

INTISARI

Akurasi ortofoto dan *Digital Elevation Model* (DEM) dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah ketelitian koordinat yang digunakan untuk proses *georeferencing* yaitu koordinat *ground control point* (GCP) ataupun koordinat *camera perspective center* (CPC) yang dapat diperoleh menggunakan modul *Global Navigation Satellite System* (GNSS). Terintegrasinya GNSS metode *post-processing kinematic* (PPK) dengan sistem navigasi *unmanned aerial vehicle* (UAV) memungkinkan untuk dilakukan proses *georeferencing* secara GNSS *assisted aerial triangulation* (GNSS-AAT) sehingga triangulasi udara dapat dilakukan tanpa melibatkan GCP. Stasiun referensi yang digunakan dalam metode PPK dapat berupa BM *base* dengan interval waktu perekaman data 1 detik ataupun stasiun *Continuously Operating Reference Stations* (CORS) dengan interval waktu perekaman data 15 detik. Pengujian terhadap produk ortofoto dan DEM hasil pengolahan foto udara dengan metode *georeferencing* menggunakan koordinat CPC yang diperoleh dari modul PPK terikat pada BM *base* ataupun CORS perlu dilakukan karena terdapat perbedaan interval waktu perekaman data GNSS oleh *receiver* pada BM *base* dan CORS dengan interval waktu perekaman foto udara (*shutter interval*) yang umumnya adalah 2-4 detik. Hal ini dapat mempengaruhi hasil akuisisi koordinat CPC karena pengolahan PPK dilakukan berdasarkan sinkronisasi waktu perekaman data GNSS *rover* dan *receiver* pada stasiun referensi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis akurasi geometri ortofoto dan DEM foto udara non-metrik yang diolah menggunakan SfM fotogrametris metode PPK dengan variasi interval waktu perekaman data GNSS pada stasiun referensi *base* yaitu 1 detik dan pada stasiun referensi CORS yaitu 15 detik.

Penelitian ini dilakukan di sebagian wilayah Kota Yogyakarta yang dipotret menggunakan UAV dengan kamera AlphaAir 450 dengan resolusi kamera 6252×4168 piksel. Proses geotagging foto dilakukan secara PPK menggunakan modul PPK yang terdapat di wahana UAV dengan spesifikasi *sampling rate* 5 Hz. Untuk keperluan analisis terhadap ketelitian ortofoto dan DEM, dilakukan pengolahan koordinat CPC menggunakan beberapa variasi stasiun referensi yaitu titik *base* (± 1 km), CORS JOGS (± 10 km), CORS CSLO (± 60 km), dan CORS CSEM (± 90 km). Pengolahan foto udara untuk memproduksi ortofoto dan DEM dilakukan menggunakan algoritma *Structure from Motion* (SfM) – *Multi View Stereo* (MVS) dengan perangkat lunak Agisoft Metashape Professional. Pengolahan foto udara tersebut dilakukan dengan skenario tanpa melibatkan GCP. Evaluasi akurasi horizontal dan vertikal dilakukan dengan menganalisis nilai *error* hasil *bundle adjustment* dengan beberapa pengaturan *a priori standard error* menggunakan hasil akurasi pengolahan koordinat CPC yang diolah dengan variasi stasiun referensi tersebut. Analisis ini dilakukan dengan membandingkan koordinat titik uji 3D (X,Y,Z) pada ortofoto dan DEM dengan koordinat sebenarnya untuk mendapatkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE). Selanjutnya, dilakukan penentuan kelas dan skala optimum berdasarkan Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018.

Akurasi koordinat CPC yang diolah dengan PPK terikat pada *base*, CORS JOGS, CORS CSLO, CORS CSEM yaitu secara berurutan adalah 0,99 cm, 1,32 cm, 1,60 cm, dan 47,51 cm. Berdasarkan hasil uji akurasi posisi horizontal dan vertikal, diperoleh hasil bahwa ortofoto dan DEM yang dihasilkan dari pengolahan PPK dengan titik *base* memiliki akurasi yang paling tinggi dimana nilai RMSE horizontal dan vertikal yang dihasilkan adalah 3,79 cm dan 9,36 cm. Adapun penggunaan CORS JOGS menghasilkan RMSE horizontal sebesar 7,69 cm dan RMSE vertikal sebesar 7,54 cm. Hasil pengolahan CPC terikat pada stasiun *base*, CORS JOGS, dan CORS CSLO dapat memenuhi spesifikasi peta skala 1:1000 kelas 1, sedangkan CORS CSEM mampu memenuhi spesifikasi peta skala 1:5000 kelas 2.

Kata Kunci : Ortofoto, DEM, PPK, Akurasi Horizontal, Akurasi Vertikal

ABSTRACT

The accuracy of orthophotos and Digital Elevation Models (DEM) is influenced by various factors, one of which is the precision of the coordinates used for georeferencing, such as ground control point (GCP) coordinates or camera perspective center (CPC) coordinates obtained using a Global Navigation Satellite System (GNSS) module. Integrating GNSS post-processing kinematic (PPK) methods with the navigation system of an unmanned aerial vehicle (UAV) enables georeferencing through GNSS-assisted aerial triangulation (GNSS-AAT), allowing aerial triangulation to be performed without involving GCPs. The reference station used in the PPK method can be either a base BM with a 1-second data recording interval or a Continuously Operating Reference Station (CORS) with a 15-second data recording interval. Testing on orthophoto and DEM products from aerial photo processing with georeferencing using CPC coordinates obtained from the PPK module tied to the BM base or CORS needs to be conducted because there are differences in the GNSS data recording intervals between receivers at the BM base and CORS and the aerial photo recording interval (shutter interval), which is generally 2-4 seconds. This can affect the acquisition of CPC coordinates since PPK processing is conducted based on time synchronization between GNSS rover and reference station data recordings. This study aims to analyze the geometric accuracy of non-metric UAV orthophotos and DEMs processed using the PPK photogrammetry method with variations in GNSS data recording intervals, namely 1 second at the base station and 15 seconds at the CORS station.

This research was conducted in a portion of Yogyakarta City, which was photographed using a UAV with an AlphaAir 450 camera with a resolution of 6252×4168 pixels. Photo geotagging was carried out using PPK via a PPK module installed on the UAV with a sampling rate specification of 5 Hz. For accuracy analysis of orthophotos and DEM, CPC coordinates were processed using several reference station variations: base point (± 1 km), CORS JOGS (± 10 km), CORS CSLO (± 60 km), and CORS CSEM (± 90 km). The aerial photo processing to produce orthophotos and DEM was conducted using the Structure from Motion (SfM) – Multi View Stereo (MVS) algorithm with Agisoft Metashape Professional software. This aerial photo processing was performed without involving GCPs. Horizontal and vertical accuracy evaluations were conducted by analyzing the error value from bundle adjustment with several a priori standard error settings using CPC coordinate processing accuracy obtained from various reference stations. This analysis was carried out by comparing 3D test point coordinates (X, Y, Z) on the orthophoto and DEM with the actual coordinates to obtain the Root Mean Square Error (RMSE) value. Subsequently, the optimal class and scale determination were conducted based on Geospatial Information Agency Regulation Number 6 of 2018.

The accuracy of CPC coordinates processed with PPK tied to base, CORS JOGS, CORS CSLO, and CORS CSEM is 0.99 cm, 1.32 cm, 1.60 cm, and 47.51 cm, respectively. Based on horizontal and vertical position accuracy tests, the results indicate that the orthophoto and DEM produced from PPK processing with the base point have the highest accuracy, with horizontal and vertical RMSE values of 3.79 cm and 9.36 cm, respectively. The use of CORS JOGS resulted in a horizontal RMSE of 7.69 cm and a vertical RMSE of 7.54 cm. The CPC processing tied to the base, CORS JOGS, and CORS CSLO stations meets the 1:1000 scale map specifications for class 1, while CORS CSEM meets the 1:5000 scale map specifications for class 2.

Keywords: Orthophoto, DEM, PPK, Horizontal Accuracy, Vertical Accuracy