

# Analisis Uji Akurasi Horisontal Peta Tutupan Lahan berbasis UAV RTK Multispektral Desa Ciputri

Yuli Purwaningsih, Heri Setiawan, Masita Dwi M. Manessa, Hafid Setiadi

Masuk: 27 05 2024 / Diterima: 22 12 2024 / Dipublikasi: 31 12 2024

**Abstract** UAV technology has been widely used to create base maps. This research aims to analyze the horizontal accuracy test results of the Ciputri Village land cover map obtained from digitizing DJI Phantom 4 RTK aerial photos recorded in August 2022. A total of 12 ICPs were used to calculate horizontal accuracy and were measured using the RTK NTRIP method using the Trimble R10 Geodetic GNSS. The horizontal accuracy calculation refers to BIG Regulation Number 6 of 2018. The results of the land cover accuracy test show the RMSE and CE90 values are 1,229 m and 1,862 m respectively. However, based on several references, aerial photos produced from the DJI Phantom 4 RTK using the PPK or RTK method should have a centimeter-level RMSE value. Further analysis shows that several aerial photo features such as roads and moorland embankments appear disjointed. Based on confirmation to the survey team, when recording aerial photos it was not tied to the CORS base station. So the resulting coordinates are absolute coordinates or aerial photos that have not been orthorectified. The recommendation given to improve the accuracy and quality of aerial photos is to process trajectory data with CORS using the PPK method. The conclusion is that the land cover map of Ciputri Village in 2022 from the digitization of DJI Phantom 4 RTK aerial photos that have not been orthorectified meets the accuracy of a 1: 5,000 class 2 scale map.

**Keywords:** DJI Phantom 4 RTK; Land Cover; Horizontal Accuracy Test

**Abstrak** Teknologi UAV sudah banyak dimanfaatkan untuk pembuatan peta dasar. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil uji akurasi horisontal peta tutupan lahan Desa Ciputri yang diperoleh dari digitasi foto udara DJI Phantom 4 RTK perekaman Agustus 2022. Sebanyak 12 ICP digunakan untuk menghitung ketelitian horisontal dan diukur dengan metode RTK NTRIP menggunakan GNSS Geodetik Trimble R10. Perhitungan ketelitian horisontal mengacu pada Peraturan BIG Nomor 6 Tahun 2018. Hasil uji akurasi tutupan lahan menunjukkan nilai RMSE dan CE90 masing – masing sebesar 1,229 m dan 1,862 m. Namun berdasarkan beberapa referensi, foto udara yang dihasilkan dari DJI Phantom 4 RTK metode PPK atau RTK seharusnya mempunyai nilai RMSE level sentimeter. Analisis lanjutan menunjukkan beberapa kenampakan foto udara seperti jalan dan pematang tegalan terlihat tidak sambung. Berdasarkan konfirmasi tim survei, saat perekaman foto udara tidak diikatkan dengan base stasion CORS. Sehingga koordinat yang dihasilkan adalah koordinat absolut atau foto udara belum terorthorektifikasi. Rekomendasi yang diberikan untuk meningkatkan ketelitian dan kualitas foto udara adalah melakukan pengolahan data trajectory dengan data CORS menggunakan metode PPK. Peta tutupan lahan Desa Ciputri tahun 2022 dari hasil digitasi foto udara DJI Phantom 4 RTK yang belum terorthorektifikasi memenuhi ketelitian peta skala 1: 5.000 kelas 2.

**Kata kunci:** DJI Phantom 4 RTK; Tutupan Lahan; Uji Akurasi Horisontal

This is an open access article under the [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

Copyright © 2024 by Author. Published by Universitas Pendidikan Ganesha.



## 1. Pendahuluan

Berdasarkan UU Nomor 4 Tahun 2011, peta RBI merupakan salah satu jenis IGD yang mencakup unsur-unsur seperti garis pantai, hipsografi, perairan, nama rupabumi, batas wilayah, transportasi dan utilitas, bangunan dan fasilitas umum, dan penutup lahan. Peta dasar RBI ini digunakan sebagai acuan pembuatan peta tematik. Hal tersebut juga diperkuat dengan PP Nomor 23 Tahun 2021 tentang Perubahan atas Peraturan Presiden Nomor 9 Tahun 2016 tentang Percepatan Pelaksanaan Kebijakan Satu Peta Pada Tingkat Ketelitian Peta Skala 1:50.000. Ketelitian peta mencakup kedetailan informasi dan akurasi geometris, dimana akurasi geometris peta dasar mengikuti Peraturan BIG No 6 tahun 2018 yang dinyatakan dalam Root Mean Square Error (RMSE) dan Circular Error 90% (CE90).

Perkembangan teknologi drone atau yang dikenal sebagai Unmanned Aerial Vehicle (UAV) sudah mulai menarik perhatian di berbagai bidang keilmuan dan berkontribusi dalam bidang pemetaan (Nex et al., 2022). Aplikasi UAV digunakan untuk pemetaan tutupan lahan meliputi pemetaan pertanian dan hutan, pemetaan lingkungan dan pengelolaan perkotaan, dan kebencanaan (Yao et al., 2019). UAV dapat dijadikan sebagai alternatif teknologi remote sensing karena memiliki keunggulan berupa

hasil citra memiliki resolusi tinggi (Hidayat & Muljo Sukojo, 2017), biaya rendah dan lebih efektif untuk dijadikan sumber data spasial (Xiu et al., 2021). Teknologi UAV dapat membantu dalam pemetaan kerentanan bencana (Afif et al., 2019), identifikasi perubahan garis pantai (Zanutta et al., 2020), identifikasi batas wilayah (Afrizal et al., 2022), mendukung pemetaan dasar, pemetaan tutupan lahan (Bispo dos Santos & Conti, 2022), serta pemetaan desa skala besar (Hidayat & Muljo Sukojo, 2017). Dengan kata lain, UAV juga dapat digunakan sebagai data spasial untuk penyusunan peta dasar.

Beberapa jenis UAV dilengkapi dengan GNSS teliti sehingga tidak memerlukan Ground Control Point (GCP) dalam proses orthorektifikasi seperti DJI Phantom 4 RTK (Syetiawan et al., 2020), dan VTOL (Türk et al., 2022). DJI Phantom 4 RTK metode Post Processing Kinematic (PPK) mampu menghasilkan foto udara dengan nilai RMSE sebesar 0,025 m (Taddia et al., 2020), serta bisa digunakan dalam penyusunan peta dasar skala besar 1: 1000 kelas 1 (Syetiawan et al., 2020). Selain metode PPK, DJI Phantom 4 RTK ini juga mampu menghasilkan foto udara dengan metode Real Time Kinematik (RTK) dengan nilai RMSE sebesar 0,025 m (Ekaso et al., 2020); dan 0,030 m (Zeybek, 2021).

Penelitian ini dilakukan di Desa Ciputri dengan menghasilkan peta skala besar dimana belum terdapat penelitian di lokasi yang sama dengan topik uji akurasi horisontal menggunakan data foto udara DJI Phantom 4 RTK. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan uji akurasi

---

Yuli Purwaningsih<sup>1\*</sup>, Heri Setiawan<sup>2</sup>, Masita Dwi M. Manessa<sup>1</sup>, Hafid Setiadi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universitas Negeri Malang, Indonesia

<sup>2</sup>Badan Informasi Geospasial, Indonesia

[yuli.purwaningsih@ui.ac.id](mailto:yuli.purwaningsih@ui.ac.id)

horisontal peta tutupan lahan Desa Ciputri hasil digitasi foto udara DJI Phantom 4 RTK perekaman Agustus 2022 (1); Mengevaluasi faktor yang mempengaruhi ketelitian horisontal (2); dan merekomendasikan skala peta tutupan lahan Desa Ciputri (3). Foto udara tersebut merupakan hasil kerjasama antara Departemen Geografi, Universitas Indonesia dengan Pemerintah Desa Ciputri, Kecamatan Pacet, Kabupaten Cianjur tahun 2022. Diharapkan peta tutupan lahan ini dapat menjadi peta dasar untuk pembuatan peta tematik.

## **2. Metode**

Penelitian dilakukan di Desa Ciputri, Kecamatan Pacet, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat. Desa ini berbatasan dengan Desa Cihareang di sebelah utara, Kecamatan Cugenang di sebelah timur dan selatan, serta Kawasan hutan Gunung Gede, Sukabumi di barat. Luas wilayah berdasarkan Batas Administrasi Desa 2022 BIG seluas 9,16 km<sup>2</sup>. Lokasinya terletak di kaki Gunung Gede dengan ketinggian 1.120–1.230 meter di atas permukaan laut serta memiliki curah hujan 1.400 – 5.000 mm/tahun. Berdasarkan data BPS 2020, jumlah penduduk sebanyak 11.529 yang mengandalkan sektor pertanian hortikultura (sayur, buah) dan kopi. Dari sektor wisata terdapat wisata panorama Curug Ciharang dan kuliner Kopi Sarongge.

Data yang digunakan dalam penelitian ini mencakup: (a) Foto udara Desa Ciputri perekaman Agustus 2022 yang diukur menggunakan UAV RTK tanpa titik GCP dan belum diuji ketelitian foto udaranya. Sehingga dalam penelitian ini kami melakukan uji akurasi untuk mengetahui RMSE dari *output*/hasil digitasi peta tutupan lahan;

(b) koordinat *Independent Check Point* (ICP) hasil pengukuran lapangan tanggal 19 – 22 Oktober 2023 menggunakan GNSS Geodetik metode RTK; (c) Batas Administrasi Desa tahun 2022 dari BIG; dan (d) survei lapangan tutupan lahan.

Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah metode kualitatif dengan menghitung nilai RMSE dan nilai CE90 untuk menentukan ketelitian horisontal peta tutupan lahan. Penelitian diawali dengan melakukan digitasi foto udara untuk mendapatkan peta tutupan lahan. Digitasi dilakukan berdasarkan sembilan unsur interpretasi pada penginderaan jauh meliputi rona atau warna, bentuk, ukuran, tekstur, pola, tinggi, situs, dan asosiasi (Rizal et al., 2022.). Langkah selanjutnya adalah menentukan rencana ICP. Penentuan jumlah ICP didasarkan pada SNI 8202:2019 tentang Ketelitian Peta Dasar, sebanyak 12 rencana ICP yang tersebar merata dan mewakili wilayah penelitian ditentukan karena luas wilayah penelitian <250 km<sup>2</sup>.

Data foto udara yang digunakan tidak menggunakan pengukuran GCP, sehingga dalam penelitian ini kami hanya melakukan pengukuran ICP. Pengukuran ICP dilakukan dengan menggunakan alat GNSS Geodetik *Trimble R10* metode RTK NTRIP yang diikatkan pada stasiun *Continuously Operating Reference Station* (CORS) terdekat milik BIG. Ketelitian koordinat hasil pengukuran ICP mengacu pada SNI 9135: 2022. Secara lebih rinci ditampilkan pada Tabel 1.

Ketelitian horisontal peta tutupan lahan dihitung menggunakan *Root Mean Square* (RMSE) dan

Circular Error 90% (CE90). Berdasarkan Peraturan Kepala BIG No. 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, CE90 didefinisikan sebagai radius lingkaran dimana 90% kesalahan atau perbedaan posisi horizontal objek di peta dengan posisi horizontal objek yang dianggap sebenarnya tidak lebih dari 90%. CE90 dan RMSE dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

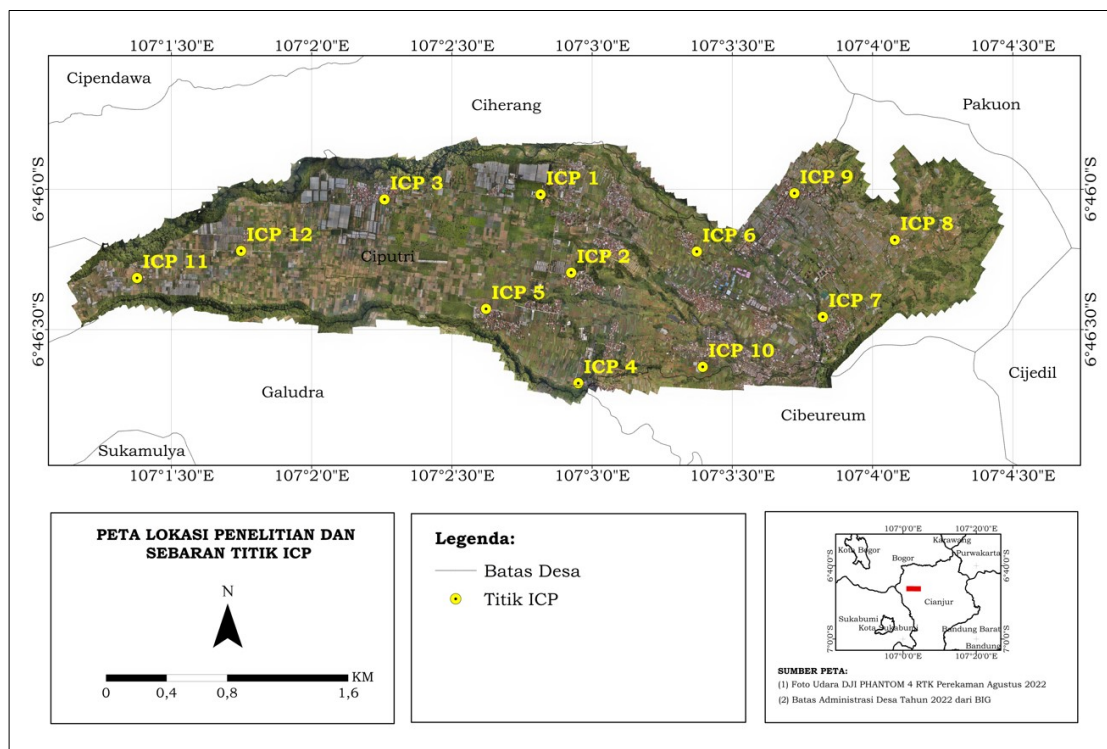
$$RMSE_r = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xdata_i - Xcek_i)^2 + (Ydata_i - Ycek_i)^2}{n}}$$

Dimana :  $RMSE_r$  adalah RMSE pada posisi X dan Y,  $n$  adalah jumlah titik uji,  $Xdata_i$  adalah nilai koordinat X pada peta,  $Xcek_i$  adalah nilai koordinat X titik uji,  $Ydata_i$  adalah nilai koordinat Y pada peta,  $Ycek_i$  adalah nilai koordinat Y titik uji.

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_r$$

Tabel 1. Ketelitian Koordinat hasil pengolahan GNSS untuk GCP dan ICP

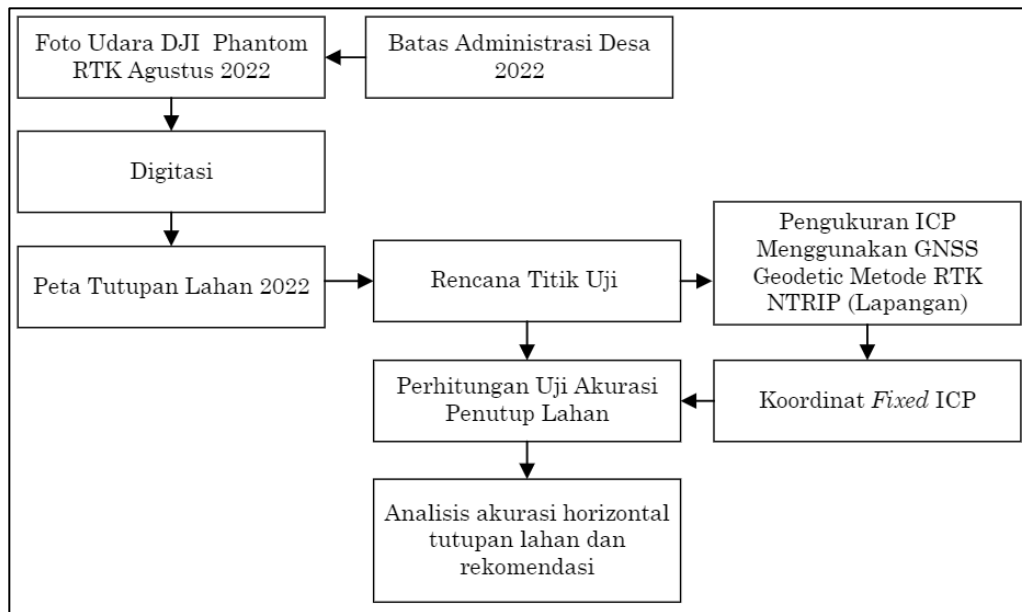
No	Skala Peta	Standar Deviasi Horisontal (cm)			Standar Deviasi Vertikal (cm)		
		Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
1	1:5.000	5	10	15	10	20	30
2	1:2.500	3,75	7,5	11,25	7,5	15	22,5
3	1:1.000	2,5	5	7,5	5	10	15



Gambar 1. Lokasi Penelitian dan Sebaran ICP

Standar ketelitian geometri untuk Peta RBI yang dihasilkan diatur

dalam Peraturan BIG No 6 tahun 2018, sebagaimana tercantum pada Tabel 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Tabel 2. Tabel Ketelitian geometri Peta RBI

No	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)
1	1:1.000.000	400	300	200	600	300	900	400
2	1:500.000	200	150	100	300	150	450	200
3	1:250.000	100	75	50	150	75	225	100
4	1:100.000	40	30	20	60	30	90	40
5	1:50.000	20	15	10	30	15	45	20
6	1:25.000	10	7,5	5	15	7,5	22,5	10
7	1:10.000	4	3	2	6	3	9	4
8	1:5.000	2	1,5	1	3	1,5	4,5	2
9	1:2.500	1	0,75	0,5	1,5	0,75	2,3	1
10	1:1.000	0,4	0,3	0,2	0,6	0,3	0,9	0,4

### 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil interpretasi dan digitasi, ladang/tegalan dan hutan menjadi tutupan lahan yang mendominasi di Desa Ciputri. Luas tegalan sebesar 409,46 ha (46,97% dari total luas Desa Ciputri) dengan

sebagian besar komoditas sayuran. Sedangkan luas hutan seluas 276,61 (31,73% dari total luas Desa Ciputri) berada di sisi barat Desa yang merupakan kaki Gunung Gede dan sisi timur desa. Sebesar 158,58 ha (21,30% dari total luas Desa Ciputri) berupa

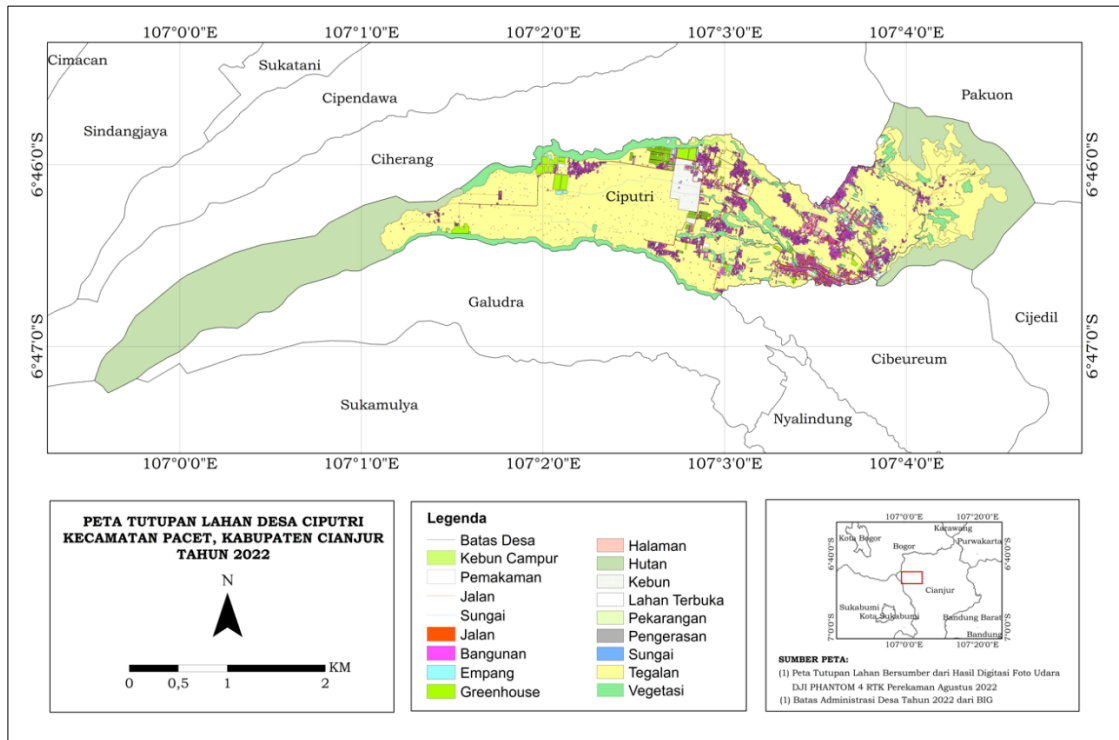
lahan bangunan, halaman, pengerasan, pekarangan, lahan terbuka, pemakaman, jalan, sungai, kebun, kebun campur, vegetasi, *greenhouse*, empang. Lahan *greenhouse* merupakan bangunan sementara yang digunakan untuk budidaya buah milik swasta. Lahan pemukiman berada pada bagian tengah desa dengan sebaran sepanjang jalan Cipanas – Cianjur dan jalan lokal.

Ketelitian koordinat ICP hasil pengukuran metode RTK NTRIP

memenuhi ketelitian koordinat ICP untuk skala peta 1:2.500 kelas 1 dengan standar deviasi horisontal di bawah 3,75 cm. Ketelitian koordinat ICP hasil pengukuran di lapangan disampaikan pada Tabel 3. Hasil uji akurasi horisontal peta tutupan lahan menunjukkan nilai RMSE dan CE90 masing masing sebesar 1,229 m dan 1,862 m (Tabel 4). Sehingga peta tutupan lahan yang dihasilkan memenuhi ketelitian peta skala 1: 5.000 kelas 2 atau 1: 10.000 kelas 1.

Tabel 3. Ketelitian Koordinat ICP Hasil Pengukuran Lapangan

Titik ICP	Koordinat X (m)	Koordinat Y (m)	Tinggi Elipsoid (m)	H Precision (m)	V Precision (m)	Solution Type	Deskripsi Lokasi
ICP-1	726244,109	9251536,135	1155,002	0,026	0,043	Fixed	Pojok taman
ICP-2	726442,472	9251021,163	1114,245	0,027	0,037	Fixed	Perbatasan halaman dengan jalan
ICP-3	725217,883	9251504,728	1268,353	0,017	0,024	Fixed	Perbatasan halaman dengan jalan
ICP-4	726485,993	9250294,424	1100,756	0,012	0,027	Fixed	Perbatasan bangunan dengan jalan
ICP-5	725881,878	9250784,298	1181,907	0,02	0,043	Fixed	Perbatasan bangunan dengan jalan
ICP-6	727268,219	9251154,962	1045,776	0,02	0,037	Fixed	Perbatasan halaman dengan jalan
ICP-7	728096,493	9250723,985	975,907	0,013	0,03	Fixed	Pojok taman
ICP-8	728568,315	9251226,418	982,126	0,014	0,025	Fixed	Perbatasan halaman dengan jalan
ICP-9	727911,122	9251537,63	1014,926	0,012	0,015	Fixed	Pojok empang
ICP-10	727305,45	9250399,319	1005,821	0,019	0,031	Fixed	Perbatasan ujung jalan dengan tegalan
ICP-11	723590,645	9250998,191	1500,191	0,023	0,038	Fixed	Pertigaan jalan
ICP-12	724272,893	9251173,194	1392,277	0,017	0,027	Fixed	Perbatasan bangunan dengan jalan



**Gambar 3. Peta Tutupan Lahan Desa Ciputri Tahun 2022 (Sumber: Pengolahan Data dan Survei Tutupan Lahan 2023)**

**Tabel 4. Hasil Perhitungan Uji Akurasi Horisontal Peta Tutupan Lahan**

Nama Titik	Koordinat Peta		Koordinat ICP (Hasil Pengukuran)		dx =		dy =		dx <sub>2</sub> + dy <sub>2</sub>	RMSE
	X <sub>1</sub> (m)	Y <sub>1</sub> (m)	X <sub>2</sub> (m)	Y <sub>2</sub> (m)	X <sub>1</sub> - X <sub>2</sub>	dx <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub> - Y <sub>2</sub>	dy <sub>2</sub>		
ICP-1	726243,919	9251535,536	726244,109	9251536,135	-0,190	0,036	-0,599	0,359	0,395	0,628
ICP-2	726442,969	9251020,522	726442,472	9251021,163	0,497	0,247	-0,641	0,411	0,658	0,811
ICP-3	725218,075	9251506,676	725217,883	9251504,728	0,192	0,037	1,948	3,795	3,832	1,957
ICP-4	726486,165	9250294,439	726485,993	9250294,424	0,172	0,030	0,015	0,000	0,030	0,173
ICP-5	725882,22	9250784,883	725881,878	9250784,298	0,342	0,117	0,585	0,342	0,459	0,677
ICP-6	727268,919	9251155,51	727268,219	9251154,962	0,700	0,490	0,548	0,300	0,790	0,889
ICP-7	728095,285	9250723,29	728096,493	9250723,985	-1,208	1,459	-0,695	0,483	1,942	1,394
ICP-8	728569,787	9251226,446	728568,315	9251226,418	1,472	2,167	0,028	0,001	2,168	1,472
ICP-9	727911,709	9251535,992	727911,122	9251537,63	0,587	0,345	-1,638	2,683	3,028	1,740
ICP-10	727304,795	9250398,03	727305,45	9250399,319	-0,655	0,429	-1,289	1,662	2,091	1,446
ICP-11	723590,155	9250997,64	723590,645	9250998,191	-0,490	0,240	-0,551	0,304	0,544	0,738
ICP-12	724274,228	9251172,565	724272,893	9251173,194	1,335	1,782	-0,629	0,396	2,178	1,476
Jumlah:									18,113	
Rata-rata:									1,509	
RMSE:									1,229	
CE90:									1,862	

Merujuk pada Tabel 4, nilai RMSE koordinat horisontal dalam penelitian ini sebesar 1,229 m, merupakan nilai yang cukup besar jika dibandingkan dengan ketelitian horisontal foto udara DJI Phantom RTK

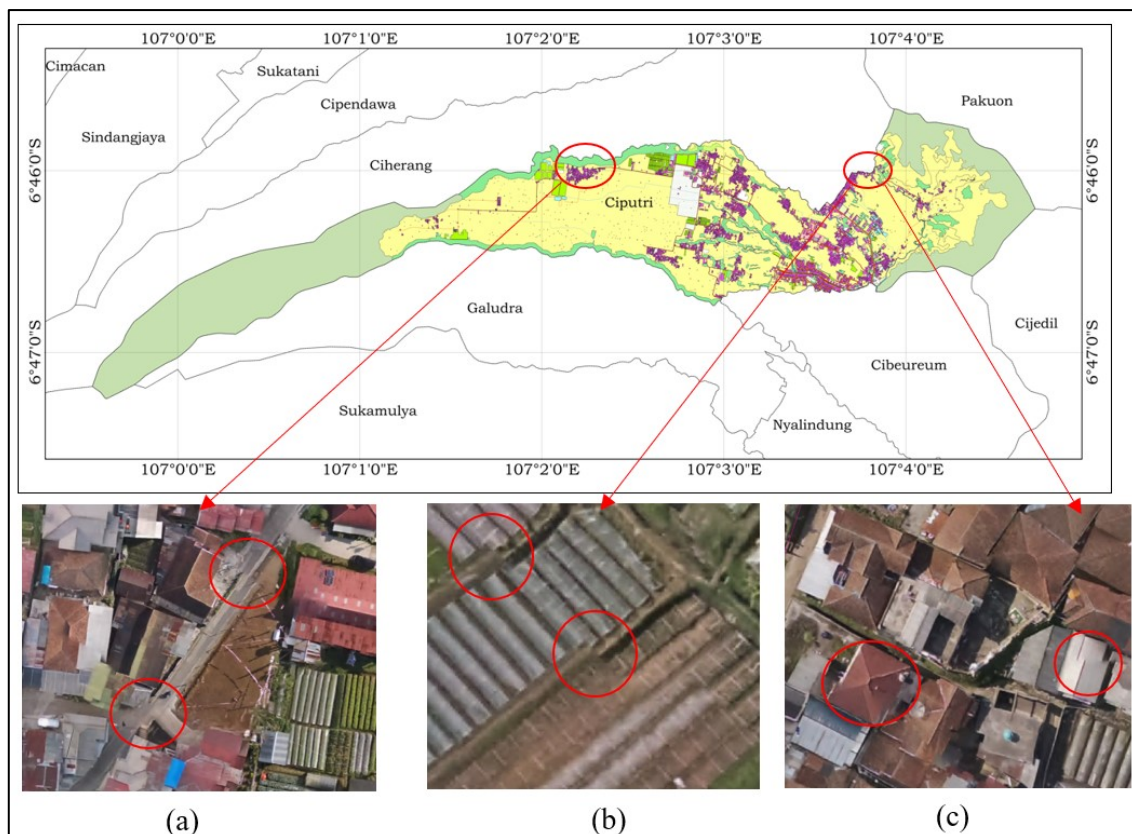
dari penelitian sebelumnya. Nilai RMSE foto udara hasil DJI Phantom 4 RTK baik menggunakan metode PPK dan RTK berada pada level cm. Ketelitian horisontal foto udara DJI Phantom 4 RTK menggunakan metode PPK



mempunyai RMSE sebesar 0,025 m (Syetiawan et al., 2020); 0,025 m (Taddia et al., 2020). Begitu juga dengan ketelitian horisontal foto udara DJI Phantom 4 RTK menggunakan metode RTK mempunyai RMSE sebesar 0,025 (Ekaso et al., 2020); dan 0,030 (Zeybek, 2021).

Nilai RMSE pada koordinat horisontal yang besar menunjukkan adanya ketidaksesuaian yang signifikan antara koordinat hasil pengukuran dengan koordinat sebenarnya. Ketelitian yang rendah dapat

membatasi penggunaan data foto udara dalam aplikasi yang membutuhkan presisi tinggi seperti pemetaan kadastral, perencanaan infrastruktur atau pengembangan penggunaan lahan yang kesemuanya memerlukan akurasi pada level sub-meter. Ketelitian yang rendah juga dapat memengaruhi pengambilan keputusan pemangku kepentingan dalam hal yang berbasis data geospasial, terutama pada sektor yang sangat bergantung pada data presisi tinggi.



Gambar 4. Jalan tidak tersambung atau patah di sekitar ICP 3 (gambar a); tegalan ladang, atap bangunan yang tidak tersambung atau patah di sekitar ICP 9 (gambar b dan c) (Sumber: Interpretasi Foto Udara, 2023)

Alat DJI Phantom 4 RTK mampu melakukan *direct georeferencing* menggunakan metode

RTK ataupun PPK. *Direct georeferencing* tidak membutuhkan *Ground Control Point* (GCP) dalam



proses orthorektifikasi (Türk et al., 2022). Selanjutnya analisis dilanjutkan dengan interpretasi visual foto udara. Nilai RMSE terbesar adalah ICP 3 dengan nilai sebesar 1,957 m. Nilai RMSE tiap titik merupakan jarak antara koordinat rencana ICP dengan koordinat hasil pengukuran ICP. Interpretasi menunjukkan terdapat jalan tidak sambung atau patah pada ICP 3. RMSE terbesar kedua adalah ICP 9 dengan nilai RMSE sebesar 1,740 m. Interpretasi menunjukkan terdapat tegalan dan atap bangunan yang tidak sambung dan patah di sekitar ICP 9. Beberapa kenampakan yang patah juga ditemui pada beberapa bagian pada citra. Beberapa kenampakan yang patah tersebut mengindikasikan citra belum ter-direct orthorektifikasi.

Setelah dilakukan konfirmasi kepada tim survei terkait proses pengambilan foto udara tersebut, pemotretan foto udara dengan wahana drone DJI Phantom 4 RTK dilakukan tanpa mengacu *base station* CORS tertentu dan tidak dilakukan proses pengolahan koordinat lebih lanjut. Proses yang dilakukan setelah pemotretan adalah mozaik foto menggunakan *software Agisoft*. Jadi koordinat pada foto udara tersebut merupakan koordinat drone yang belum dikoreksi dengan data stasiun CORS tertentu. Sehingga koordinat yang dihasilkan merupakan koordinat absolut. Solusi untuk meningkatkan ketelitian atau kualitas citra kami menyarankan untuk melakukan pengolahan data *trajectory* dengan CORS BIG menggunakan metode PPK.

Peta tutupan lahan Desa Ciputri tahun 2022 dari digitasi foto udara DJI Phantom 4 RTK yang belum

terortorektifikasi memenuhi ketelitian peta skala 1: 5.000 kelas 2. Berdasarkan Perka BIG No. 3 Tahun 2016 tentang spesifikasi teknis penyajian peta desa menjelaskan peta desa disajikan minimal 1: 10.000. Jadi peta tutupan lahan ini memenuhi syarat tersebut. Sehingga dapat digunakan atau dimanfaatkan.

#### **4. Penutup**

Pada penelitian ini, ketelitian horisontal peta tutupan lahan Desa Ciputri dari hasil digitasi foto udara DJI Phantom 4 RTK memenuhi syarat standar ketelitian horisontal peta dasar skala 1: 5.000 kelas 2 dengan nilai RMSE dan CE90 masing – masing sebesar 1,229 m dan 1,862 m. Nilai RMSE tersebut besar karena belum ter-*direct* orthorektifikasi yang dimungkinkan kesalahan *setting* alat pada saat perekaman. Sehingga untuk meningkatkan ketelitian dan kualitas foto udara kami merekomendasikan untuk melakukan pengolahan data *trajectory* dengan *base* tertentu menggunakan metode PPK. Setelah mempertimbangkan analisis di atas, peta tutupan lahan ini dapat dijadikan sebagai peta dasar untuk pembuatan peta tematik.

#### **Ucapan Terima Kasih**

Penulis mengucapkan terima kasih kepada BIG atas dukungan alat GNSS Geodetik dalam penelitian ini dan pendanaan untuk melanjutkan pendidikan jenjang Magister. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Departemen Geografi UI atas izin penggunaan data foto udara pada penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- Afif, H. A., Rokhmatuloh, Saraswati, R., & Hernina, R. (2019). UAV Application for Landslide Mapping in Kuningan Regency, West Java. *E3S Web of Conferences*, 125. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912503011>
- Afrizal, R., Ruspianda, R., & Pratiwi, R. (2022). Pemanfaatan Drone Dji Phantom 4 Pro Dan Aplikasi SIG (ArcGIS) Untuk Identifikasi Batas Administrasi Wilayah Di Kec. Kuantan Tengah Kabupaten Kuantan Singingi. *Jurnal Perangkat Lunak*, 4(3). <https://doi.org/10.32520/jupel.v4i3.2425>
- Badan Informasi Geospasial. (2014). Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Cibinong: Badan Informasi Geospasial.
- Badan Informasi Geospasial. (2018). Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Cibinong: Badan Informasi Geospasial.
- Badan Informasi Geospasial. (2020). Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 1 Tahun 2020 tentang Standar pengumpulan Data Geospasial Dasar untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar. Cibinong: Badan Informasi Geospasial.
- Badan Standardisasi Nasional. (2019). SNI 8202:2019 Ketelitian Peta Dasar. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2022). SNI 9135: 2022 Pengolahan Data Geospasial Skala Besar Hasil Akuisisi Wahana Udara Nirawak-bagian 1: Berbasis Kamera Nonmetrik. Jakarta.
- Bispo dos Santos, G. A., & Conti, L. A. (2022). Coastal land cover mapping using UAV imaging on the southeast coast of Brazil. *Journal of Coastal Conservation*, 26(5). <https://doi.org/10.1007/s11852-022-00886-z>
- Ekaso, D., Nex, F., & Kerle, N. (2020). Accuracy assessment of real-time kinematics (RTK) measurements on unmanned aerial vehicles (UAV) for direct geo-referencing. In *Geo-Spatial Information Science* (Vol. 23, Issue 2). <https://doi.org/10.1080/10095020.2019.1710437>
- Hidayat, H., & Muljo Sukojo, B. (2017). Analysis of Horizontal Accuracy for Large Scale Rural Mapping Using Rotary Wing UAV Image. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 98(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/98/1/012052>
- Nex, F., Armenakis, C., Cramer, M., Cucci, D. A., Gerke, M., Honkavaara, E., Kukko, A., Persello, C., & Skaloud, J. (2022). UAV in the advent of the twenties: Where we stand and what is next. In *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* (Vol. 184). <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2021.12.006>
- Rizal, A., Siagian, H., & Farahdita, W. (2022). *Sebaran Dan Kondisi Terumbu Karang Di Kepulauan Kangean*.

- Syatiawan, A., Gularso, H., Kusnadi, G. I., & Pramudita, G. N. (2020). Precise topographic mapping using direct georeferencing in UAV. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 500(1).  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/500/1/012029>
- Taddia, Y., Stecchi, F., & Pellegrinelli, A. (2020). Coastal mapping using dji phantom 4 RTK in post-processing kinematic mode. *Drones*, 4(2).  
<https://doi.org/10.3390/drones402009>
- Türk, T., Tunalioglu, N., Erdogan, B., Ocalan, T., & Gurturk, M. (2022). Accuracy assessment of UAV-post-processing kinematic (PPK) and UAV-traditional (with ground control points) georeferencing methods. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(7).  
<https://doi.org/10.1007/s10661-022-10170-0>
- Xiu, C., Li, Z., Duan, H., Lu, X., Ma, T., & Shan, C. (2021). Plane Accuracy of Aerophotogrammetry without Image Control Points of DJI PHANTOM 4 RTK UAV. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 734(1).  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/734/1/012003>
- Yao, H., Qin, R., & Chen, X. (2019). Unmanned aerial vehicle for remote sensing applications - A review. In *Remote Sensing* (Vol. 11, Issue 12).  
<https://doi.org/10.3390/rs11121443>
- Zanutta, A., Lambertini, A., & Vittuari, L. (2020). UAV photogrammetry and ground surveys as a mapping tool for quickly monitoring shoreline and beach changes. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(1).  
<https://doi.org/10.3390/JMSE8010052>
- Zeybek, M. (2021). Accuracy assessment of direct georeferencing UAV images with onboard global navigation satellite system and comparison of CORS/RTK surveying methods. *Measurement Science and Technology*, 32(6), 65402.  
<https://doi.org/10.1088/1361-6501/abf25d>