



UJI AKURASI ORTFOTO DAN DEM DARI FOTO UDARA UAV BERDASARKAN VARIASI JUMLAH GROUND CONTROL POINT

(ACCURACY ASSESSMENT OF UAV-DERIVED ORTHOPHOTOS AND DEMS BASED ON VARIATIONS IN THE NUMBER OF GROUND CONTROL POINTS)

Novel Herini^{1*}, Ahmad Ridho Sastra², Rahma Anisa³

¹ Program Studi Survei dan Pemetaan, Universitas Indo Global Mandiri, Jl. Sudirman, Km.4 No. 62, Kota Palembang, Indonesia

² Program Studi Teknik Geomatika, UOuniversitas Indo Global Mandiri, Jl. Jend. Sudirman, Km.4 No. 62, Kota Palembang, Indonesia

³ Program Studi Teknik Geodesi, Universitas Lampung, Jl. Prof Dr. Sumantri Brojonegoro No. 1, Gd. A, Indonesia

* Corresponding author : novelherini878@gmail.com

Received: May 22, 2026; Accepted: Jun 25, 2026.

Abstrak

Penelitian ini membandingkan dua jumlah Titik Kontrol Tanah (GCP), yaitu 8 titik dan 6 titik, untuk memverifikasi tingkat akurasi ortofoto dan Model Ketinggian Digital (DEM) yang dibuat dari foto udara menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Agisoft Metashape dan ArcMap 10.8 digunakan untuk pengolahan data, dan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 6 Tahun 2018 digunakan untuk penilaian akurasi. Drone DJI Mavic 2 Pro dan GPS Geodetik Comnav T300 digunakan dalam penelitian ini, yang dilakukan di Kecamatan Ilir Timur Dua, Kota Palembang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa standar peta kelas 1 skala 1:25.000 terpenuhi dengan menggunakan 8 GCP (*Ground Control Points*), yang menghasilkan akurasi horizontal 1,0697 m dan akurasi vertikal 5,8815 m. Sementara itu, standar kelas 2 tercapai pada skala yang sama dengan akurasi horizontal 3,9337 m dan akurasi vertikal 6,2813 m ketika enam GCP digunakan. Keakuratan geometris ortofoto dan DEM (*Digital Elevation Model*) sangat dipengaruhi oleh jumlah GCP, seperti yang ditunjukkan oleh nilai *Root Mean Square Error* (RMSE). Model fotogrametri yang dihasilkan lebih stabil ketika GCP tersebar lebih merata. Untuk meningkatkan kualitas produk pemetaan berbasis UAV, penelitian ini menawarkan saran untuk memanfaatkan jumlah GCP yang ideal.

Kata Kunci: UAV, Ortofoto, DEM, Akurasi, GCP

Abstract

This study compared two numbers of Ground Control Points (GCPs), namely 8 points and 6 points, to verify the accuracy level of orthophotos and Digital Elevation Models (DEMs) created from aerial photographs using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Agisoft Metashape and ArcMap 10.8 were used for data processing, and Regulation of the Head of the Geospatial Information Agency (BIG) Number 6 of 2018 was used for accuracy assessment. DJI Mavic 2 Pro drone and Comnav T300 Geodetic GPS were used in this study, which was conducted in Ilir Timur Dua District, Palembang City. The results showed that the standard of a class 1 map at a scale of 1:25,000 was met by using 8 GCPs (*Ground Control Points*), which resulted in a horizontal accuracy of 1.0697 m and a vertical accuracy of 5.8815 m. Meanwhile, the class 2 standard was achieved at the same scale with a horizontal accuracy of 3.9337 m and a vertical accuracy of 6.2813 m when six GCPs were used. The geometric accuracy of orthophotos and Digital Elevation Models (DEMs) is significantly influenced by the number of GCPs, as indicated by the *Root Mean Square Error* (RMSE) value. The resulting photogrammetric model is more stable when the GCPs are more evenly distributed. To improve the quality of UAV-based mapping products, this study offers suggestions for utilizing the ideal number of GCPs.

Keywords: UAV, Orthophoto, DEM, Accuracy, GCP

1. PENDAHULUAN

Survei dan pemetaan sangat dipengaruhi oleh kemajuan teknologi. Pemanfaatan teknologi modern menjadi faktor penting dalam meningkatkan kualitas hasil pekerjaan manusia, terutama dalam menghasilkan data spasial yang akurat dan efisien. Salah satu bentuk kemajuan tersebut adalah penggunaan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) untuk kegiatan pemetaan dan survei wilayah. Pada awalnya, UAV hanya digunakan dalam bidang fotografi untuk menghasilkan citra udara yang bersifat artistik, namun saat ini citra yang dihasilkan dapat dimanfaatkan untuk berbagai kebutuhan pemetaan dan analisis geospasial. Pengembangan UAV dalam bidang fotogrametri menunjukkan bahwa teknologi ini semakin berperan penting dalam proses akuisisi data spasial modern (Aji dkk., 2019).

UAV merupakan teknologi terbaru dalam pemetaan yang memiliki beberapa keunggulan dibandingkan metode konvensional, di antaranya mampu menyelesaikan pekerjaan dalam waktu relatif cepat, mudah dioperasikan, memiliki mobilitas tinggi, serta mampu menghasilkan tingkat akurasi yang cukup baik (Wolf, 1993). Keunggulan tersebut menjadikan UAV sebagai alternatif yang efektif untuk mendukung kegiatan pemetaan skala besar maupun kecil, terutama pada wilayah yang sulit dijangkau melalui metode survei terestris.

Salah satu produk utama dari teknik fotogrametri berbasis UAV adalah ortofoto. Ortofoto merupakan citra yang telah dikoreksi secara geometrik sehingga dapat merepresentasikan posisi objek sebenarnya di permukaan bumi. Oleh karena itu, ketelitian geometri menjadi aspek paling penting yang harus diperhatikan dalam proses pembuatan ortofoto agar informasi spasial yang dihasilkan dapat dipercaya dan digunakan dalam berbagai aplikasi pemetaan (Al Amin, 2017).

Dalam upaya meningkatkan ketelitian tersebut, *Ground Control Point* (GCP) berperan sebagai referensi koordinat yang diketahui secara akurat di lapangan. Keberadaan GCP diketahui memiliki pengaruh yang signifikan terhadap akurasi ortofoto, karena membantu proses georeferensi dan kalibrasi model fotogrametri sehingga kesalahan posisi dapat diminimalkan (Agustina, 2021). Meningkatnya kebutuhan akan ortofoto dengan tingkat presisi tinggi juga mendorong penggunaan pesawat tanpa awak sebagai wahana utama dalam pengambilan data.

Selain ortofoto, produk lain yang dihasilkan dari fotogrametri UAV adalah *Digital Elevation Model* (DEM). DEM merupakan data digital yang merepresentasikan informasi ketinggian suatu wilayah dalam bentuk raster atau vektor sehingga mampu menggambarkan topografi permukaan bumi melalui titik-titik tiga dimensi (Hidaya dkk., 2016). Dalam praktiknya, sumber DEM dari metode fotogrametri perlu dievaluasi berdasarkan tingkat keakuratan nilai elevasi agar dapat digunakan sebagai acuan yang terpercaya dalam kegiatan survei topografi maupun perencanaan konstruksi (Sastra dkk., 2023).

Namun demikian, kesalahan dapat terjadi baik pada tahap pengambilan foto udara maupun selama proses pengolahan data, yang berpotensi menghasilkan produk ortofoto dan DEM dengan tingkat akurasi rendah. Oleh sebab itu, uji akurasi menjadi langkah penting untuk memastikan bahwa hasil pemetaan sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan dan dapat digunakan secara andal dalam berbagai kebutuhan geospasial. Metode yang umum digunakan untuk melihat ketelitian adalah *Root Mean Square Error* (RMSE), yaitu indikator statistik yang menilai rata-rata kesalahan antara posisi hasil pemetaan dengan data referensi, baik secara horizontal maupun vertikal (Alves, 2019).

Seiring meningkatnya pemanfaatan UAV dalam pemetaan, kebutuhan terhadap standar ketelitian juga semakin penting. Evaluasi akurasi ortofoto dan DEM diperlukan agar produk yang

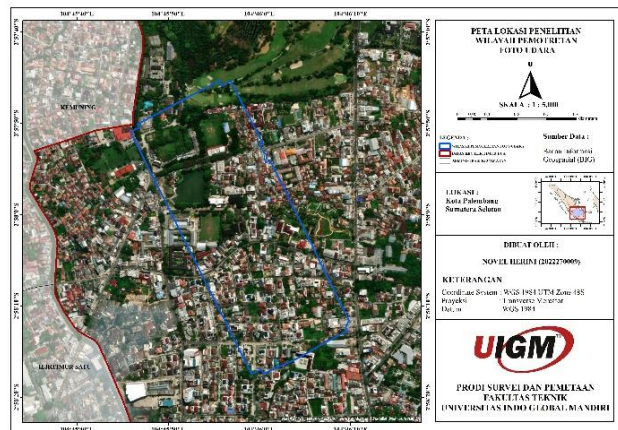
dihasilkan memenuhi standar pemetaan yang berlaku serta dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan (Abidin, 2016). Penelitian ini berfokus pada pengujian akurasi ortofoto dan DEM yang dihasilkan dari foto udara dengan membandingkan penggunaan dua skenario jumlah GCP, yaitu 8 titik dan 6 titik. Melalui pengujian tersebut diharapkan dapat diperoleh informasi mengenai tingkat ketepatan hasil pemetaan fotogrametri serta faktor-faktor yang mempengaruhi akurasi produk spasial.

Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018, temuan studi ini diharapkan dapat meningkatkan kualitas ortofoto dan DEM serta dapat dipertimbangkan oleh praktisi survei dalam menentukan jumlah GCP ideal untuk menghasilkan produk pemetaan yang akurat. Selain itu, studi ini diharapkan dapat menjadi sumber daya bagi para akademisi dan profesional yang menggunakan foto udara untuk analisis dan pemetaan geospasial.

2. KONDISI WILAYAH PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Kecamatan Ilir Timur Dua, Kota Palembang, Sumatera Selatan. Wilayah ini memiliki luas sekitar 27,92 km² dan merupakan kawasan perkotaan dengan karakteristik permukiman, badan air, serta infrastruktur jalan. Kondisi topografi yang relatif bervariasi menjadikan wilayah ini sesuai untuk pengujian akurasi produk fotogrametri.

Secara administratif, batas-batas Kabupaten Ilir Timur Dua sangat jelas: berbatasan dengan Kecamatan Sako di utara, Kecamatan Kalidoni di timur, Sungai Musi dan Kecamatan Seberang Ulu Dua di selatan, dan Kecamatan Ilir Timur Satu di barat. Keberadaan Sungai Musi sebagai salah satu batas wilayah menunjukkan bahwa kawasan ini memiliki unsur bentang alam berupa badan air yang berpotensi mempengaruhi kondisi topografi serta proses pemetaan udara.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

3. DATA DAN METODE

Penelitian ini bertujuan untuk menguji tingkat akurasi ortofoto dan Digital Elevation Model (DEM) yang dihasilkan dari pengolahan foto udara berbasis *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Metode penelitian disusun secara sistematis mulai dari tahap persiapan, pengumpulan data, pengolahan foto udara, hingga pengujian ketelitian geometrik dengan mengacu pada standar Peraturan Kepala BIG No. 6 Tahun 2018.

3.1. Alat dan Bahan Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini didukung oleh berbagai perangkat yang berperan penting dalam proses akuisisi serta pengolahan data fotogrametri. Perangkat lunak yang digunakan meliputi Agisoft Metashape Pro yang berfungsi untuk melakukan pengolahan foto udara menjadi produk spasial, serta ArcMap 10.8 yang digunakan dalam pembuatan peta dan pengujian akurasi data. Selain itu, Microsoft Word dimanfaatkan untuk penyusunan laporan, sedangkan Microsoft Excel digunakan dalam proses perhitungan uji ketelitian. merata pada area penelitian untuk meminimalkan distorsi geometrik.

Perangkat keras yang digunakan terdiri dari drone DJI Mavic 2 Pro sebagai wahana utama dalam pengambilan foto udara di lapangan. Pengukuran titik kontrol dilakukan menggunakan GPS Geodetic Comnav T300 yang

berfungsi sebagai base dan rover untuk memperoleh koordinat GCP dan ICP. Tripod statif digunakan sebagai penyangga alat GPS saat pengamatan statik agar stabil, sedangkan remote controller berfungsi untuk mengendalikan penerbangan drone serta mengatur proses pengambilan data. Premark digunakan sebagai penanda titik GCP dan ICP sehingga mudah dikenali pada citra udara, sementara laptop digunakan untuk pengolahan data serta penyusunan hasil penelitian.

Bahan utama dalam penelitian ini berupa foto udara hasil pemotretan menggunakan drone, data koordinat GCP dan ICP yang diperoleh melalui pengukuran GPS geodetik, serta data administrasi batas Kecamatan dan Kota Palembang yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Ketersediaan bahan tersebut menjadi dasar dalam proses pengolahan fotogrametri sekaligus mendukung analisis ketelitian produk spasial yang dihasilkan.

3.2. Pengolahan Data Fotogrametri

Pengolahan citra dilakukan menggunakan Agisoft Metashape melalui pendekatan *Structure from Motion* (SfM), yaitu metode rekonstruksi tiga dimensi berbasis pencocokan fitur pada citra bertampalan. Proses ini menghasilkan produk spasial seperti awan titik, DEM, dan ortofoto yang telah memiliki referensi geospasial (Sari dkk., 2019).

Tahapan utama meliputi penyelarasan citra untuk mengestimasi posisi kamera dan membentuk *sparse point cloud*, integrasi koordinat GCP melalui bundle adjustment guna meningkatkan akurasi absolut, pembentukan *dense point cloud* untuk merepresentasikan detail permukaan, serta pembuatan DEM dan orthomosaic melalui proses ortorektifikasi. Hasil akhir berupa ortofoto dan DEM kemudian digunakan dalam analisis ketelitian geometrik.

3.3. Uji Ketelitian Geometrik

Evaluasi akurasi dilakukan dengan membandingkan koordinat hasil pemetaan terhadap koordinat lapangan pada tujuh titik ICP yang diukur menggunakan GNSS. Selisih koordinat tersebut digunakan untuk menghitung kesalahan posisi horizontal dan vertikal (Hayati, E. N., Laurens, H., Trianda, O., Sugarbo, O., & Deliana, 2023).

Analisis ketelitian menggunakan parameter *Root Mean Square Error* (RMSE) yang menggambarkan deviasi rata-rata antara koordinat hasil pemetaan dan koordinat referensi sebenarnya (BIG, 2018). Perhitungan berdasarkan rumus:

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_r \dots\dots\dots (1)$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSE_z \dots\dots\dots (2)$$

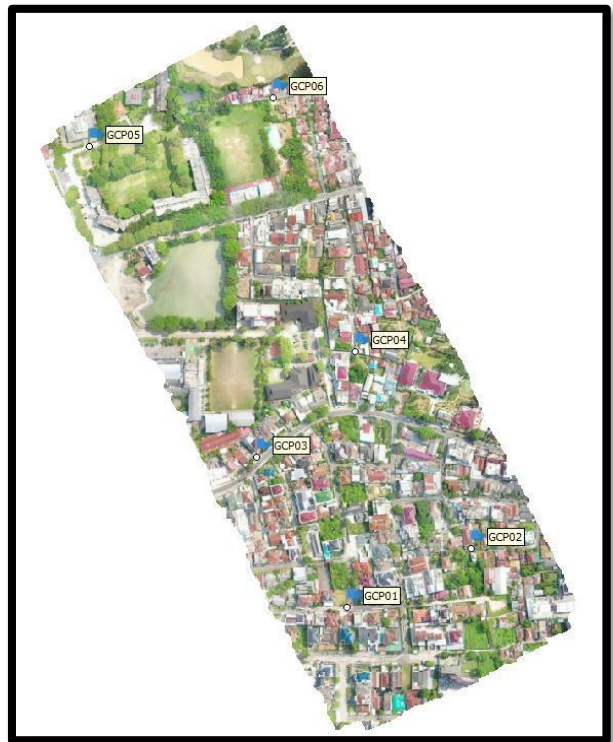
Hasil perhitungan tersebut selanjutnya dibandingkan dengan standar ketelitian geometri peta RBI guna menentukan kelas akurasi ortofoto dan DEM yang dihasilkan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

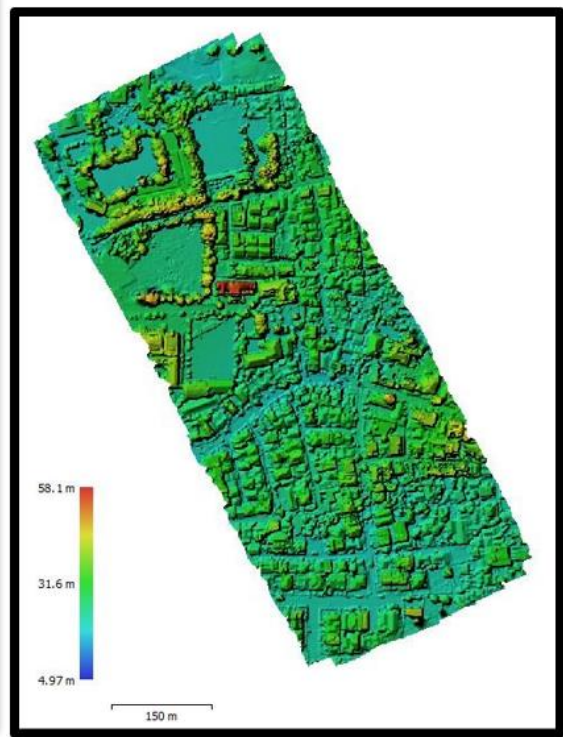
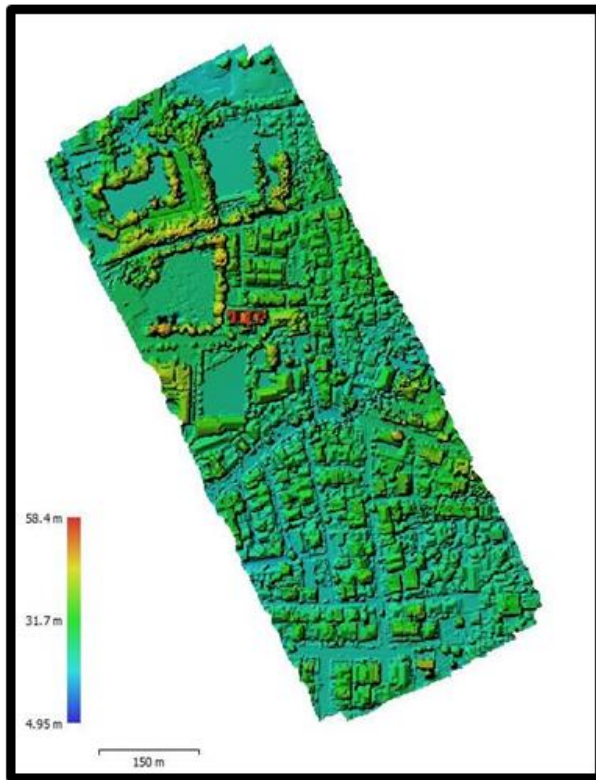
Pada penelitian ini dilakukan pengujian ketelitian geometrik ortofoto dan *Digital Elevation Model* (DEM) dengan dua skenario jumlah *Ground Control Point* (GCP), yaitu 8 titik dan 6 titik. Evaluasi dilakukan menggunakan 7 *Independent Control Point* (ICP) untuk mengetahui tingkat kesalahan posisi horizontal maupun vertikal dari produk fotogrametri yang dihasilkan.

4.1. Hasil Pengolahan Foto Udara

Pengolahan foto udara menggunakan Agisoft Metashape menghasilkan produk berupa ortofoto dan DEM yang telah memiliki referensi koordinat geografis. Ortofoto yang dihasilkan menunjukkan posisi objek yang telah terkoreksi secara geometrik sehingga dapat digunakan untuk kebutuhan pemetaan skala besar. Sementara itu, DEM mampu merepresentasikan variasi elevasi permukaan wilayah penelitian secara digital.



Gambar 2. (a).Ortofoto 8 Titik GCP dan (b).Ortofoto 6 Titik GCP



Gambar 3. (a). Hasil DEM 8 Titik GCP dan (b). DEM 6 Titik GCP

Ortofoto menggunakan 8 dan 6 GCP yang dihasilkan memiliki resolusi spasial tinggi dengan distorsi geometrik yang telah terkoreksi melalui proses ortorektifikasi. Detail objek permukaan seperti bangunan, jaringan jalan, dan tutupan lahan dapat teridentifikasi dengan jelas, yang menunjukkan bahwa proses image matching dan bundle adjustment berjalan secara optimal. Ketelitian posisi pada ortofoto ini menjadi faktor penting dalam mendukung analisis spasial serta pengujian akurasi horizontal pada penelitian.

Digital Elevation Model (DEM) yang dihasilkan dari pengolahan foto udara berbasis UAV mampu merepresentasikan variasi ketinggian permukaan wilayah penelitian secara kontinu. Model elevasi terbentuk dari proses interpolasi *dense point cloud* yang telah melalui tahap optimasi menggunakan *Ground Control Point* (GCP), sehingga memiliki referensi vertikal yang lebih akurat. Secara visual, permukaan model menunjukkan minimnya noise dan tidak terdapat void yang signifikan, yang mengindikasikan bahwa kualitas rekonstruksi tiga dimensi berjalan dengan baik.

Model ini memudahkan untuk membedakan perbedaan ketinggian antara berbagai objek seperti permukaan tanah, struktur, dan infrastruktur lainnya. Hal ini membuktikan bahwa DEM akhir memiliki presisi dan resolusi yang diperlukan untuk merepresentasikan medan wilayah penelitian secara akurat. Untuk memungkinkan analisis akurasi vertikal, keandalan ketinggian model sangat penting, terutama saat menilai nilai *Root Mean Square Error* (RMSE_z) dan *Linear Error* 90 (LE₉₀).

4.2. Uji Akurasi Ketelitian Pengolahan Foto Udara

Tujuan dari uji akurasi ini adalah untuk menentukan akurasi geometri, ortofoto, dan DEM yang dihasilkan. Berikut adalah hasil uji

akurasi geometris yang dilakukan pada ortofoto dan DEM akhir. Tujuh lokasi ICP (*Independent Control Point*) diidentifikasi menggunakan pengukuran lapangan dengan menggunakan Geodetik GNSS dengan koordinat (x, y, dan z) untuk melaksanakan pengujian. Perbedaan antara koordinat lapangan dan koordinat ortofoto dari ICP di tujuh tempat pengujian kemudian digunakan untuk menghitung uji akurasi geometris horizontal dari data ortofoto dan data DEM vertikal yang diproses oleh aplikasi Agisoft Metashape.

Root Mean Square Error (RMSE), sering dikenal sebagai *Circular Error* (CE) dan *Linier Error* (LE), digunakan untuk mengukur akurasi. Koordinat (X, Y, dan Z) titik uji dan lokasi tepatnya di lapangan harus dipertimbangkan saat memetakan dalam tiga dimensi. *Root Mean Square Error* (RMSE), yang mencirikan perbedaan nilai antara titik uji dan titik sebenarnya, digunakan dalam analisis akurasi posisi. Akurasi digambarkan dengan *Root Mean Square Error* (RMSE), yang mencakup kesalahan acak dan sistematis (BIG, 2018). Table 1 menampilkan hasil perhitungan akurasi ortofoto dan DEM dari hasil pengolahan yang menggunakan 8 Titik GCP dan 6 Titik GCP.

Tabel 1 menunjukkan hasil perhitungan uji ketelitian menggunakan 7 titik *Independent Control Point* (ICP). Pada Tabel 1, perhitungan horizontal memperlihatkan adanya selisih antara koordinat ortofoto hasil foto udara dengan koordinat yang diukur langsung di lapangan. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, selisih terbesar terdapat pada titik ICP07 sebesar 1,427 m, sedangkan selisih terkecil berada pada titik ICP04 sebesar 0,004 m. Nilai RMSE_r yang diperoleh dari penelitian ini adalah 0,7049 m, dengan nilai CE₉₀ sebesar 1,0697 m.

Pada perhitungan vertikal juga ditemukan selisih antara nilai elevasi DEM hasil foto

udara dan hasil pengukuran lapangan. Selisih terbesar terdapat pada titik ICP05 sebesar 32,9798 m, sedangkan selisih terkecil berada pada titik ICP04 sebesar 0,0189 m. Nilai RMSEz yang diperoleh adalah 3,5648 m, dengan nilai LE90 sebesar 5,8815 m. Berdasarkan Peraturan Kepala BIG No. 6 Tahun 2018, nilai akurasi horizontal sebesar

1,0697 m dan akurasi vertikal sebesar 5,8815 m menunjukkan bahwa hasil pemetaan telah memenuhi standar ketelitian peta RBI. Oleh karena itu, produk ortofoto dan DEM yang dihasilkan termasuk dalam kelas 1 untuk skala 1:25.000, sehingga layak digunakan sebagai data dasar pemetaan.

Tabel 1. Nilai Akurasi Ortofoto dan DEM (8 Titik GCP)

ICP	ICP PENGUKURAN LAPANGAN			ICP FOTO UDARA			dX	dY	dZ	dX ²	dY ²	dX ² + dY ²	dZ ²
	X	Y	Z	X	Y	Z							
ICP01	473986.370	9671838.817	20.2248	473986.562	9671838.768	18.8436	0.192	-0.049	1.381	0.037	0.002	0.039	1.9077
ICP02	474083.033	9671922.459	20.6868	474082.465	9671922.392	22.2892	-0.568	-0.067	-1.602	0.323	0.004	0.327	2.5677
ICP03	474136.480	9671873.562	20.4178	474135.950	9671873.392	22.3284	-0.530	-0.170	-1.911	0.281	0.029	0.310	3.6504
ICP04	474031.801	9672042.612	20.4398	474031.838	9672042.661	20.5774	0.037	0.049	-0.138	0.001	0.002	0.004	0.0189
ICP05	473780.151	9672169.248	20.4427	473780.404	9672168.367	26.1855	0.253	-0.881	-5.743	0.064	0.7762	0.840	32.9798
ICP06	473927.790	9672228.780	20.4337	473928.209	9672228.184	25.3268	0.419	-0.596	-4.893	0.176	0.355	0.531	23.9424
ICP07	474065.917	9672216.087	20.5027	474066.796	9672215.278	25.3900	0.879	-0.809	-4.887	0.773	0.654	1.427	23.8857
Jumlah												3.478	88.9526
Rata - Rata												0.497	12.7075
RMSE												0.70490	3.5648
Akurasi Horizontal												1.0697	
Akurasi Vertikal													5.8815

Tabel 2. Nilai Akurasi Ortofoto dan DEM (6 Titik GCP)

ICP	ICP PENGUKURAN LAPANGAN			ICP FOTO UDARA			dX	dY	dZ	dX ²	dY ²	dX ² + dY ²	dZ ²
	X	Y	Z	X	Y	Z							
ICP01	473986.370	9671838.817	20.2248	473987.027	9671836.089	21.8249	0.657	-2.728	-1.600	0.432	7.442	7.874	2.5603
ICP02	474083.033	9671922.459	20.6868	474085.909	9671920.989	23.1258	2.876	-1.470	-2.439	8.271	2.161	10.432	5.9487
ICP03	474136.480	9671873.562	20.4178	474140.288	9671870.48	25.1319	3.808	-3.082	-4.714	14.501	9.499	24.000	22.2227
ICP04	474031.801	9672042.612	20.4398	474031.879	9672042.668	20.4782	0.078	0.056	-0.038	0.006	0.003	0.009	0.0015
ICP05	473780.151	9672169.248	20.4427	473779.616	9672168.216	26.1508	-0.535	-1.032	-5.708	0.286	1.0650	1.351	32.5824
ICP06	473927.790	9672228.780	20.4337	473928.191	9672228.331	24.6365	0.401	-0.449	-4.203	0.161	0.202	0.362	17.6635
ICP07	474065.917	9672216.087	20.5027	474067.491	9672215.358	25.0279	1.574	-0.729	-4.525	2.477	0.531	3.009	20.4774
Jumlah												47.037	101.4566
Rata - Rata												6.720	14.4938
RMSE												2.59222	3.8071
Akurasi Horizontal												3.9337	
Akurasi Vertikal													6.2813

Pada tabel 2 ortofoto dan DEM yang dihasilkan dari pengolahan menggunakan 6

titik GCP. Hasil yang di dapatkan dari perhitungan, nilai akurasi yang tertinggi pada

titik ICP03 dengan nilai 24.000 m dan nilai terendah pada titik ICP04 dengan nilai 0.009 m. Perhitungan nilai RMSEr dari penelitian ini didapatkan sebesar 2.5922 m dan nilai CE90 yang di hasilkan penelitian ini sebesar 3.9337 m. Hasil perhitungan vertikal didapatkan selisih antara DEM foto udara dan nilai yang di ukur di lapangan. Nilai tertinggi dari hasil perhitungan tersebut terdapat di titik ICP05 dengan nilai 32.5824 m dan nilai terendah dititik ICP04 dengan nilai 0.0015 m. Perhitungan nilai RMSEz dari penelitian ini didapatkan sebesar 3.8071 m dan nilai LE90 yang di hasilkan sebesar 6.2813 m. Nilai tabel 2 diatas merupakan hasil dari perhitungan yang sudah di tetapkan oleh Perka BIG No.6 Tahun 2018, dengan nilai Akurasi Horizontal

3.9337 m dan Akurasi Vertikal 6.2813 m yang masuk kedalam standar RBI sehingga masuk di dalam kelas 2 dengan skala 1:25.000.

4.3. Evaluasi Perbandingan 8 Titik GCP dengan 6 Titik GCP

Ground Control Point (GCP) merupakan titik referensi yang memiliki koordinat akurat dan digunakan dalam proses georeferensi model fotogrametri. Jumlah dan distribusi GCP sangat mempengaruhi ketelitian ortofoto dan *Digital Elevation Model* (DEM). Pada penelitian ini dilakukan perbandingan antara penggunaan 8 titik GCP dan 6 titik GCP untuk mengetahui pengaruhnya terhadap akurasi horizontal dan vertikal.

Tabel 3. Perbandingan Akurasi Penggunaan 8 Titik GCP dan 6 Titik GCP

Jumlah Titik	GSD	RMSE		CE90	LE90	Standar PerkaBIG No.6 Th 2018		Standar Ketelitian
		RMSEr	RMSEz			Kelas	Skala	Skala
8 GCP	1.85 cm/pix	0.7049	3.5648	1.0697	5.8815	1	1 : 25.000	1 : 5.000
6 GCP	1.86 cm/pix	2.5922	3.8071	3.9337	6.2813	2	1 : 25.000	1 : 5.000

Hasil pengolahan menunjukkan bahwa penggunaan 8 titik GCP menghasilkan nilai RMSEr 0,7049 m dan RMSEz 3,5648 m, lebih rendah dibandingkan dengan 6 titik GCP yang memiliki RMSEr 2,5922 m dan RMSEz 3,8071 m. Nilai RMSE yang lebih kecil menunjukkan tingkat kesalahan posisi yang lebih rendah sehingga model yang dihasilkan lebih akurat. Jumlah GCP yang lebih banyak membuat distribusi titik kontrol menjadi lebih merata dan meningkatkan stabilitas geometri model, sehingga kesalahan posisi horizontal maupun vertikal dapat diminimalkan. Sebaliknya, penggunaan 6 titik GCP berisiko menimbulkan distorsi pada area yang jauh dari titik kontrol. Namun demikian, penambahan

GCP hanya efektif hingga mencapai jumlah optimal, karena setelah model stabil peningkatan akurasi cenderung tidak signifikan.

Berdasarkan Peraturan Kepala BIG No. 6 Tahun 2018, nilai CE90 sebesar 1,0697 m sebenarnya telah memenuhi standar ketelitian horizontal untuk skala 1:5.000. Akan tetapi, pada penelitian ini peta diklasifikasikan pada skala 1:25.000 guna menjaga keandalan data. Hal ini dipengaruhi oleh keterbatasan distribusi GCP serta kendala pengukuran GNSS di lapangan, di mana beberapa titik masih berstatus float sehingga berpotensi menurunkan ketelitian koordinat.

Dari sisi efisiensi, penggunaan 6 titik GCP masih dapat diterapkan untuk pemetaan bersifat umum dengan kebutuhan akurasi menengah. Namun, untuk pekerjaan yang memerlukan ketelitian tinggi, penggunaan 8 titik GCP lebih direkomendasikan karena mampu menghasilkan produk fotogrametri yang lebih stabil dan presisi. Oleh karena itu, penentuan jumlah GCP sebaiknya disesuaikan dengan kebutuhan akurasi, skala peta, serta kondisi lapangan agar diperoleh hasil pemetaan yang optimal.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pembuatan ortofoto dan *Digital Elevation Model* (DEM) dari foto udara dilakukan melalui tahapan teknis yang sistematis menggunakan drone DJI Mavic 2 Pro dan perangkat lunak Agisoft Metashape. Proses ini meliputi pengambilan foto udara, impor data foto, penempatan *Ground Control Points* (GCP) hasil pengukuran lapangan, *alignment* melalui photo matching dan *point cloud*, optimisasi kamera, pembuatan *dense point cloud*, hingga pembentukan DEM dan ortomosaic. Seluruh tahapan dilakukan sesuai dengan standar PerkaBIG No.6 Tahun 2018 untuk memastikan akurasi geometrik yang memenuhi standar pemetaan resmi.

Hasil uji akurasi ortofoto dan DEM dengan 8 titik GCP mendapatkan nilai RMSEr senilai 0.7049 m. Perhitungan CE90 menghasilkan nilai Akurasi Horizontal sebesar 1.0697 dan nilai RMSEz senilai 3.5648 m. Perhitungan LE90 menghasilkan nilai Akurasi Vertikal sebesar 5.8815 mendapatkan peta kelas 1 dengan skala 1:25.000. Hasil uji akurasi ortofoto dan DEM dengan 6 titik GCP mendapatkan nilai RMSEr senilai 2.59222 m. Perhitungan CE90 menghasilkan nilai Akurasi Horizontal sebesar 3.9337 m dan nilai RMSEz senilai 3.8071 m. Perhitungan LE90 menghasilkan nilai Akurasi Vertikal sebesar

6.2813 m mendapatkan peta kelas 2 dengan skala 1:25.000, namun penggunaan 8 titik GCP direkomendasikan sebagai jumlah yang optimal karena memberikan tingkat akurasi yang lebih tinggi.

6. ACKNOWLEDGEMENTS

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada Universitas Indo Global Mandiri dan semua pihak yang telah membantu dalam penelitian ini.

7. REFERENCES

- Abidin, D.H.Z., 2016. PENENTUAN POSISI DENGAN GPS DAN APLIKASINYA. Etika Jurnalisme Pada Koran Kuning : Sebuah Studi Mengenai Koran Lampu Hijau, 16(2), 39–55.
- AGUSTINA, F.D., 2021. Evaluasi Uji Perbandingan Ketelitian Pada Ortofoto Berdasarkan Standar Asprs. Elipsoida J. Geod. Dan Geomatika, 4(01), 16– 26. <https://doi.org/10.14710/elipsoida.2021.11015>.
- Aji, D. S., Sabri, L. M., & Prasetyo, Y., 2019. Analisis Akurasi Dem Dan Foto Tegak Hasil Pemotretan Dengan Pesawat Nir Awak Dji Phantom 4 (Studi Kasus : Bukit Perumahan Permata Hijau Tembalang Semarang). J. Geod. Undip, 8(2), 8– 18.
- Al Amin, A.R., 2017. Optimasi Sebaran Titik GCP Dan ICP Pada Proses Ortorektifikasi Citra Resolusi Tinggi Untuk Pembuatan Peta Skala 1:5.000 (Studi Kasus: 1 Scene Citra Pleiades 033 Lumajang). Tek. Geomatika ITS 000, 1–96.
- Alves, E.F.S.S., 2019. PERBANDINGAN ANTARA DEM FOTO UDARA DENGAN DEM TOPOGRAFI (Studi Kasus : Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur). Proc. Natl. Acad. Sci. 3(1), 1–15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bpj.2015.06.056><https://academic.oup.com/bioinfor>

- matics/article-abstract/34/13/2201/4852827%0Ainternal-pdf//semisupervised-3254828305/semisupervised.ppt%0Ahttp/.
- BADAN INFORMASI GEOSPASIAL, n.d. 2018-Peraturan BIG nomor 6 Tahun 2018.
- Hayati, E. N., Laurens, H., Trianda, O., Sugarbo, O., & Deliana, A., 2023. Uji tingkat akurasi pemetaan digital menggunakan wahana UAV. *ReTII*, 18(1), 440–447.
- Hidayat, P. I., Subiyanto, S., & Sasmito, B., 2016. Analisis kualitas DEM dengan membandingkan metode orthorektifikasi memakai citra resolusi tinggi. *Jurnal Geodesi Undip*, 5, 22–31.
- Sari Sai, S., Tjahjadi, M. E., & Rokhmana, C., 2019. Geometric accuracy assessments of orthophoto production from UAV aerial images. *KnE Engineering*, 4(3), 333–344.
- Sastra, A. R., Putri, D. N., & Veranika, A., 2023. Analisis Akurasi Ketelitian Vertikal DEM Foto Udara Pada Kawasan Permukiman (Studi Kasus: Kelurahan Sekip Jaya, Kecamatan Kemuning, Palembang). *J. Tekno Glob.* 12, 41–46. <https://doi.org/10.36982/jtg.v12i01.3176>