Jurnal Serambi Engineering JSE
Volume XI, No.4, Oktober 2026 Hal 21615 - 21624
p-ISSN : 2528-3561
e-ISSN : 2541-1934

Evaluasi Ketelitian Geometrik Bidang Tanah Hasil Pemetaan UAV Pada Program PTSL Menggunakan GNSS RTK Sebagai Data Acuan

Wati Yulita Pratama, Henri Kuncoro

Program Studi Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional, Bandung
Koresponden email: watiyulita36@gmail.com, henrikuncoro08@gmail.com

Diterima: 22 Agustus 2026 Disetujui: 28 Agustus 2026

Abstract
This study evaluates the geometric accuracy of land parcel mapping derived from Unmanned Aerial Vehicle (UAV) orthophoto within the Complete Systematic Land Registration (PTSL) program in Saradan Village, Karangmalang District, Sragen Regency. The study used a quantitative comparative approach by comparing 51 corresponding boundary points from 23 land parcels between UAV digitization and Global Navigation Satellite System Real-Time Kinematic (GNSS RTK) measurements. The analysis included coordinate differences, RMSE X, RMSE Y, horizontal RMSE (RMSEr), Circular Error 90% (CE90), side-length differences, and area differences. The orthophoto had a Ground Sampling Distance (GSD) of 0.050 m. The results produced RMSE X of 0.107 m, RMSE Y of 0.081 m, RMSEr of 0.134 m, and CE90 of 0.204 m. The CE90 value was below the 0.400 m horizontal accuracy limit used in the technical evaluation, while the GSD was below the 0.120 m limit. The largest side-length difference was 0.310 m on Parcel 18 belonging to Sariyati, while the largest area difference was 29.000 m² on Parcel 23 belonging to Joko. The results indicate that the UAV orthophoto met the tested horizontal accuracy requirements and can support PTSL land parcel mapping, provided that quality control and boundary verification are maintained.
Keywords: *UAV, orthophoto, GNSS RTK, geometric accuracy*

Abstrak
Penelitian ini mengevaluasi ketelitian geometrik pemetaan bidang tanah hasil digitasi orthophoto *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) pada kegiatan Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL) di Desa Saradan, Kecamatan Karangmalang, Kabupaten Sragen. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif komparatif dengan membandingkan 51 titik batas yang bersesuaian pada 23 bidang tanah antara hasil digitasi UAV dan pengukuran Global Navigation Satellite System Real-Time Kinematic (GNSS RTK). Analisis meliputi selisih koordinat, RMSE X, RMSE Y, RMSE horizontal (RMSEr), Circular Error 90% (CE90), serta perbedaan panjang sisi dan luas bidang tanah. Orthophoto memiliki Ground Sampling Distance (GSD) sebesar 0,050 m. Hasil pengujian menghasilkan RMSE X sebesar 0,107 m, RMSE Y sebesar 0,081 m, RMSEr sebesar 0,134 m, dan CE90 sebesar 0,204 m. Nilai CE90 lebih kecil daripada batas ketelitian horizontal 0,400 m, sedangkan GSD lebih kecil daripada batas 0,120 m. Perbedaan panjang sisi terbesar sebesar 0,310 m terdapat pada Bidang 18 atas nama Sariyati, sedangkan perbedaan luas terbesar sebesar 29,000 m² terdapat pada Bidang 23 atas nama Joko. Hasil penelitian menunjukkan bahwa orthophoto UAV memenuhi ketentuan ketelitian horizontal yang diuji dan dapat mendukung pemetaan bidang tanah PTSL dengan tetap memperhatikan kontrol kualitas dan verifikasi batas.
Kata Kunci: *UAV, orthophoto, GNSS RTK, ketelitian geometrik*

1. Pendahuluan

Pendaftaran tanah merupakan kegiatan penting dalam penyelenggaraan administrasi pertanahan karena menghasilkan informasi mengenai data fisik dan data yuridis suatu bidang tanah. Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 menempatkan pendaftaran tanah sebagai rangkaian kegiatan yang meliputi pengumpulan, pengolahan, pembukuan, penyajian, dan pemeliharaan data fisik serta data yuridis [1]. Ketentuan tersebut kemudian diperbarui melalui Peraturan Pemerintah Nomor 18 Tahun 2021 yang juga mengatur penyelenggaraan pendaftaran tanah [2]. Dalam konteks pemetaan, data fisik berupa letak, batas, posisi, dan luas bidang tanah menjadi unsur penting yang harus mempunyai kualitas geometrik memadai.

Percepatan pendaftaran bidang tanah melalui Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL) membutuhkan metode pengumpulan data fisik yang mampu mencakup banyak bidang secara efektif. Pemanfaatan metode fotogrametri untuk pembuatan peta dasar dan peta foto telah memiliki landasan dalam ketentuan teknis pertanahan. Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 menyebutkan bahwa pengukuran dan pemetaan untuk pembuatan peta dasar pendaftaran dapat dilakukan secara terestrial, fotogrametrik, atau metode lain, serta peta dasar pendaftaran harus diikatkan pada titik dasar teknik nasional [3].

Perkembangan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) memberikan alternatif akuisisi data spasial yang relatif cepat dengan cakupan area luas. Produk foto udara dapat diproses menggunakan fotogrametri menjadi orthophoto yang digunakan untuk interpretasi dan digitasi objek permukaan. Penelitian pada pemetaan bidang tanah menunjukkan bahwa UAV dapat digunakan untuk mendukung kegiatan PTSL, baik dari aspek percepatan maupun pengujian ketelitian planimetris dan luas [4], [5]. Penelitian lain pada pemetaan bidang tanah skala besar juga menunjukkan bahwa orthophoto UAV dapat diuji terhadap standar ketelitian geometrik dan planimetrik yang berlaku [6].

Ketelitian produk UAV dipengaruhi oleh sejumlah faktor, antara lain tinggi terbang, konfigurasi jaringan pemotretan, distribusi titik kontrol, proses bundle adjustment, dan perangkat lunak pengolahan. Tjahjadi dkk. [7] menunjukkan pentingnya konfigurasi jaringan pemotretan terhadap akurasi koordinat, sedangkan Abdalla dkk. [8] menunjukkan bahwa variasi tinggi terbang dapat memengaruhi ketelitian planimetrik dan geometrik peta foto udara. Studi Deliry dan Avdan [9] juga menunjukkan bahwa tinggi terbang, jumlah dan distribusi Ground Control Point (GCP), serta perangkat lunak dapat memengaruhi kualitas dan ketelitian produk UAS-SfM.

Selain faktor akuisisi, kualitas data bidang tanah juga berkaitan dengan proses pengendalian dan penyesuaian data. Perkasa dkk. [10] membandingkan titik kontrol hasil pengukuran GNSS RTK dengan interpretasi peta foto resolusi tinggi dalam konteks peningkatan kualitas data bidang tanah. Hal tersebut menunjukkan bahwa pengujian hasil pemetaan foto perlu dilakukan terhadap data acuan lapangan. Dalam penelitian ini, GNSS RTK dipilih sebagai data acuan utama karena menyediakan koordinat titik batas hasil pengukuran lapangan yang dapat dibandingkan secara langsung dengan titik hasil digitasi orthophoto.

Perbandingan hasil pemetaan UAV dengan GNSS RTK juga telah dilakukan pada penelitian bidang tanah. Tyas [11] membandingkan peta bidang metode GNSS RTK Radio dengan deliniasi orthophoto dan menunjukkan bahwa sebagian besar sampel memenuhi toleransi perbandingan luas. Putri [12] meneliti akurasi peta bidang tanah hasil pengukuran fotogrametris pada kegiatan PTSL, sedangkan Prayogo [13] mengevaluasi ketelitian horizontal orthophoto UAV tahun 2023 dan 2024 menggunakan titik kontrol lapangan. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa evaluasi koordinat dan luas perlu dilakukan untuk mengetahui kesesuaian produk foto terhadap kebutuhan pertanahan.

Dalam perkembangan terbaru, pemanfaatan UAV juga dikaji melalui pendekatan Post Processing Kinematic (PPK). Wijayanti dkk. [14] menunjukkan bahwa penggunaan PPK dapat meningkatkan ketelitian geometrik peta foto dan berpotensi mendukung percepatan pemetaan detail. Temuan tersebut memperkuat bahwa kualitas hasil UAV tidak hanya ditentukan oleh resolusi citra, tetapi juga oleh sistem kontrol dan referensi posisi. Oleh karena itu, penggunaan Ground Sampling Distance (GSD) sebagai indikator resolusi spasial perlu dibedakan dari ketelitian posisi yang dinilai melalui RMSE dan CE90.

Penelitian ini dilakukan pada kegiatan PTSL di Desa Saradan, Kecamatan Karangmalang, Kabupaten Sragen. Objek penelitian terdiri atas 23 bidang tanah dan 51 titik batas yang mempunyai pasangan titik bersesuaian antara hasil pengukuran GNSS RTK dan hasil digitasi orthophoto UAV. Selain posisi titik, penelitian membandingkan panjang sisi dan luas bidang tanah. Data luas yang tercantum pada sertipikat digunakan sebagai informasi pendukung karena data terdahulu dapat berasal dari waktu pengukuran, metode, sistem referensi, dan jaringan kontrol yang berbeda. Dengan demikian, luas sertipikat tidak digunakan sebagai acuan utama ketelitian geometrik.

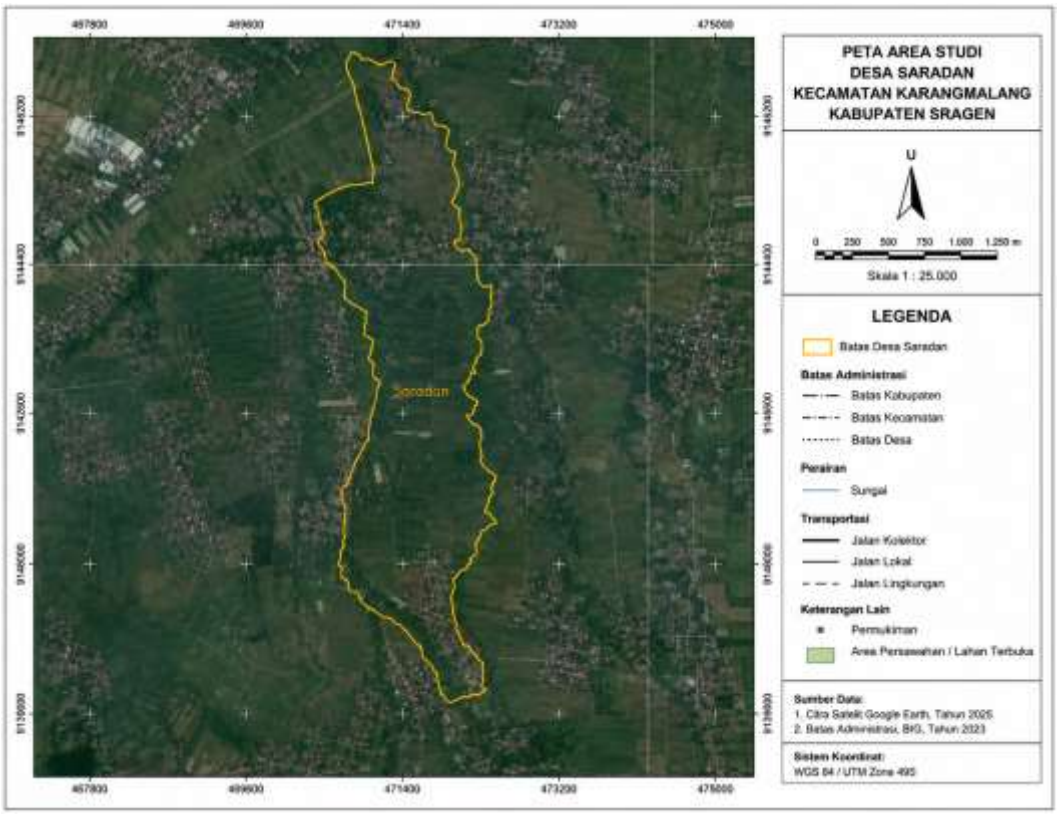
Penelitian bertujuan mengevaluasi ketelitian geometrik hasil pemetaan UAV pada program PTSL dengan GNSS RTK sebagai data acuan. Evaluasi dilakukan melalui perbandingan koordinat titik batas, perhitungan RMSE X, RMSE Y, RMSEr, dan CE90, serta perbandingan panjang sisi dan luas bidang tanah. Hasil penelitian diharapkan memberikan gambaran kuantitatif mengenai kemampuan orthophoto UAV dalam mendukung pemetaan bidang tanah PTSL dan memberikan dasar evaluasi terhadap bidang yang mempunyai perbedaan geometrik relatif besar.

Jurnal Serambi Engineering JSE
Volume XI, No.4, Oktober 2026 Hal 21615 - 21624
p-ISSN : 2528-3561
e-ISSN : 2541-1934

2. Metode Penelitian

2.1 Data

Penelitian dilaksanakan di Desa Saradan, Kecamatan Karangmalang, Kabupaten Sragen. Lokasi penelitian merupakan wilayah kegiatan PTSL yang memiliki data orthophoto UAV dan data pengukuran GNSS RTK. Objek penelitian terdiri atas 23 bidang tanah dengan 51 titik batas yang dapat dipasangkan antara kedua sumber data. Penelitian difokuskan pada ketelitian horizontal atau planimetris dan tidak membahas ketelitian vertikal.



Gambar 1. Peta lokasi wilayah penelitian Desa Saradan, Kecamatan Karangmalang, Kabupaten Sragen.
Sumber: Hasil pengolahan data penelitian, 2026.

Data yang digunakan terdiri atas orthophoto UAV, koordinat hasil pengukuran GNSS RTK, data bidang tanah hasil kegiatan PTSL, serta informasi luas pada sertipikat sebagai data pendukung. Orthophoto menjadi dasar identifikasi dan digitasi batas bidang tanah, sedangkan koordinat GNSS RTK digunakan sebagai data acuan utama dalam pengujian geometrik. Informasi luas sertipikat digunakan untuk membantu interpretasi terhadap perbedaan luas dan tidak digunakan untuk menggantikan data acuan koordinat.

Tabel 1. Data penelitian

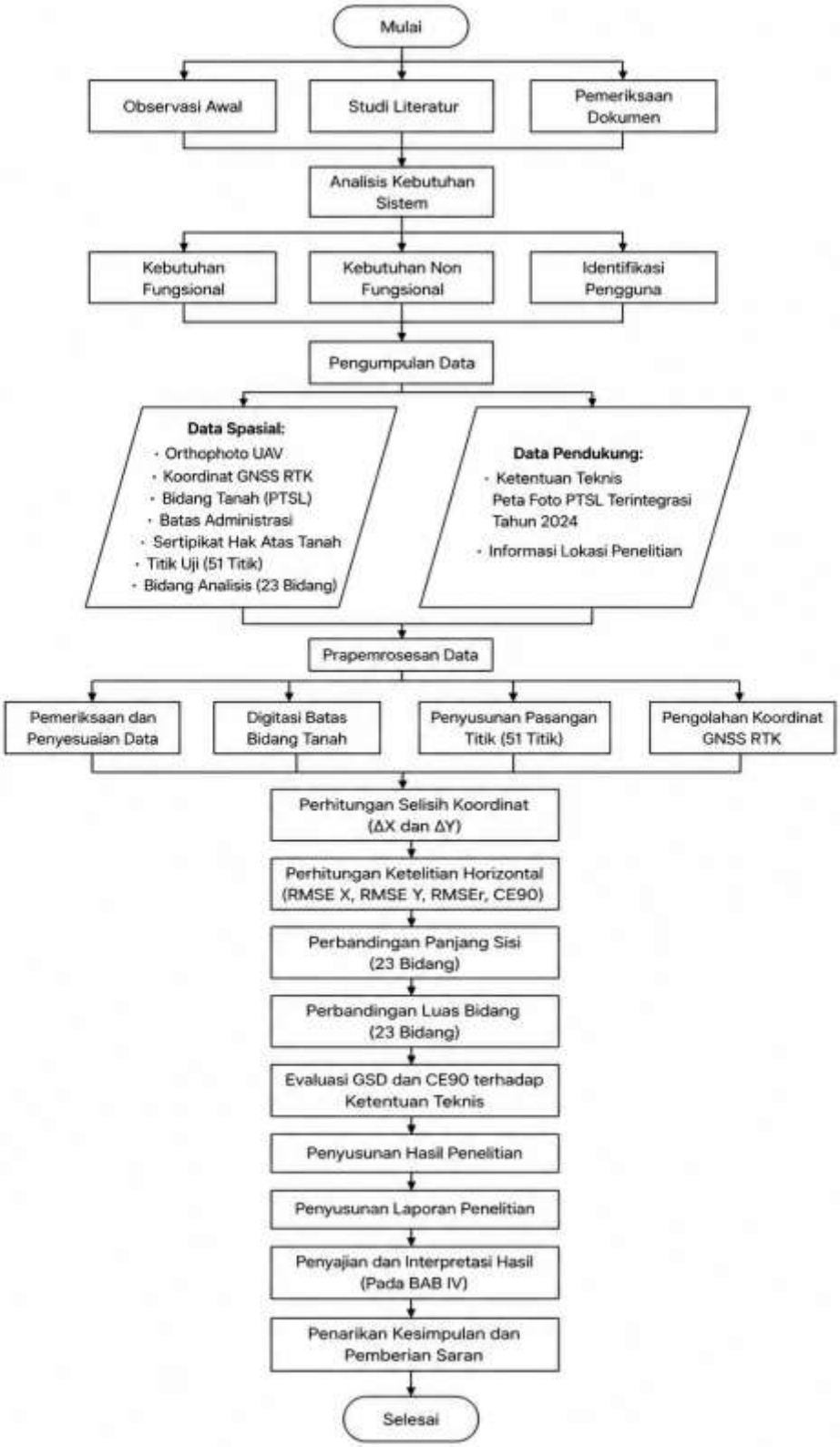
Data	Kegunaan
Orthophoto UAV	Dasar interpretasi dan digitasi batas bidang tanah
Koordinat GNSS RTK	Data acuan pengujian ketelitian horizontal
Data bidang tanah PTSL	Identifikasi bidang dan titik batas
Luas pada sertipikat	Informasi pendukung interpretasi perbedaan luas

Sumber: Hasil pengolahan data penelitian, 2026.

2.2 Metodologi

Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif komparatif. Tahapan penelitian meliputi persiapan dan studi literatur, pemeriksaan data, penyiapan orthophoto dan koordinat GNSS RTK, identifikasi titik yang bersesuaian, perhitungan selisih koordinat, pengujian ketelitian horizontal, perbandingan panjang sisi dan luas bidang tanah,

evaluasi terhadap ketentuan teknis, serta penyusunan kesimpulan. Seluruh tahapan tersebut disusun dalam diagram alir agar proses penelitian dapat direplikasi.



Gambar 2. Diagram alir penelitian.
Sumber: Hasil pengolahan data penelitian, 2026.

Selisih koordinat dihitung pada masing-masing titik menggunakan perbedaan komponen X dan Y. RMSE X dan RMSE Y digunakan untuk menggambarkan besarnya penyimpangan pada masing-masing komponen. RMSE horizontal (RMSEr) dihitung dari kombinasi RMSE X dan RMSE Y, sedangkan CE90 digunakan untuk menilai ketelitian horizontal pada tingkat kepercayaan 90 persen. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$\Delta X_i = XUAV,_i - XRTK,_i$$
$$\Delta Y_i = YUAV,_i - YRTK,_i$$
$$RMSEr = \sqrt{(RMSE^2X + RMSE^2Y)}$$
$$CE90 = 1{,}5175 \times RMSEr$$

Nilai GSD orthophoto dibandingkan dengan batas resolusi spasial yang digunakan dalam evaluasi teknis. Nilai CE90 dibandingkan dengan batas ketelitian horizontal. Pengujian penelitian difokuskan pada komponen planimetris sehingga tidak dilakukan perhitungan LE90.

Perbandingan panjang sisi dilakukan dengan menggunakan pasangan titik batas yang sama pada kedua metode. Panjang sisi dihitung dari jarak dua titik berdasarkan koordinat X dan Y. Selanjutnya, luas bidang tanah dihitung dari koordinat titik-titik batas yang membentuk poligon menggunakan metode koordinat. Perbedaan luas tidak diinterpretasikan hanya dari satu sisi, karena luas dipengaruhi oleh konfigurasi seluruh titik batas.

Dalam interpretasi data sertipikat, perbedaan luas tidak secara otomatis dianggap sebagai kesalahan hasil digitasi UAV. Data terdahulu dapat terbentuk pada waktu yang berbeda dan dapat menggunakan metode, sistem referensi, serta titik acuan yang berbeda. Apabila pengukuran terdahulu belum terikat pada jaringan referensi yang sama, termasuk kemungkinan keterikatan yang berbeda terhadap Ina-CORS, posisi dan luas yang dibandingkan dapat menunjukkan perbedaan. Oleh sebab itu, GNSS RTK digunakan sebagai data acuan utama dalam evaluasi geometrik penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengujian Ketelitian Horizontal

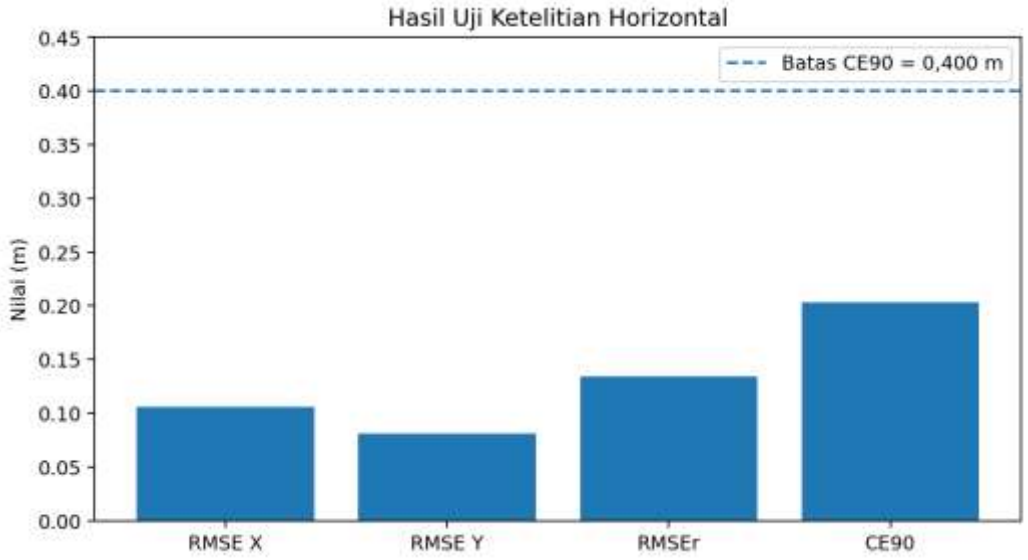
Orthophoto yang digunakan dalam penelitian mempunyai Ground Sampling Distance (GSD) sebesar 0,050 m atau sekitar 5 cm. Nilai tersebut lebih kecil daripada batas 0,120 m yang digunakan dalam evaluasi sehingga dari aspek resolusi spasial orthophoto memenuhi ketentuan. GSD memberikan informasi mengenai ukuran representasi permukaan tanah pada satu piksel dan mendukung kemampuan interpretasi objek. Namun, nilai GSD tidak dapat diperlakukan sebagai ukuran tunggal ketelitian posisi karena ketelitian geometrik juga dipengaruhi oleh kontrol, pengolahan, orientasi foto, dan sistem referensi.

Tabel 2. Hasil pengujian ketelitian horizontal

Parameter	Nilai	Batas evaluasi	Hasil
GSD	0,050 m	< 0,120 m	Memenuhi
RMSE X	0,107 m	—	—
RMSE Y	0,081 m	—	—
RMSEr	0,134 m	—	—
CE90	0,204 m	< 0,400 m	Memenuhi

Sumber: Hasil pengolahan data penelitian, 2026.

Hasil perhitungan rinci menunjukkan RMSE X sebesar 0,10690 m, RMSE Y sebesar 0,08104 m, RMSEr sebesar 0,13415 m, dan CE90 sebesar 0,20357 m. Dengan pembulatan tiga angka desimal, nilai tersebut menjadi 0,107 m, 0,081 m, 0,134 m, dan 0,204 m. Nilai CE90 lebih kecil daripada batas 0,400 m sehingga secara agregat hasil digitasi orthophoto UAV memenuhi ketentuan ketelitian horizontal yang digunakan. Temuan ini sejalan dengan penelitian yang menunjukkan bahwa orthophoto UAV dapat memenuhi persyaratan ketelitian apabila pengendalian dan konfigurasi pemotretan dikelola dengan baik [7]–[10].



Gambar 3. Hasil pengujian RMSE dan CE90.
Sumber: Hasil pengolahan data penelitian, 2026.

3.2 Perbedaan Koordinat Titik Batas

Perbandingan terhadap 51 titik menunjukkan adanya variasi selisih koordinat antara hasil digitasi orthophoto UAV dan GNSS RTK. Sebagian titik memiliki posisi yang relatif berdekatan, sedangkan beberapa titik mempunyai selisih lebih besar. Salah satu titik yang menunjukkan perbedaan relatif besar adalah Titik 39, dengan selisih komponen X sebesar −0,366 m dan komponen Y sebesar 0,019 m. Keberadaan beberapa titik dengan selisih lebih besar tidak mengubah kesimpulan agregat karena nilai ketelitian dihitung dari seluruh titik yang diuji.

Perbedaan pada titik tertentu dapat berkaitan dengan proses interpretasi batas. Batas bidang tanah tidak selalu mempunyai kenampakan fisik yang tegas pada orthophoto. Pagar, bangunan, saluran, jalan, vegetasi, dan objek permukaan lain dapat menjadi petunjuk, tetapi posisi objek yang tampak pada foto tidak selalu identik dengan titik batas hak. Hal tersebut menjadi penting karena PTSL memerlukan identifikasi batas yang dapat dipertanggungjawabkan. Penelitian sebelumnya mengenai pengukuran fotogrametri juga menunjukkan bahwa hasil pemetaan perlu diperiksa terhadap titik lapangan dan ketentuan teknis [6], [12].

Dari sisi fotogrametri, konfigurasi pemotretan dan kontrol dapat berkontribusi terhadap perbedaan posisi. Tjahjadi dkk. [7] menunjukkan bahwa konfigurasi jaringan pemotretan berkaitan dengan akurasi koordinat, sedangkan Deliry dan Avdan [9] menunjukkan pengaruh tinggi terbang serta distribusi GCP terhadap ketelitian produk UAS. Hal tersebut menunjukkan bahwa kualitas orthophoto merupakan hasil dari rangkaian akuisisi, kontrol, pengolahan, dan evaluasi, bukan semata-mata akibat resolusi citra.

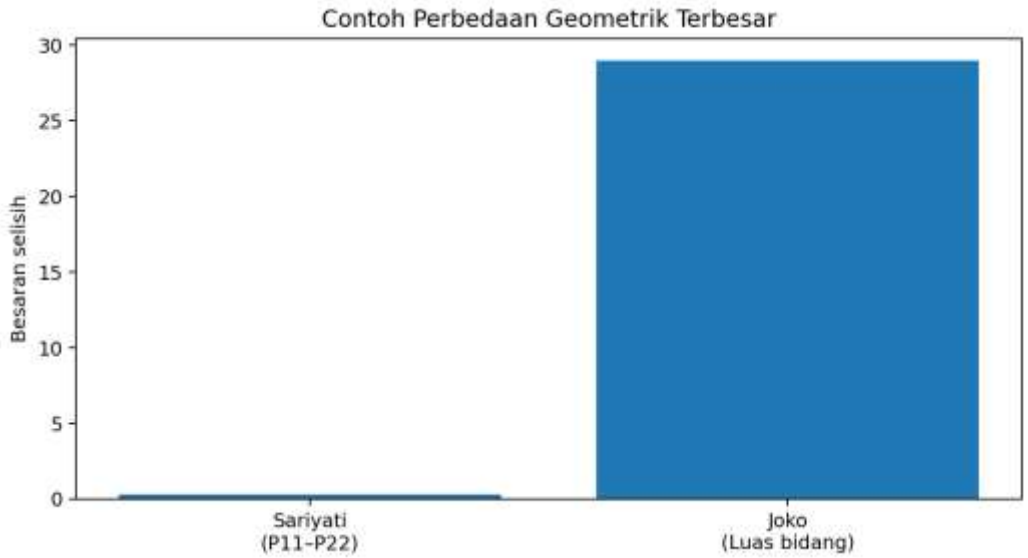
3.3 Perbandingan Panjang Sisi Bidang Tanah

Hasil perbandingan panjang sisi pada 23 bidang tanah menunjukkan adanya variasi antara GNSS RTK dan digitasi orthophoto UAV. Perbedaan terbesar terdapat pada Bidang 18 atas nama Sariyati, khususnya sisi P11–P22. Panjang sisi berdasarkan GNSS RTK adalah 156,270 m, sedangkan hasil digitasi UAV sebesar 155,960 m. Perbedaan absolutnya sebesar 0,310 m. Kondisi ini menunjukkan bahwa perbedaan posisi titik batas dapat berkontribusi terhadap perubahan panjang sisi.

Tabel 3. Perbandingan panjang sisi terbesar dan salah satu perbedaan terkecil

Bidang	Nama	Sisi	GNSS RTK (m)	UAV (m)	Selisih absolut (m)
18	Sariyati	P11–P22	156,270	155,960	0,310
6	Suparno	P40–P46	13,440	13,440	0,000

Sumber: Hasil pengolahan data penelitian, 2026.



Gambar 4. Ilustrasi perbedaan geometrik terbesar yang diamati.
Sumber: Hasil pengolahan data penelitian, 2026.

Sebagai pembanding, Bidang 6 atas nama Suparno pada sisi P40–P46 mempunyai panjang 13,440 m pada kedua metode sehingga perbedaannya 0,000 m. Variasi tersebut menunjukkan bahwa kesesuaian panjang sisi tidak seragam pada seluruh bidang. Pada bidang dengan beberapa titik batas yang mengalami perubahan posisi, perubahan panjang dapat terlihat lebih besar. Namun, hubungan antara perubahan satu sisi dan perubahan luas tidak bersifat mutlak karena luas ditentukan oleh konfigurasi seluruh titik batas.

3.4 Perbandingan Luas Bidang Tanah

Perbandingan luas menunjukkan bahwa hasil GNSS RTK dan digitasi UAV tidak selalu mempunyai nilai yang sama. Perbedaan terbesar terdapat pada Bidang 23 atas nama Joko, dengan luas 2.488 m² berdasarkan GNSS RTK dan 2.517 m² berdasarkan digitasi UAV, sehingga terdapat selisih 29 m². Perbedaan terkecil sebesar 0 m² ditemukan pada beberapa bidang, antara lain Bidang 3 Thoyib, Bidang 4 Sutikno, Bidang 7 Paiman, dan Bidang 9 Mustaqim. Rata-rata nilai absolut perbedaan luas pada 23 bidang adalah 6,217 m² per bidang.

Tabel 4. Perbedaan luas terbesar dan beberapa perbedaan terkecil

Bidang	Nama	GNSS RTK (m²)	UAV (m²)	Selisih (m²)
23	Joko	2.488	2.517	29
3	Thoyib	205	205	0
4	Sutikno	203	203	0
7	Paiman	208	208	0
9	Mustaqim	367	367	0

Sumber: Hasil pengolahan data penelitian, 2026.

Perbedaan luas tidak hanya ditentukan oleh panjang salah satu sisi, tetapi oleh konfigurasi dan posisi seluruh titik batas. Perubahan kecil pada beberapa sudut dapat mengubah bentuk poligon dan menghasilkan perubahan luas yang lebih terlihat. Oleh karena itu, perbedaan 29 m² pada Bidang 23 tidak dapat langsung dipahami sebagai kesalahan salah satu metode. Hasil tersebut perlu dibaca bersama dengan perbedaan posisi titik dan karakteristik batas bidang pada orthophoto.

3.5 Interpretasi Data Sertipikat dan Sistem Referensi

Data luas pada sertipikat digunakan dalam penelitian sebagai informasi pendukung untuk membantu menginterpretasikan hasil digitasi. Luas pada sertipikat dapat berasal dari proses pengukuran dan pemetaan yang dilakukan pada waktu berbeda dengan metode, sistem referensi, serta titik acuan yang tidak selalu sama. Oleh

karena itu, perbedaan luas sertipikat dengan hasil pengukuran GNSS RTK maupun digitasi UAV tidak secara otomatis menunjukkan kesalahan pada salah satu data.

Perbedaan juga dapat berkaitan dengan jaringan kontrol yang digunakan pada pengukuran terdahulu. Ketentuan teknis pertanahan menempatkan titik dasar teknik sebagai bagian dari pengikatan peta dasar pendaftaran [3]. Dalam perkembangan sistem referensi geospasial, pengukuran yang mempunyai keterikatan berbeda terhadap jaringan referensi dapat menghasilkan posisi yang tidak identik ketika dibandingkan dengan pengukuran yang menggunakan referensi berbeda. Kemungkinan tersebut menjadi salah satu alasan data sertipikat ditempatkan sebagai informasi pendukung, sedangkan GNSS RTK digunakan sebagai acuan utama untuk evaluasi geometrik.

Pendekatan tersebut juga sesuai dengan penelitian Prayogo [13] yang menggunakan titik kontrol lapangan untuk menilai ketelitian horizontal orthophoto UAV. Dengan menggunakan data acuan lapangan, evaluasi dapat dilakukan secara kuantitatif terhadap posisi titik. Sementara itu, informasi sertipikat dapat digunakan untuk melihat konteks historis data bidang tanah tanpa menjadikannya sebagai standar tunggal ketelitian geometrik.

3.6 Pembahasan Ketelitian dan Kelayakan Pemetaan UAV

Nilai GSD sebesar 0,050 m dan CE90 sebesar 0,204 m menunjukkan bahwa orthophoto yang digunakan memenuhi dua aspek teknis yang diuji, yaitu resolusi spasial dan ketelitian horizontal. Hasil tersebut mendukung penelitian Hariyanto dan Pakaya [4] yang menunjukkan bahwa ketelitian planimetris dan luas merupakan parameter penting dalam penggunaan foto udara UAV untuk PTSL. Hasil penelitian Salim dkk. [5] juga menunjukkan potensi UAV dalam mempercepat pemetaan bidang tanah, meskipun efektivitasnya dapat berbeda menurut kondisi penutup lahan dan keterbacaan batas.

Dari sisi kontrol kualitas, hasil penelitian Perkasa dkk. [10] memperlihatkan bahwa penggunaan titik kontrol yang baik dapat membantu peningkatan kualitas data bidang tanah. Penelitian Wijayanti dkk. [14] juga menunjukkan bahwa PPK dapat meningkatkan ketelitian geometrik produk UAV. Temuan tersebut memperkuat bahwa penerapan UAV dalam pemetaan pertanahan perlu ditempatkan sebagai suatu rangkaian kerja yang mencakup perencanaan penerbangan, kontrol posisi, pengolahan fotogrametri, pemeriksaan kualitas, dan verifikasi batas.

Perbandingan dengan GNSS RTK menunjukkan bahwa sebagian besar perbedaan berada pada skala yang masih dapat diterima secara agregat, tetapi terdapat bidang atau titik tertentu yang perlu mendapat perhatian lebih lanjut. Kondisi ini sejalan dengan penelitian Tyas [11] yang menunjukkan adanya bidang-bidang tertentu yang tidak memenuhi toleransi meskipun sebagian besar sampel memenuhi. Dengan demikian, pemenuhan ketentuan pada tingkat keseluruhan tidak berarti seluruh bidang memiliki kesesuaian geometrik identik.

Pada konteks pemetaan pertanahan, verifikasi batas tetap penting terutama ketika batas tidak terlihat jelas pada orthophoto. Penelitian Adi dkk. [6] dan Putri [12] menunjukkan bahwa pengujian terhadap hasil lapangan menjadi bagian penting dalam menilai ketelitian pemetaan bidang tanah berbasis UAV atau fotogrametri. Oleh karena itu, orthophoto UAV dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi, sedangkan GNSS RTK dan pemeriksaan lapangan dapat digunakan untuk mengendalikan titik atau bidang yang menunjukkan perbedaan relatif besar.

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa orthophoto UAV pada lokasi penelitian dapat mendukung pemetaan bidang tanah PTSL berdasarkan ketentuan ketelitian horizontal yang diuji. Namun, penggunaan UAV sebaiknya tidak dipahami sebagai pengganti mutlak pengukuran lapangan. Penerapan yang lebih tepat adalah memanfaatkan orthophoto untuk mempercepat identifikasi dan digitasi, kemudian melakukan kontrol kualitas dan pengukuran tambahan pada bagian yang batasnya tidak jelas atau menunjukkan penyimpangan relatif besar.

4. Kesimpulan

Hasil evaluasi terhadap 23 bidang tanah dan 51 titik batas di Desa Saradan menunjukkan bahwa orthophoto UAV mempunyai ketelitian horizontal yang memenuhi ketentuan teknis yang digunakan. Nilai GSD sebesar 0,050 m lebih kecil daripada batas 0,120 m, sedangkan nilai RMSE X sebesar 0,107 m, RMSE Y sebesar 0,081 m, RMSEr sebesar 0,134 m, dan CE90 sebesar 0,204 m. Nilai CE90 tersebut lebih kecil daripada batas ketelitian horizontal 0,400 m.

Perbandingan geometrik menunjukkan variasi hasil antara GNSS RTK dan digitasi orthophoto UAV. Perbedaan panjang sisi terbesar sebesar 0,310 m terdapat pada Bidang 18 atas nama Sariyati pada sisi P11–P22, sedangkan perbedaan luas terbesar sebesar 29 m² terdapat pada Bidang 23 atas nama Joko. Perbedaan tersebut

tidak secara otomatis menunjukkan kesalahan salah satu metode karena dapat dipengaruhi oleh posisi titik batas, konfigurasi poligon, interpretasi objek pada orthophoto, dan karakteristik data terdahulu.

Dengan demikian, orthophoto UAV dapat mendukung pemetaan bidang tanah pada kegiatan PTSL di lokasi penelitian, dengan syarat tetap dilakukan kontrol kualitas dan verifikasi batas. GNSS RTK tetap relevan sebagai data acuan untuk mengevaluasi ketelitian geometrik, sedangkan data luas pada sertipikat lebih tepat ditempatkan sebagai informasi pendukung karena dapat memiliki riwayat metode pengukuran, sistem referensi, dan jaringan kontrol yang berbeda.

5. Daftar Singkatan

CE90 : Circular Error 90%
GCP : Ground Control Point
GSD : Ground Sampling Distance
GNSS : Global Navigation Satellite System
ICP : Independent Check Point
PTSL : Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap
RMSE : Root Mean Square Error
RMSEr : Root Mean Square Error radial
RTK : Real-Time Kinematic
UAV : Unmanned Aerial Vehicle

6. Referensi

[1] Republik Indonesia, “Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah,” Jakarta, 1997.
[2] Republik Indonesia, “Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 18 Tahun 2021 tentang Hak Pengelolaan, Hak Atas Tanah, Satuan Rumah Susun, dan Pendaftaran Tanah,” Jakarta, 2021.
[3] Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional, “Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah,” Jakarta, 1997.
[4] T. Hariyanto and I. Pakaya, “Studi ketelitian planimetris dan luas hasil foto udara Unmanned Area Vehicle (UAV) guna menunjang kegiatan Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL): Studi kasus Desa Candi Laras Selatan dan Desa Baringin B, Kabupaten Tapin, Kalimantan Selatan,” Geoid, vol. 18, no. 2, pp. 275–284, 2023, doi: 10.12962/j24423998.v18i2.8847.
[5] M. F. H. Salim, S. Syafri, and B. Jaya, “Percepatan pemetaan bidang tanah pada program PTSL dengan menggunakan Unmanned Aerial Vehicle (UAV)/pesawat nirawak di Kabupaten Jeneponto,” Urban and Regional Studies Journal, vol. 8, no. 1, pp. 81–93, 2025, doi: 10.35965/ursj.v8i1.7660.
[6] A. A. Pratomo, Y. Prasetyo, and B. Yuwono, “Pengujian akurasi dan ketelitian planimetrik pada pemetaan bidang tanah pemukiman skala besar menggunakan wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV),” Jurnal Geodesi Undip, vol. 6, no. 1, pp. 208–217, 2017, doi: 10.14710/jgundip.2017.15383.
[7] M. E. Tjahjadi, F. D. Agustina, and R. Agnesta, “Uji akurasi koordinat dari konfigurasi jaringan pemotretan menggunakan kamera non metrik: Studi kasus di Pandansari, Ngantang, Kabupaten Malang,” Prosiding SEMSINA, vol. 3, no. 1, pp. 81–89, 2022, doi: 10.36040/semsina.v3i1.4996.
[8] U. A. Abdalla, C. Dewi, and R. Anisa, “Kajian ketelitian planimetrik dan geometrik peta foto udara dengan variasi tinggi terbang UAV,” Datum: Journal of Geodesy and Geomatics, vol. 5, no. 1, pp. 13–22, 2025, doi: 10.23960/datum.v5i1.6815.
[9] S. I. Deliry and U. Avdan, “Accuracy assessment of UAS photogrammetry and structure from motion in surveying and mapping,” International Journal of Engineering and Geosciences, vol. 9, no. 2, pp. 165–190, 2024, doi: 10.26833/ijeg.1366146.
[10] D. Perkasa, T. Nugroho, and S. Widiyantoro, “Akurasi dan efektivitas block adjustment menggunakan titik kontrol peta foto untuk peningkatan kualitas data bidang tanah studi kasus di Kabupaten Sleman,” Kadaster: Journal of Land Information Technology, vol. 3, no. 1, pp. 57–70, 2025, doi: 10.31292/kadaster.v3i1.53.
[11] R. P. N. Tyas, “Perbandingan peta bidang tanah metode GNSS RTK Radio dan deliniasi orthophoto Desa Tulusrejo, Kecamatan Grabag, Kabupaten Purworejo,” Tugas Akhir, Universitas Gadjah Mada, 2020.

[12] D. A. Putri, "Uji akurasi peta bidang tanah hasil pengukuran fotogrametris kegiatan Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL): Studi di Desa Paketingan, Kecamatan Sampang, Kabupaten Cilacap," Diploma Thesis, Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, 2024.
[13] A. Prayogo, "Uji akurasi peta orthophoto UAV tahun 2023 dan 2024 guna pembuatan peta bidang tanah di Kantor Pertanahan Kabupaten Tegal," Diploma Thesis, Politeknik Agraria STPN, 2026.
[14] R. F. Wijayanti, N. S. Kaffa, T. Kusetiyohadi, H. Sijabat, A. P. Putra, S. E. Prabawa, and Y. Susilo, "Utilizing Post Processing Kinematic (PPK) Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to accelerate detailed land mapping," Jurnal Geosaintek, 2025, doi: 10.12962/j25023659.v11i2.7566.
[15] Badan Standardisasi Nasional, "SNI 8202:2019 Ketelitian Peta Dasar," Jakarta, 2019.