

PERBANDINGAN KETELITIAN HORIZONTAL *ORTHOPHOTO* HASIL UAV (*UNMANNED AERIAL VEHICLE*) DENGAN MENGGUNAKAN METODE RTK, PPK DAN GCP

Richard Dwiki Kurniawan¹, Ir. Achmad Ruchlihadiana T., M.M.², Hidayat Mustafa, S.T., M.M.³

¹Mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

^{2,3}Dosen pembimbing Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

ABSTRACT

Photogrammetric mapping is a technique that is now widely conducted using UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) due to their speed, flexibility, and efficiency compared to conventional methods. The accuracy of UAV-derived data is highly influenced by the georeferencing method applied, such as Ground Control Points (GCP), Real Time Kinematic (RTK), or Post Processing Kinematic (PPK). This study aims to compare the horizontal accuracy of UAV orthophotos using these three methods, based on the standards of the Geospatial Information Agency Regulation (BIG) No. 14 of 2014.

Data acquisition was carried out through GNSS observations and photogrammetry, processed with RTK, PPK, GCP, and combined schemes of RTK+GCP and PPK+GCP. Accuracy assessment was performed using the Root Mean Square Error (RMSE) and Circular Error 90% (CE90) parameters.

The results showed that the RTK with GCP method provided the best horizontal accuracy, with RMSE of 7.5 cm and CE90 of 11.4 cm, followed by RTK without GCP (RMSE 10 cm) and GCP alone (RMSE 11.2 cm). Meanwhile, the PPK method yielded the lowest accuracy with RMSE of 20.3 cm and CE90 of 30.8 cm. Thus, integrating RTK and GCP provides the most optimal results in producing accurate UAV orthophotos that can be geometrically justified.

Keywords: UAV, RTK Drone, PPK, Photogrammetry.

ABSTRAK

Pemetaan fotogrametri merupakan teknik pemetaan yang saat ini banyak dilakukan menggunakan UAV (Unmanned Aerial Vehicle) karena lebih cepat, mudah, dan fleksibel dibandingkan metode konvensional. Ketelitian data hasil UAV sangat dipengaruhi oleh metode georeferensi yang digunakan, baik melalui Ground Control Point (GCP), Real Time Kinematic (RTK), maupun Post Processing Kinematic (PPK). Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan ketelitian horizontal orthophoto hasil UAV menggunakan ketiga metode tersebut berdasarkan standar Peraturan Kepala BIG No. 14 Tahun 2014.

Akuisisi data dilakukan melalui pengamatan GNSS dan fotogrametri dengan pemrosesan data menggunakan skema RTK, PPK, GCP, serta kombinasi RTK+GCP dan PPK+GCP. Uji akurasi dilakukan menggunakan parameter RMSE (Root Mean Square Error) dan CE90 (Circular Error 90%).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode RTK dengan GCP menghasilkan ketelitian horizontal terbaik dengan nilai RMSE sebesar 7,5 cm dan CE90 sebesar 11,4 cm, diikuti oleh metode RTK tanpa GCP (RMSE 10 cm) dan GCP (RMSE 11,2 cm). Sementara itu, metode

PPK memiliki ketelitian terendah dengan RMSE sebesar 20,3 cm dan CE90 sebesar 30,8 cm. Dengan demikian, integrasi metode RTK dan GCP memberikan hasil paling optimal dalam menghasilkan orthophoto UAV yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara geometrik.

Kata kunci : UAV, Drone RTK, PPK, Fotogrametri.

PENDAHULUAN

LATAR BELAKANG

Pemetaan fotogrametri merupakan teknik akuisisi data spasial menggunakan foto udara yang dapat dilakukan dengan pesawat terbang, kamera udara, maupun *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau drone. Seiring perkembangan teknologi, penggunaan UAV lebih banyak dipilih karena memiliki keunggulan dari sisi efisiensi waktu, fleksibilitas, serta kemudahan operasional. Pemanfaatan UAV mampu menghasilkan produk orthofoto mosaik dan *Digital Surface Model* (DSM), namun kualitas data yang dihasilkan dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti jenis wahana, sensor, ketinggian terbang, waktu akuisisi, kondisi cuaca, perangkat lunak pemrosesan, serta kompetensi operator (Meiarti et al., 2019).

Peta dengan tingkat akurasi tinggi sangat penting dalam mendukung pengambilan keputusan. Pemerintah melalui Peraturan Kepala BIG No. 14 Tahun 2014 telah menetapkan standar akurasi peta dasar yang dapat dipertanggungjawabkan secara geometrik, termasuk metode uji akurasi yang digunakan. Salah satu faktor utama untuk memperoleh akurasi tinggi dalam fotogrametri adalah keberadaan *Ground Control Point* (GCP).

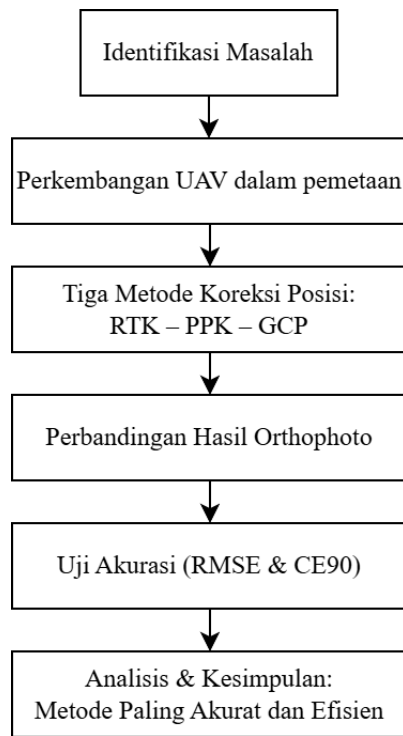
Perkembangan teknologi *Global Navigation Satellite System* (GNSS) memungkinkan integrasi UAV dengan modul *Real Time Kinematic* (RTK) maupun *Post Processing Kinematic* (PPK), sehingga pemetaan dapat dilakukan dengan atau tanpa GCP. Oleh karena itu, perlu dilakukan kajian perbandingan akurasi antara metode GCP, RTK, dan PPK untuk mengetahui efektivitas serta tingkat ketelitian yang dihasilkan pada pemetaan fotogrametri menggunakan UAV.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif-eksploratif dengan teknik penginderaan jauh berbasis UAV (*drone*) untuk menghasilkan orthophoto. Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis.

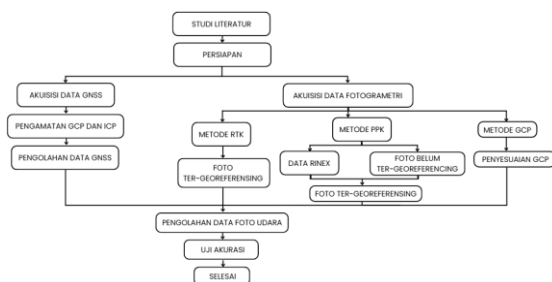
Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran dalam penelitian ini disusun untuk menggambarkan alur berpikir logis dari identifikasi masalah hingga pengambilan kesimpulan. Permasalahan terkait variasi metode akuisisi data posisi UAV seperti RTK, PPK, dan GCP menjadi dasar untuk melakukan perbandingan terhadap hasil ketelitian orthophoto yang dihasilkan. Penelitian ini dimulai dari pengumpulan data melalui pemotretan udara menggunakan UAV, dilanjutkan dengan pengolahan data dalam lima skenario, kemudian dilakukan uji akurasi menggunakan metode statistik RMSE dan CE90. Hasil dari masing-masing skenario dibandingkan untuk mengetahui metode mana yang paling akurat dan efisien digunakan dalam pemetaan fotogrametri. Dengan kerangka berpikir ini, diharapkan hasil penelitian dapat memberikan kontribusi dalam menentukan metode terbaik untuk memperoleh orthophoto dengan tingkat ketelitian horizontal yang tinggi.



Gambar 1 Kerangka penelitian

Alur pelaksanaan penelitian ini dapat digambarkan dalam bentuk bagan berikut:



Gambar 2 Diagram alir penelitian

Persiapan

Meliputi pengecekan UAV dan GNSS, perancangan jalur terbang (*overlap* 80% *vertikal* dan 70% *horizontal*), penentuan titik *Ground Control Point* (GCP) dan *Independent Check Point* (ICP), serta pemasangan *premark* pada lapangan.

Akuisisi Data

Data Fotogrametri diperoleh melalui dua kali penerbangan UAV DJI Phantom 4 RTK dengan skenario berbeda: (1) penerbangan tanpa RTK (data diolah untuk

metode PPK dan GCP), dan (2) penerbangan dengan RTK aktif.

Data GNSS dikumpulkan menggunakan metode *rapid static* (± 20 menit/titik) untuk penentuan koordinat GCP dan ICP, dengan dukungan data CORS CBJM sebagai *base station*.

Pengolahan Data

Citra udara diproses menggunakan perangkat lunak fotogrametri (Agisoft Metashape) dalam lima skenario: (1) RTK, (2) PPK, (3) RTK+GCP, (4) PPK+GCP, dan (5) GCP saja. Proses meliputi align photos, penempatan premark, koreksi geometrik, hingga menghasilkan produk orthophoto dan DEM.

Analisis Hasil

Akurasi horizontal orthophoto diuji menggunakan titik ICP dengan perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Circular Error 90%* (CE90).

$$RMSEr = \sqrt{\frac{\sum((\Delta_r)^2)}{n}}$$

$$(\Delta_r)^2 = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$$

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

Keterangan:

n = Jumlah total pengecekan pada peta
 Δr = Nilai selisih jarak antara koordinat lapangan dengan koordinat peta Orthofoto
 Δx = Nilai selisih koordinat pada sumbu X
 Δy = Nilai selisih koordinat pada sumbu Y
 z = Nilai koordinat pada sumbu Z.

Hasil perhitungan dibandingkan antar-metode untuk mengetahui tingkat ketelitian dan efisiensi masing-masing pendekatan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

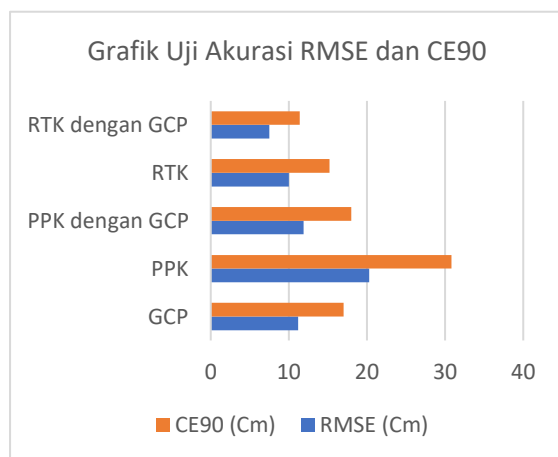
Pengujian akurasi dilakukan untuk mengevaluasi tingkat ketelitian horizontal dari orthophoto yang dihasilkan melalui

beberapa metode georeferensi, yaitu GCP, PPK, RTK, serta kombinasi antara masing-masing metode dengan GCP. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana keakuratan posisi yang dihasilkan oleh setiap metode terhadap koordinat sebenarnya di lapangan.

Evaluasi akurasi dilakukan menggunakan parameter RMSE (*Root Mean Square Error*) dan CE90 (*Circular Error 90%*). Hasil uji ini memberikan gambaran mengenai performa masing-masing metode dalam menghasilkan orthophoto yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan secara geometrik. Hasil pengujian ini menjadi dasar dalam membandingkan efektivitas metode RTK, PPK, dan GCP dalam pemetaan menggunakan UAV.

Tabel 1 Hasil uji akurasi menggunakan RMSE dan CE90

Skema	Metode	RMSE (CM)	CE90 (CM)
1	GCP	11.2	17
2	PPK	20.3	30.8
3	RTK	10	15.2
4	PPK dengan GCP	11.9	18
5	RTK dengan GCP	7.5	11.4



Gambar 3 Grafik Uji akurasi RMSE dan CE90

Metode PPK menunjukkan nilai RMSE dan CE90 tertinggi dibandingkan metode lainnya, masing-masing berada pada kisaran 20 cm dan lebih dari 30 cm.

Sementara itu, metode RTK dengan GCP menunjukkan hasil paling baik dengan nilai RMSE terendah sekitar 7 cm dan CE90 sekitar 11 cm. Secara umum, penerapan GCP dalam pengolahan data, baik pada metode RTK maupun PPK, mampu menurunkan tingkat kesalahan secara signifikan. Tren grafik menunjukkan bahwa penambahan GCP meningkatkan akurasi posisi horizontal orthophoto, dengan nilai kesalahan yang cenderung menurun dari kiri ke kanan pada setiap metode.

Metode GCP

Pada metode GCP didapatkan hasil akurasi dengan nilai RMSE 11.2 cm dan CE90 17 cm. Namun, metode ini menuntut tenaga dan waktu tambahan di lapangan karena perlu pemasangan dan pengukuran titik GCP secara manual, yang tentunya lebih menyita waktu terutama di area yang luas atau sulit dijangkau.

Metode PPK

Menunjukkan hasil ketelitian paling rendah dibanding metode lain, dengan nilai RMSE 20.3 cm dan CE90 30.8 cm. Meskipun praktis karena tidak memerlukan titik kontrol, hasil akurasinya kurang optimal. Keunggulannya adalah dapat digunakan tanpa bergantung pada sinyal internet, sehingga cocok untuk daerah terpencil. Selain itu, metode ini tidak mengharuskan penggunaan GCP di lapangan, yang membuat pekerjaan lebih ringkas di sisi lapangan dan juga dapat dipakai di area yang sulit dijangkau. Namun, kekurangannya terletak pada proses pasca-pengolahan yang memerlukan waktu tambahan, serta akurasi yang cenderung sedikit lebih tinggi dibanding RTK, meskipun masih dalam batas toleransi. Selain itu, pengguna tidak bisa langsung mengetahui status fix atau float pada saat pengambilan data karena informasinya baru tersedia saat proses pengolahan.

Metode PPK Dengan GCP

Memberikan hasil lebih baik dari PPK murni, dengan nilai RMSE 11.9 cm dan CE90 18 cm. Kombinasi ini meningkatkan akurasi, namun menambah tahapan pengolahan data serta membutuhkan waktu untuk menyiapkan GCP di lapangan.

Metode RTK

Memberikan hasil akurasi yang cukup tinggi, dengan nilai RMSE 10 cm dan CE90 15.2 cm, serta lebih efisien dari segi waktu karena tidak perlu pengukuran titik kontrol di lapangan. Selain itu, hasil data bisa langsung digunakan tanpa perlu proses pengolahan tambahan. RTK juga memungkinkan pemetaan tanpa titik kontrol GCP di lapangan sehingga dapat dipakai di area yang sulit dijangkau. Namun, metode ini memerlukan koneksi internet yang stabil untuk tersambung ke base station, sehingga kurang cocok di wilayah tanpa jaringan.

Metode RTK Dengan GCP

Memberikan hasil akurasi terbaik dengan nilai RMSE sebesar 7.5 cm dan CE90 sebesar 11.4 cm. Metode ini cocok digunakan untuk pemetaan yang membutuhkan ketelitian tinggi karena menggabungkan koreksi real-time dan kontrol titik darat. Namun menambah tahapan pengolahan data serta membutuhkan waktu untuk menyiapkan GCP di lapangan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis terhadap lima skema pengolahan data posisi dalam pembuatan orthophoto menggunakan UAV, dapat disimpulkan bahwa metode RTK dengan GCP menghasilkan ketelitian horizontal terbaik dengan nilai RMSE sebesar 7,5 cm dan CE90 sebesar 11,4 cm. Metode ini menggabungkan akurasi tinggi

dari koreksi posisi real-time dengan referensi lapangan berupa GCP, sehingga mampu meminimalkan kesalahan geometrik. Metode RTK tanpa GCP berada di peringkat kedua dengan RMSE sebesar 10 cm, diikuti oleh metode GCP saja dengan RMSE 11,2 cm. Sementara itu, metode PPK memiliki ketelitian terendah dengan RMSE sebesar 20,3 cm dan CE90 sebesar 30,8 cm, menunjukkan keterbatasan dalam memberikan akurasi posisi horizontal yang tinggi tanpa dukungan GCP. Hasil ini menunjukkan bahwa integrasi RTK dengan GCP memberikan hasil paling optimal untuk pemetaan fotogrametri berbasis UAV, baik dari segi akurasi maupun keandalan spasial. Oleh karena itu, pemilihan metode pengukuran posisi dalam proyek pemetaan sebaiknya mempertimbangkan kombinasi teknologi yang mampu menghasilkan ketelitian maksimal sesuai kebutuhan proyek.

SARAN

Berdasarkan pengerjaan TA yang telah dilakukan dalam hal ini ada beberapa saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menambahkan variabel kondisi topografi atau vegetasi guna mengetahui pengaruhnya terhadap akurasi masing-masing metode.
2. Untuk uji akurasi nya kedepannya dilakukan juga pada nilai vertikalnya bukan hanya horizontal saja.

DAFTAR PUSTAKA

- Aziz Fiqri, M. (2021). *Pengukuran Jaring Titik Kontrol Horizontal Terhadap Titik Tetap Nasional*.
- Badan Informasi Geospasial. (2014). *Peraturan Kepala BIG No. 14 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*. Cibinong: BIG.
- Badan Pertanahan Nasional. (2017). *Petunjuk Teknis Pembuatan Peta Kerja dengan Menggunakan Pesawat*

- Nirawak/Drone No. 02/JUKNIS-300/2007*. Jakarta: Badan Pertanahan Nasional.
- Dwiki Kurniawan, R. (2022). *Penyusunan Prosedur Standar Pengoperasian Drone Tipe 4 Propeller untuk Pembuatan Peta Skala Besar (Orthophoto)*.
- Eling, C., Klingbeil, L., Wieland, M., & Kuhlmann, H. (2015). Real-time precise positioning of UAVs using RTK GNSS. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-1/W4, 251–256.
- Fazri Tarmizi, A. (2019). *Uji Akurasi Ketelitian Peta Orthofoto Menggunakan Pesawat UAV untuk Tata Guna Lahan*. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Ibnu Setiawan, M. (2023). *Kajian Kontrol Orde 2 pada Survei GNSS Menggunakan Titik Ikat CORS Berdasarkan Standar Jaring Kontrol Horizontal (SNI 19-6724-2022)*.
- Meiarti, E., Harintaka, & Santoso, I. (2019). Analisis akurasi data mosaik orthofoto dan DSM menggunakan UAV. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 43–52.
- Syauqi, U., Hairunnida, H., Irawan, F. A., Sobotnu, F., & Suhel, H. (2020). *Modul Praktik Pemetaan Fotogrametri*.
- Tamimi, R. (2023). Assessing the viability of PPK techniques for accurate mapping with UAS.
- Wijaya Setyadi, A. (2021). *Uji Akurasi Hasil Foto Udara dari Teknologi Pesawat Udara Tanpa Awak (Unmanned Aerial Vehicle)*.