

PENINGKATAN AKURASI PENGAMBILAN FOTOGRAMETRI DENGAN JALUR TERBANG AUTOPILOT HEXACOPTER

Al Al¹⁾*, Fajrin Fajrin²⁾, Abdul Karim³⁾

^{1), 3)}Program Studi Teknologi Rekayasa Instalasi Listrik, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Padang

²⁾Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang

*Corresponding Author E-mail: al.mtdrs@gmail.com

Abstract

The utilization of Hexacopters represents a method for large-scale mapping that is faster and more efficient, allowing for time savings compared to conventional survey methods. With GPS/GLONAS support, mapping data collection becomes easier and safer, facilitated through the design of flight paths using compatible software. The real-world flight safety of Hexacopters is crucial, especially in close encounters with other aircraft. In photogrammetry tasks, careful flight path planning is necessary to ensure high-quality photo outcomes. Designing flight paths using autopilot and adjusting the aircraft's speed control parameters are essential for facilitating identification and obtaining more accurate data. This approach aims to achieve stability and efficiency in photogrammetry flight missions. To evaluate the accuracy of the Hexacopter imaging mapping system, flights are conducted independently with an RGB camera flown at the testing location. Flight missions and data acquisition are meticulously planned in the laboratory, covering the area of interest (AOI), Ground Sampling Distance (GSD), and understanding the intrinsic parameters of the installed digital camera. By setting the image scale, camera focal length, and flight height, the nadir perspective of the camera is calculated to rectify overlapping longitudinal and transversal lines. The presence of GNSS/IMU is typically utilized to guide image acquisition. Test results indicate that the Ground Sampling Distance for each flight is below 1 cm/pixel.

Keywords: Hexacopter, Flight Path, Photogrammetry.

Abstrak

Pemanfaatan Hexacopter merupakan salah satu metode untuk pemetaan dengan skala besar yang dilakukan secara lebih cepat dan efisien, memungkinkan penghematan waktu dibandingkan dengan menggunakan metode survei konvensional. Dengan dukungan GPS/GLONAS, pengambilan data pemetaan menjadi lebih mudah dan aman, melalui perancangan jalur terbang menggunakan perangkat lunak yang kompatibel. Tingkat keselamatan penerbangan Hexacopter di dunia nyata sangat penting, terutama dalam situasi pertemuan dekat dengan pesawat lainnya. Dalam suatu pekerjaan fotogrametri memerlukan suatu rencana jalur terbang agar foto yang di hasilkan mempunyai kualitas yang baik. Untuk mendapatkan jalur terbang dan memudahkan identifikasi serta dapat memperoleh data yang lebih akurat maka perlu didesain jalur terbang menggunakan autopilot dan mengatur parameter kendali kecepatan pesawat yang optimal. Dengan demikian diharapkan stabilitas dan efisiensi misi terbang fotogrametri dapat dicapai. Untuk mengevaluasi keakuratan sistem pemetaan pencitraan Hexacopter, penerbangan dilakukan secara independen dengan kamera RGB diterbangkan di lokasi pengujian. Misi penerbangan dan akuisisi data direncanakan di laboratorium mulai dari area of interest (AOI), Ground Sampling Distance (GSD) dan mengetahui parameter intrinsik dari kamera digital yang dipasang. Dengan menetapkan skala gambar dan panjang fokus kamera, ketinggian terbang. Pusat perspektif kamera (nadir) dihitung untuk memperbaiki garis-garis yang tumpang tindih memanjang dan transversal, sementara keberadaan GNSS/IMU di dalamnya biasanya dimanfaatkan untuk memandu perolehan gambar. Hasil pengujian produk menghasilkan GSD masing masing penerbangan berada di bawah 1 cm/pixel. kamera dihitung untuk memperbaiki garis-garis yang tumpang tindih memanjang dan transversal, sementara keberadaan GNSS/IMU di dalamnya biasanya dimanfaatkan untuk memandu perolehan gambar. Hasil pengujian produk menghasilkan GSD masing masing penerbangan berada di bawah 1 cm/pixel.

Kata Kunci: Hexacopter, Jalur Terbang, Fotogrametri.

1. PENDAHULUAN

Dalam era digital ini, kemajuan teknologi menjadi fokus utama dalam perkembangan kehidupan manusia. Seiring dengan berjalannya waktu, teknologi drone telah menjadi fenomena yang populer di kalangan masyarakat, dengan kemampuannya untuk mengambil foto atau video (Adi, 2022). Sebagai inovasi dalam era globalisasi, teknologi drone, yang juga dikenal sebagai Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dalam konteks militer, mencakup berbagai jenis, salah satunya adalah hexacopter (Amin & Meldi, 2018). Unmanned Aerial Vehicle (UAV) merupakan salah satu strategi atau metode untuk pemetaan dengan skala besar yang dilakukan secara lebih cepat dan efisien, memungkinkan penghematan waktu dibandingkan dengan menggunakan metode survei konvensional. Dengan dukungan GPS/GLONAS, pengambilan data pemetaan menjadi lebih mudah dan aman melalui perancangan jalur terbang menggunakan perangkat lunak yang kompatibel dengan drone pada gadget yang dipilih [1].

Hexacopter, sebagai salah satu jenis drone VTOL, menggunakan enam motor brushless yang diposisikan bersebrangan untuk memberikan daya angkat dan mengontrol stabilitas sistem pergerakan. Tingkat keselamatan penerbangan hexacopter di dunia nyata sangat penting, terutama dalam situasi pertemuan dekat dengan UAV lainnya. Untuk mengatasi hambatan yang tidak diketahui sebelumnya, hexacopter dilengkapi dengan sensor yang dipasang selama misi untuk mendeteksi dan menghindari hambatan. Kendali hexacopter dilakukan dari jarak jauh menggunakan gelombang radio pada frekuensi 2.4GHz dan/atau 5GHz. Hexacopter dilengkapi dengan berbagai sensor, seperti Inertial Motion Units (IMU) dan giroskop, untuk mengenali kesejajaran dan posisi pesawat. Sistem visi menggunakan inframerah untuk melengkapi kemampuan sensor [2].

Dalam suatu pekerjaan fotogrametri memerlukan suatu rencana jalur terbang agar foto yang di hasilkan mempunyai kualitas yang baik. Jadi kita perlu merancang nya dengan mode autopilot dengan tambahan hardware flight controller. Untuk mendapatkan jalur terbang dan memudahkan identifikasi data serta dapat memperoleh data yang lebih akurat maka perlu didesain jalur terbang menggunakan autopilot dan mengatur parameter kendali kecepatan pesawat yang optimal. Dengan demikian diharapkan stabilitas dan efisiensi misi terbang fotograametri dapat dicapai.

2. METODOLOGI

Untuk mengevaluasi keakuratan sistem pemetaan pencitraan drone hexacopter, penerbangan dilakukan secara independen dengan kamera RGB yang dilengkapi hexacopter diterbangkan di lokasi pengujian (gambar 1). Penerbangannya terdiri dari drone hexacopter. Misi (penerbangan dan akuisisi data) direncanakan di laboratorium mulai dari area of interest (AOI), Ground Sampling Distance (GSD) dan mengetahui parameter intrinsik dari kamera digital yang dipasang. Dengan menetapkan skala gambar dan panjang fokus kamera, ketinggian terbang. Pusat perspektif kamera (nadir) dihitung untuk memperbaiki garis-garis yang tumpang tindih memanjang dan transversal, sementara keberadaan GNSS/IMU di dalamnya biasanya dimanfaatkan untuk memandu perolehan gambar.

Operasi lepas landas dan pendaratan sangat berkaitan dengan kendaraan dan karakteristik yang digunakan dikendalikan dari darat oleh pilot (dikendalikan dari darat). Selama penerbangan akuisisi mengikuti mengikuti jalur terbang. Citra yang dikumpulkan selama penerbangan disimpan di dalam platform menggunakan kartu memori SD yang terletak di kamera. Adapun kondisi kalibrasi persiapan terbang diperlihatkan pada Gambar 1 dan Gamabar 2 memperlihatkan kondisi pesawat sedang menjalankan misi penerbanagan fotogrametri.



Gambar 1. Kalibrasi Pesawat Pesiapan Terbang



Gambar 2. Misi Terbang Fotogrametri

Spesifikasi pesawat dengan kamera Sony yang terintegrasi dengan Hexacopter dibuat untuk sistem fotogrametri yang lengkap dengan IMU dan GNSS, seperti yang diperlihatkan pada Table 1. Adapun spesifikasi sensor dan kamera diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Spesifikasi Hexacopter

Drone type	Hexacopter
Bobot Maximum take off	Up to 26 kg
Bobot (dengan baterai)	16,649 kg
Dimensi Pesawat	Tinggi: 690 mm Lebar : 1375 mm
Dimensi Remote Control	Panjang: 190 mm Lebar: 150 mm,Tinggi: 45 mm
Tipe Baterai	Lithium Polymer
Dimensi Batrai	Panjang: 14 cm Lebar: 9 cm Tinggi: 20 cm
Flight Speed	7 m/s
Maximum Flight Time	30 menit
Suhu Operasional	Max 50° min -10°
Maximum take-off altitude	100 meter
Flight time (durasi terbang)	30 menit
Take-off dan Landing	Manual / Otomatis

Tabel 2 Spesifikasi Sensor dan Kamera

GPS	Here 3
IMU	CUAV Nora
Kamera	Sony a6400
Panjang Focus	16 sampai 50 mm
Sensor	APS – C size 24.2 Megapixel
Fokus	Otomatis atau Manual
Image Size (CCD)	6000 x 4000
Format Foto	Jpeg (EXIF Ver) dan RAW Sony
Shutter type	Elektronik / Global

Lokasi Uji penerbangan fotogrametri dilakukan di Yogyakarta bersama mitra Matching Fund Tahun 2023. Adapun pelaksanaan uji dilakukan di Stadion Sultan Agung Bantul Yogyakarta. Ketinggian terbang yang ditetapkan untuk pengujian yakni 96 mdpl atau 30 above ground level, 105 mdpl atau 40 above ground level dan 116 mdpl above ground level tiga kali penerbangan dengan memperhatikan kondisi cuaca. Penerbangan dilakukan pada tanggal 5 Desember 2023 pukul 0.09 Wib sampai selesai dengan luas rencana 0,98 Ha, dengan Lokasi jalur terbang seperti Gambar 3.



Gambar 3. Jalur Terbang dan Lokasi Uji Terbang Pengambilan Fotogrametri

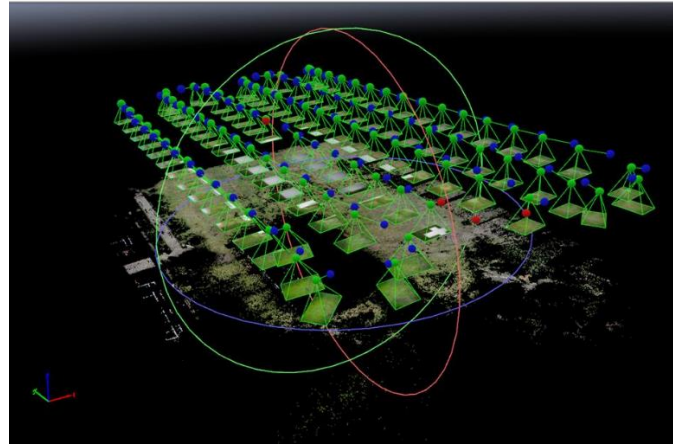
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada uji misi fotogrametri yang bertempat di Yogyakarta, dua parameter utama yang mengatur desain penerbangan adalah GSD dan tumpang tindih gambar. GSD adalah area piksel yang diproyeksikan di permukaan tanah dan merupakan fungsi dari panjang fokus kamera, ukuran fisik masing-masing elemen sensor di dalam kamera (disebut pitch piksel), dan ketinggian penerbangan di atas permukaan tanah. Adapun GSD yang diperoleh dari pengujian tersebut dapat di lihat pada tabel 3.

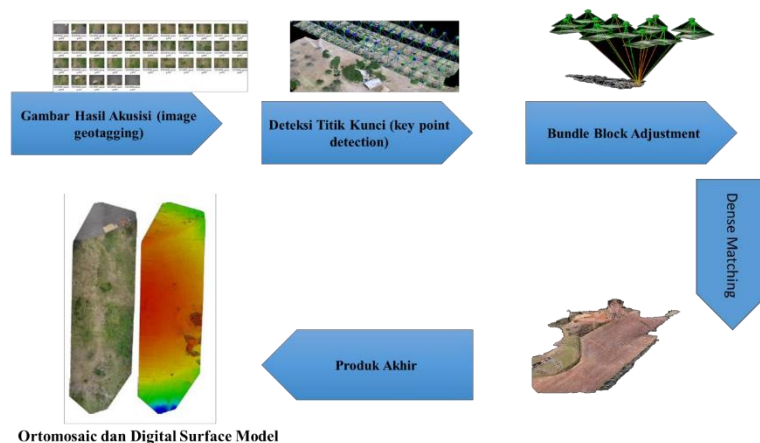
Pemrosesan Data Hasil Akusisi fotogrametri menggunakan konsep Bundle Adjustment (Gambar 4) merupakan suatu pendekatan model matematika fotogrametri yang digunakan untuk kalibrasi kamera dalam proses pemotretan. Bundle adjustment menetapkan posisi dan orientasi dari setiap berkas menggunakan sinar dari setiap berkas dan informasi titik kontrol tanah yang diberikan. Prinsip bundle adjustment adalah menghubungkan secara langsung sistem koordinat foto ke sistem koordinat tanah tanpa melalui tahap orientasi relatif dan absolut. Proses Bundle Adjustment dijalankan secara otomatis yang disebut Bundle Block Adjustment untuk Aerial Triangulation. Seluruh proses dilakukan pada perangkat lunak pengolah gambar menggunakan titik kunci yang ada dan mencocokkan serta memulai proses Bundle Block Adjustment. Hasilnya sesuai dengan jumlah semua titik kunci (key point) yang dapat dicocokkan pada setidaknya dua gambar. Penentuan posisi kamera dikodekan dalam image exchange file format (EXIF) atau disimpan dalam file terpisah yang memuat koordinat gambar [8].

Titik kunci bersifat unik karena tidak peduli bagaimana gambar diputar atau diskalakan, titik kunci yang sama memiliki kemungkinan besar untuk diidentifikasi dari database fitur yang besar dan banyak gambar. Ketika Bundle Blok Adju selanjutnya membentuk dense point cloud Awan titik padat (dense point cloud) adalah representasi tiga dimensi (3D) dari objek fisik atau lingkungan yang dibuat dengan menangkap sejumlah besar titik individual di ruang angkasa menggunakan teknik

fotogrametri. Awan titik bersifat “dense” karena mengandung titik-titik dengan kepadatan tinggi, biasanya ribuan atau bahkan jutaan titik per meter persegi, sehingga memungkinkan representasi objek atau lingkungan yang sangat detail. Alur kerja pemrosesan data yang disederhanakan dapat dilihat pada Gambar 5 dan jumlah point cloud terbentuk dapat dilihat pada tabel 3 [9].

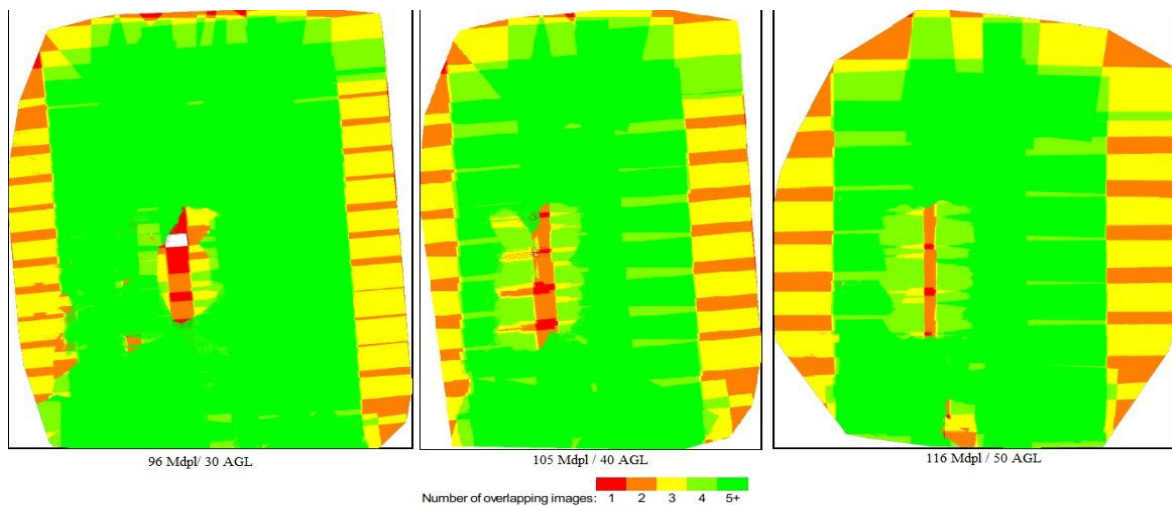


Gambar 4. Proses Bundle Block Adjustment untuk Aerial Triangulation hasil akusisi Hexacopter



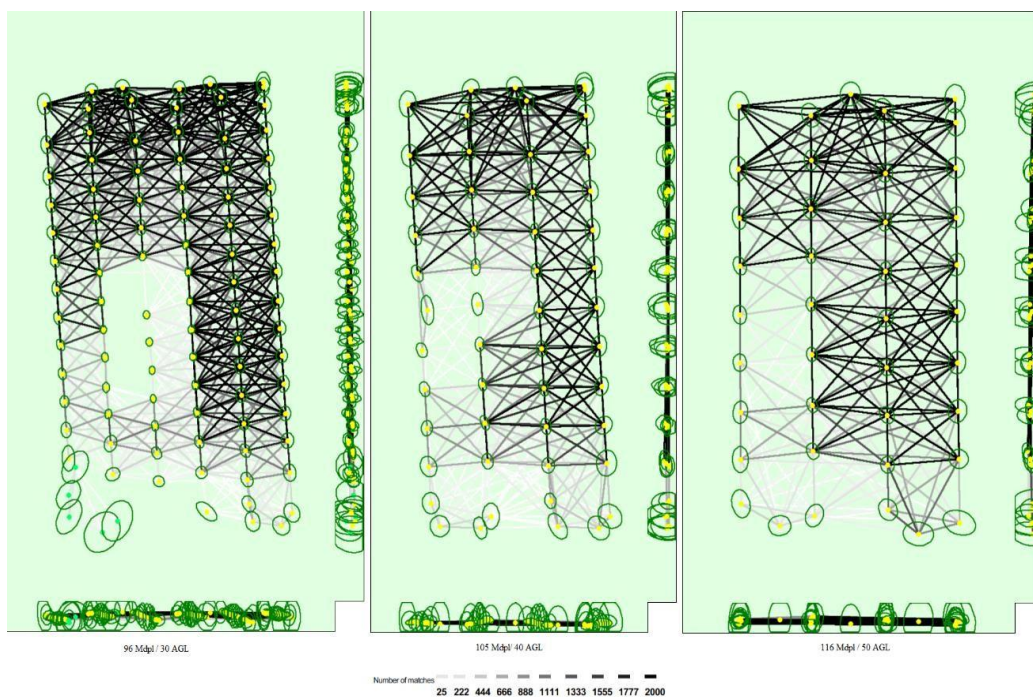
Gambar 5. Proses Pengolahan Data Uji Fotogramteri Hexacopter

Pada pengujian hasil tumpang tindih gambar dimana jumlah gambar yang tumpang tindih dihitung untuk setiap piksel ortomosaic seperti pada Gambar 6. Area merah dan kuning menunjukkan tumpang-tindih yang rendah sehingga dapat menghasilkan hasil yang buruk. Area hijau menunjukkan tumpang-tindih pada 5 gambar untuk setiap piksel. Hasil berkualitas baik akan dihasilkan selama jumlah pencocokan keypoint juga mencukupi untuk area tersebut (lihat Gambar 7 untuk pencocokan keypoint).



Gambar 6. Jumlah Gambar Tumpang Tindih Sepanjang Tiga Kali Penerbangan

Tampilan Gambar 7 gambar posisi yang dihitung dengan hubungan antara gambar yang cocok (matching image). Gelapnya tautan menunjukkan jumlah titik kunci 2D yang cocok di antara gambar. Tautan terang menunjukkan tautan lemah dan memerlukan Manual Tie Points atau lebih banyak gambar. Elips berwarna hijau tua menunjukkan ketidakpastian posisi kamera relatif (N_x diperbesar) dari hasil bundle block adjustment untuk aerial triangulation.



Gambar 7. Kecocokan gambar (matching image)

Tabel 3. Hasil Uji Terbang Fotogrametri

Uji	Jumlah Jalur	Lokasi	Tinggi Terbang (mdpl dan AGL)	Pertampalan Kedepan dan Kesamping	GSD (cm)	Arah Terbang	Jumlah Foto	Kecapatan angin (km/jam)	Focal Length (mm)	CCD Width (pixel)	CCD Height (pixel)	Jumlah kepadatan titik 3 dimensi (D)	Luas Area Ha
Desember 2023	6	Parkir Selatan Stadion	96 30	70 % 70 %	0,56	Utara - Selatan , Selatan - Utara	102	5	20	6000	4000	20.511.950 Rata rata kepadatan titik 3D per meter kubik 15.762,6	1,16
Desember 2023	4	Parkir Selatan Stadion	105 40	70 % 70 %	0,73	Utara - Selatan , Selatan - Utara	52	10	20	6000	4000	12.032.108 Rata rata kepadatan titik 3D per meter kubik 7.230,66	1,10
Desember 2023	4	Parkir Selatan Stadion	116 50	70 % 70 %	0,89	Utara - Selatan , Selatan - Utara	40	13	20	6000	4000	9.415.695 Rata rata kepadatan titik 3D per meter kubik 4.090,66	1,30

4. KESIMPULAN

Secara ringkas hasil pengujian produk menghasilkan ground sampling distance (GSD) masing masing penerbangan berada di bawah 1 cm/pixel. Ground Sampling Distance (GSD) adalah jarak antara dua pusat piksel berurutan yang diukur di lapangan. Semakin besar nilai GSD pada gambar, maka semakin rendah resolusi spasial gambar tersebut dan semakin sedikit detail yang terlihat. Dalam pengujian ini tanpa menggunakan Ground Control Point (GCP), penggunaan GCP dapat membantu meningkatkan akurasi posisi pada saat pemrosesan gambar.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adi, A. (2022). Perancangan Sistem Autonomous Drone Quadcopter Dengan Menggunakan Metode Waypoint. *ALINIER: Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 2(2), 69–76. <https://doi.org/10.36040/alinier.v2i2.4607>
- [2] Amin, Z., & Meldi, D. (2018). Pengidentifikasian dan Pencarian Manusia Berbasis Citra Menggunakan Unmanned Aerial Vehicle. *METAL: Jurnal Sistem Mekanik Dan Termal*, 2(2), 50. <https://doi.org/10.25077/metal.2.2.50-60.2018>
- [3] Firdaus, R. (2020). Perancangan Dan Implemetasi Sensor GPS Pada Sistem Navigasi Multitrotor. *Telekontran : Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Kendali Dan Elektronika Terapan*, 8(1), 30–41. <https://doi.org/10.34010/telekontran.v8i1.3069>
- [4] Hidayah, M. I. T. (2022). Analisa Pengaruh Airfoil Terhadap Manuver Dan Kecepatan Pada Pesawat Tanpa Awak Tipe Fixed Wing Berbasis Ardupilot. *Jurnal Mesin Material Manufaktur dan Energi (Jmmme)*, 12(1), xx–xxx.
- [5] I Putu Harianja Prayogo1), F. J. M. , L. I. R. L. (2020). Pemanfaatan Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Quadcopter Dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka Ground Control Point (GCP). *Jurnal Ilmiah Media Engineering* , 10(1), 47–58.
- [6] Rizqi, M. (2018). Perencanaan Jalur Terbang Tanpa Pilot Pada Proses Pengumpulan Data Untuk Pemetaan Dengan Penerbangan Tanpa Awak. *Jurnal Link*, 27(1), 14–19.
- [7] Samuel Saroinsong, H., C. Poekoel, V., & D.K Manembu, P. (2018). Rancang bangun wahana pesawat tanpa awak (Fixed Wing) berbasis Ardupilot. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, 7(1), 73–84.

- <https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/elekdankom/article/download/19195/18753>,
- [8] Fajrin. (2023). Pengantar Fotogrametri Untuk Pemetaan Menggunakan Wahana Tanpa Awak. Malang. Madza Media.
- [9] Pricope, N. G., Mapes, K. L., Woodward, K. D., Olsen, S. F., & Baxley, J. B. (2019). Multi-sensor assessment of the effects of varying processing parameters on UAS product accuracy and quality. *Drones*, 3(3), 63. Pix4D (2019). Pix4Dmapper Pro; [Computer Software]; Pix4D: Prilly, Switzerland.