah; nilai ΔPBB merupakan estimasi bruto pada tarif 0,1% dan dibulatkan ke rupiah terdekat. Jumlah absolut menggambarkan keseluruhan perubahan nilai dan tidak ditafsirkan sebagai penerimaan neto.

3.6. Efektivitas dan efisiensi operasional

Hasil penelitian menunjukkan manfaat operasional yang kuat: citra udara memungkinkan petugas melihat seluruh kawasan secara serentak, menelusuri perubahan objek, dan menyiapkan daftar kunjungan lapangan. Dibandingkan survei door-to-door tanpa prioritas, pendekatan ini berpotensi mengurangi jumlah kunjungan karena 74,57% jumlah absolut selisih terkonsentrasi pada 33 objek kelas tinggi. Efisiensi berasal bukan hanya dari kecepatan akuisisi, tetapi juga dari kemampuan mengarahkan tenaga verifikasi ke objek yang memiliki dampak administratif terbesar.

Data mengenai durasi survei konvensional, durasi penerbangan dan pemrosesan, jumlah personel, biaya per hektar, serta biaya per objek tervalidasi tidak tersedia, sehingga efisiensi biaya belum dapat dihitung secara kuantitatif. Hasil penelitian menunjukkan potensi efisiensi operasional melalui penentuan prioritas. Pengukuran penghematan memerlukan desain komparatif, misalnya dua wilayah dengan kompleksitas serupa yang dipetakan menggunakan metode berbeda, atau pencatatan biaya berdasarkan aktivitas pada seluruh tahap pekerjaan.

Ketelitian perlu dipertimbangkan bersama dengan efisiensi. Citra yang tajam secara visual belum menjamin ketelitian planimetrik. Tanpa GCP, check point, GSD, dan RMSE, selisih terkecil sebesar 0,469 m² serta sebagian objek dalam tertel rendah mungkin berada dalam rentang galat pemetaan. Oleh sebab itu, ambang toleransi teknis perlu ditetapkan sebelum selisih kecil dijadikan dasar perubahan nilai fiskal. Studi UAV menunjukkan bahwa distribusi kontrol tanah dan geometri penerbangan mempengaruhi ketelitian, sehingga pelaporan parameter tersebut harus menjadi syarat pengadaan citra untuk PBB-P2 [19], [21].

3.7. Model tata kelola pembaruan PBB-P2 berbasis geospasial

Pembaruan PBB-P2 berbasis geospasial dapat dilaksanakan melalui enam tahap: integrasi peta NOP dan citra, identifikasi selisih, penentuan prioritas, verifikasi dokumen dan lapangan, penilaian oleh pejabat berwenang, serta pemberitahuan kepada wajib pajak. Siklus ini perlu dilakukan berkala agar perubahan fisik dapat dibandingkan dengan data acuan dan tidak berhenti sebagai kegiatan pemetaan satu kali [23].

Keberlanjutan sistem ditentukan oleh interoperabilitas data pajak, pertanahan, perizinan bangunan, dan perencanaan ruang. Pemerintah daerah perlu menetapkan identitas objek yang konsisten, hak akses, riwayat perubahan, penyimpanan citra, serta perlindungan informasi pribadi agar hasil pemetaan terhubung langsung dengan proses administrasi [25].

3.8. Keterbatasan penelitian dan agenda lanjutan

Generalisasi penelitian dibatasi oleh studi kasus satu desa, satu set citra, dua nilai NJOP satuan, dan tidak tersedianya jumlah keseluruhan NOP dalam cakupan pemetaan. Hasil konsentrasi 74,57% pada tertill tinggi karena itu berlaku pada 101 objek yang dianalisis dan perlu diuji pada wilayah dengan morfologi serta dinamika pasar yang berbeda.

Penelitian berikutnya perlu melaporkan platform, sensor, ketinggian, overlap, GSD, GCP, check point, sistem koordinat, parameter pemrosesan, dan RMSE. Analisis fiskal juga perlu memasukkan NJOPTKP, dasar pengenaan, fasilitas, kepatuhan, biaya implementasi, dan realisasi penagihan agar hubungan antara perubahan atribut fisik dan penerimaan dapat diukur secara lengkap.

3.9. Kontribusi ilmiah dan implikasi replikasi lintas daerah

Kontribusi ilmiah penelitian ini terletak pada penggabungan geometri objek, atribut penilaian, dan penentuan prioritas dalam satu alur keputusan. Citra drone mengidentifikasi perubahan fisik, SIG mengukur besaran selisih, sedangkan otoritas daerah menetapkan perubahan melalui pemeriksaan administratif dan lapangan. Posisi ini memperluas penggunaan UAV dari pemetaan menjadi pengendalian kualitas basis pajak.

Konsentrasi 74,57% selisih luas absolut pada 33 objek tertill tinggi menunjukkan bahwa sumber daya verifikasi dapat diarahkan terlebih dahulu pada objek yang berdampak besar. Replikasi lintas daerah sebaiknya menggabungkan selisih luas dengan NJOP per meter persegi, penggunaan lahan, keberadaan bangunan, umur data, dan kecepatan pertumbuhan kawasan agar prioritas mencerminkan dampak administratif dan fiskal secara lebih menyeluruh.

Setiap pembaruan citra perlu memiliki penanda waktu dan disimpan bersama versi geometri serta atribut sebelumnya. Kinerja sistem dapat dinilai melalui proporsi NOP bergeometri valid, waktu dan biaya pembaruan, persentase hasil yang terverifikasi, perubahan ketetapan, tingkat keberatan, dan realisasi pembayaran. Indikator tersebut menunjukkan apakah informasi spasial benar-benar menghasilkan administrasi yang akurat dan diterima publik.

4. Kesimpulan

Citra drone dan SIG dapat mendukung pemutakhiran PBB-P2 secara sistematis. Dari 101 NOP, 48 objek memiliki selisih positif dan 53 objek memiliki selisih negatif. Total selisih positif mencapai 142.055,177 m², selisih negatif -114.876,614 m², dan nilai neto +27.178,563 m². Sebanyak 33 objek tertill tinggi menyumbang 74,57% jumlah absolut selisih, sehingga layak menjadi prioritas verifikasi.

Peningkatan basis NJOP mencapai Rp5.259.514.080, penurunan Rp4.313.953.872, dan perubahan neto Rp945.560.208. Pada tarif ilustratif 0,1%, dampak neto PBB-P2 diperkirakan sekitar Rp945.560 per tahun sebelum memperhitungkan NJOPTKP, dasar pengenaan, fasilitas, keberatan, dan tingkat penagihan. Nilai tersebut menunjukkan bahwa pemetaan berfungsi terutama untuk meningkatkan ketepatan basis data dan keadilan penilaian.

Pemerintah Kabupaten Serdang Bedagai disarankan mengintegrasikan NOP, geometri persil, objek bangunan, dan citra berkala dalam satu sistem. Verifikasi awal dapat difokuskan pada 33 objek tertill tinggi, dilanjutkan dengan pemeriksaan dokumen, validasi lapangan, penilaian resmi, pemberitahuan, dan mekanisme keberatan. Penelitian lanjutan perlu memasukkan metadata penerbangan, uji ketelitian, analisis biaya-waktu, dan data penagihan untuk menilai dampak administratif dan fiskal secara lebih komprehensif.

5. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini terlaksana dengan dukungan instansi terkait, baik Kantor Pertanahan Kabupaten Serdang Bedagai, Badan Pendapatan Daerah Kabupaten Serdang Bedagai, Pemerintah Desa Pulau Tagor, serta Civitas Akademik Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak ataupun instansi-instansi terkait yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

6. Singkatan

<i>PBB-P2</i>	Pajak Bumi dan Bangunan Perdesaan dan Perkotaan
<i>PAD</i>	Pendapatan Asli Daerah
<i>NJOP</i>	Nilai Jual Objek Pajak
<i>NOP</i>	Nomor Objek Pajak
<i>UAV</i>	Unmanned Aerial Vehicle
<i>SIG</i>	Sistem Informasi Geografis
<i>GCP</i>	Ground Control Point
<i>GSD</i>	Ground Sampling Distance
<i>RMSE</i>	Root Mean Square Error

7. Daftar Pustaka

- [1] Norregaard, J. (2013). Taxing immovable property: Revenue potential and implementation challenges. IMF Working Paper WP/13/129. <https://doi.org/10.5089/9781484369050.001>
- [2] Slack, E., & Bird, R. M. (2014). The political economy of property tax reform.
- [3] Ali, M., Fjeldstad, O.-H., & Katera, L. (2017). Property taxation in developing countries. CMI Brief, 16(1). Chr. Michelsen Institute. <https://www.cmi.no/publications/6167-property-taxation-in-developing-countries>
- [4] Kelly, R. (2003). Property taxation in Indonesia: Challenges from decentralization. Lincoln Institute of Land Policy Working Paper WP03RK1. <https://www.lincolninst.edu/publications/working-papers/property-taxation-indonesia/>
- [5] Lewis, B. D. (2003). Tax and charge creation by regional governments under fiscal decentralisation: Estimates and explanations. Bulletin of Indonesian Economic Studies, 39(2), 177–192. <https://doi.org/10.1080/00074910302016>
- [6] Knebelmann, J. (2022). Digitalisation of property taxation in developing countries: Recent advances and remaining challenges. ODI/TaxDev. <https://www.taxdev.org/research-publications/digitalisation-property-taxation>
- [7] Republik Indonesia. (2022). Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2022 tentang Hubungan Keuangan antara Pemerintah Pusat dan Pemerintahan Daerah. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/195696/uu-no-1-tahun-2022>
- [8] Pemerintah Republik Indonesia. (2023). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 35 Tahun 2023 tentang Ketentuan Umum Pajak Daerah dan Retribusi Daerah. <https://peraturan.bpk.go.id/Details/252130/pp-no-35-tahun-2023>
- [9] Kementerian Keuangan Republik Indonesia. (2024). Peraturan Menteri Keuangan Republik Indonesia Nomor 85 Tahun 2024 tentang Penilaian Pajak Bumi dan Bangunan Perdesaan dan Perkotaan. <https://jdih.kemenkeu.go.id/dok/pmk-85-tahun-2024/summary>
- [10] Bennett, R., Oosterom, P. van, Lemmen, C., & Koeva, M. (2020). Remote sensing for land administration. Remote Sensing, 12(15), 2497. <https://doi.org/10.3390/rs12152497>
- [11] Bennett, R. M., Koeva, M., & Asiama, K. (2021). Review of remote sensing for land administration. Remote Sensing, 13(21), 4198. <https://doi.org/10.3390/rs13214198>
- [12] Park, S., Lee, J., & Choi, J. (2020). Discrepancy analysis for detecting candidate parcels requiring cadastral resurvey. Remote Sensing, 12(3), 354. <https://doi.org/10.3390/rs12030354>
- [13] Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 92, 79–97. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>
- [14] Nex, F., & Remondino, F. (2014). UAV for 3D mapping applications: A review. Applied Geomatics, 6, 1–15. <https://doi.org/10.1007/s12518-013-0120-x>
- [15] Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., & Reynolds, J. M. (2012). Structure-from-Motion photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. Geomorphology, 179, 300–314. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.021>
- [16] Crommelinck, S., Bennett, R., Gerke, M., Nex, F., Yang, M. Y., & Vosselman, G. (2016). Review of automatic feature extraction from high-resolution optical sensor data for UAV-based cadastral mapping. Remote Sensing, 8(8), 689. <https://doi.org/10.3390/rs8080689>
- [17] Crommelinck, S., Bennett, R., Gerke, M., Yang, M. Y., & Vosselman, G. (2017). Contour detection for UAV-based cadastral mapping. Remote Sensing, 9(2), 171. <https://doi.org/10.3390/rs9020171>
- [18] Fetai, B., Oštir, K., Kosmatin Fras, M., & Lisec, A. (2019). Extraction of visible boundaries for cadastral mapping based on UAV imagery. Remote Sensing, 11(13), 1510. <https://doi.org/10.3390/rs11131510>

- [19] Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., & Martínez-Carricondo, P. (2017). Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation ground control points number using unmanned aerial vehicle. *Measurement*, 98, 221-227.
- [20] Gerke, M., & Przybilla, H.-J. (2016). Accuracy analysis of photogrammetric UAV image blocks: Influence of onboard RTK-GNSS and cross flight patterns. *Photogrammetrie, Fernerkundung, Geoinformation*, 2016(1), 17–30. <https://doi.org/10.1127/pfg/2016/0284>
- [21] James, M. R., Robson, S., d'Oleire-Oltmanns, S., & Niethammer, U. (2017). Optimising UAV topographic surveys processed with structure-from-motion: Ground control quality, quantity and bundle adjustment. *Geomorphology*, 280, 51–66. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.11.021>
- [22] Stöcker, C., Bennett, R., Nex, F., Gerke, M., & Zevenbergen, J. (2017). Review of the current state of UAV regulations. *Remote Sensing*, 9(5), 459. <https://doi.org/10.3390/rs9050459>
- [23] Enemark, S., McLaren, R., & Lemmen, C. (2021). Fit-for-purpose land administration Providing secure land rights at scale. *Land*, 10(9), 972. <https://doi.org/10.3390/land10090972>
- [24] Chigbu, U. E., Bendzko, T., Mabakeng, M. R., Kuusaana, E. D., & Tutu, D. O. (2021). Fit-for-purpose land administration from theory to practice: Three demonstrative case studies of local land administration initiatives in Africa. *Land*, 10(5), 476. <https://doi.org/10.3390/land10050476>
- [25] Koeva, M., Humayun, M. I., Timm, C., Stöcker, C., Crommelinck, S., Chipofya, M., Bennett, R., & Zevenbergen, J. (2021). Geospatial tool and geocloud platform innovations: A fit-for-purpose land administration assessment. *Land*, 10(6), 557. <https://doi.org/10.3390/land10060557>
- [26] Hognogi, G.-G., Pop, A.-M., Marian-Potra, A.-C., & Puiu, V. (2021). The role of UAS-GIS in digital era governance: A systematic review. *Sustainability*, 13(19), 11097. <https://doi.org/10.3390/su131911097>
- [27] Whitehurst, D., Clasen, C., Gerke, M., & Koeva, M. (2021). Drone-based community assessment, planning, and disaster risk management for informal settlements. *Remote Sensing*, 13(9), 1739. <https://doi.org/10.3390/rs13091739>