

PENGUNAAN DRONE UNTUK SURVEI PHOTOGRAMETRI PADA PEKERJAAN KONSTRUKSI

Syarifuddin¹, Abdul Ghofur², Mara Muda Siregar³

¹Prodi Teknik Sipil Pertahanan, Akademi Militer, Jl. Gatot Subroto No. 1 Magelang
Jawa Tengah

syarifuddin.akmil@gmail.com¹⁾

²Prodi Teknik Sipil Pertahanan, Akademi Militer, Jl. Gatot Subroto No. 1 Magelang
Jawa Tengah

aaghof981@gmail.com²⁾

³Prodi Teknik Sipil Pertahanan, Akademi Militer, Jl. Gatot Subroto No. 1 Magelang
Jawa Tengah

regarboy060190@gmail.com³⁾

ABSTRAK

Drone adalah pesawat udara nirawak yang dilengkapi dengan sensor dan kamera yang bisa digunakan untuk kegiatan pendokumentasian. Namun saat ini teknologi drone sudah berkembang menjadi aplikasi termasuk survei pemetaan udara. Pertumbuhan teknologi telah memberi manfaat signifikan termasuk di industri konstruksi dengan memungkinkan pengumpulan data spasial secara akurat dan efektif untuk pemodelan 3 dimensi, pemantauan progress dan volume pekerjaan. Teknik studi literatur digunakan untuk membahas perbandingan produktifitas dan akurasi dari 3 jenis drone yang berbeda, yaitu DJI Phantom 4 proV2, DJI Mavic 3 Enterprise+RTK, dan WingtraOne Gen II. Pemanfaatan teknologi survei fotogrametri pada proyek jalan memanjang direkomendasikan menggunakan drone portabel serta kemampuan metode PPK dan atau RTK dengan pertimbangan utama akurasi dan produktifitas. Hasil penelitian dapat memberikan wawasan mengenai kombinasi drone dan metode geotagging yang optimal dalam pemanfaatan fotogrametri di pekerjaan konstruksi khususnya pekerjaan jalan.

Kata-kunci: drone; fotogrametri; konstruksi

ABSTRACT

A drone is an unmanned aerial vehicle equipped with sensors and cameras that can be used for documentation activities. However, drone technology has currently evolved into various applications, including aerial mapping surveys. Technological advancements have provided significant benefits, particularly in the construction industry, by enabling accurate and efficient spatial data collection for three-dimensional modeling, progress monitoring, and volume measurement. A literature review method was employed to discuss the comparison of productivity and accuracy among three different types of drones, namely the DJI Phantom 4 Pro V2, DJI Mavic 3 Enterprise + RTK, and WingtraOne Gen II. The application of photogrammetric survey technology in linear road projects is recommended to utilize portable drones equipped with PPK and/or RTK methods, with accuracy and productivity as the primary considerations. The results of this study provide insights into the optimal combination of drone platforms and geotagging methods for the effective use of photogrammetry in construction works, particularly road construction projects.

Keywords: Construction; Drone; Photogrammetry

PENDAHULUAN

Sektor konstruksi vital bagi ekonomi, perlu dinamis menghadapi perubahan, dan mengintegrasikan teknologi untuk meningkatkan produktivitas, kualitas, serta

keberlanjutan, dengan waktu, biaya, kualitas, dan risiko sebagai pilar manajemennya, sebagaimana diungkapkan Said (2011), Rezaian (2011), dan Chowdhury et al. (2019).

Perkembangan teknologi eksponensial, seperti yang disebut oleh

Diamandis (2012), adalah pendorong utama transformasi industri, termasuk konstruksi, dimana perusahaan konstruksi terus mencari metode inovatif untuk mencapai tujuan proyek (Chen et al. 2022).

Dalam penelitian Chen et al. (2022) yang mengidentifikasi dari literatur menghasilkan 26 teknologi yang dapat dikelompokkan ke dalam 5 kategori berdasarkan fungsinya dalam proses konstruksi, yaitu akuisisi data, analisis, visualisasi, komunikasi, serta otomasi desain dan konstruksi. Kategori akuisisi data dan visualisasi secara umum mendukung dan memungkinkan inovasi dalam banyak aspek konstruksi. *Building Information Modelling* (BIM) merupakan teknologi yang paling umum digunakan, dikombinasikan dengan teknologi lain seperti PUNA, *Geographic Information System* (GIS) dan *Light Distance and Ranging* (LiDAR).

Teknologi PUNA diterapkan dan diintegrasikan ke dalam dunia konstruksi secara cepat dan terus berkembang dalam berbagai tahapan siklus hidup konstruksi (Albeaino dan Gheisari 2021). Manfaat dalam penggunaan PUNA tersebut antara lain penghematan waktu, meminimalisir risiko, monitoring proyek, meningkatkan produktivitas, efisiensi metode kerja, meningkatkan komunikasi, informasi secara real-time, integrasi dengan data BIM, perhitungan volume material, pengukuran dan pemetaan, survei fotogrametri yang akurat, serta meningkatkan keamanan (Mahajan, 2021).

Fotogrametri didefinisikan oleh American Society of Photogrammetry sebagai “seni, ilmu pengetahuan, dan teknologi untuk memperoleh informasi yang dapat dipercaya tentang objek fisik dan lingkungan, melalui proses

perekaman, pengukuran, dan interpretasi gambar dan pola energi radiasi elektromagnetik dan fenomena lainnya (Miller 1957). Definisi lain fotogrametri oleh Kaamin et al. (2017) adalah memperoleh pengukuran dan model 3D (3-dimensi) yang dapat diandalkan melalui foto. Survei fotogrametri dengan PUNA memberikan foto dengan resolusi tinggi yang tumpang tindih disusun menjadi sebuah mosaik yang membentuk model permukaan 3D dengan resolusi tinggi untuk digunakan pemetaan topografi, perhitungan volumetrik, atau representasi tiga dimensi lokasi kerja (Tatum and Liu 2017). Untuk keperluan konstruksi yang membutuhkan ketelitian dan akurasi yang tinggi, dibutuhkan pemilihan wahana dan metode yang tepat dalam akuisisi data survei fotogrametri (Martínez-Carricondo et al. 2018).

Penelitian terkait perbandingan akurasi antara PUNA dengan data RTK GPS dengan menggunakan 45 titik uji didapatkan nilai akurasi 44 mm secara horizontal dan 68 mm secara vertikal (Barry dan Coakley 2013). Penggantian metode konvensional Total Station dengan teknologi fotogrametri PUNA menggunakan GCP untuk proyek infrastruktur jalan menunjukkan hasil kesalahan elevasi sebesar 1,9 cm pada GCP (Eyoh et al., 2019).

Masih sedikitnya penelitian terdahulu mengenai aplikasi fotogrametri terutama yang membahas perbandingan wahana drone dari segi produktivitas dan akurasi, khususnya dalam pekerjaan konstruksi jalan. Tantangan dalam pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan umumnya berkaitan dengan karakteristik lahan yang bersifat memanjang, sehingga membutuhkan waktu yang relatif lama dalam proses

pengambilan data. Selain itu, tidak jarang terdapat lokasi-lokasi yang sulit dijangkau dan berisiko tinggi apabila menggunakan metode survei pengukuran langsung, terutama pada medan yang terjal dan ekstrem.

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi informasi dan kemudahan akses melalui internet, semakin banyak pilot Pesawat Udara Nirawak (PUNA) serta pengolah data yang berperan sebagai praktisi dalam implementasi survei fotogrametri untuk berbagai kebutuhan. Teknologi ini telah banyak dimanfaatkan, termasuk dalam industri konstruksi, sebagai solusi yang lebih efisien, aman, dan akurat dalam pengumpulan data spasial.

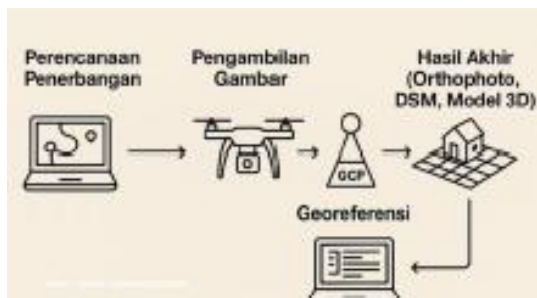
Peraturan terkait penggunaan survei fotogrametri dalam bidang konstruksi berdasarkan Peraturan Menteri PUPR Nomor 22 Tahun 2018 (DJBK 2021) tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara diperjelas melalui Surat Edaran Nomor 25.1/SE/Db/2023 (DJBK 2023) tentang Pedoman Implementasi BIM pada Lingkup Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan di Direktorat Jenderal Bina Marga dalam kegiatan *reality capture* secara periodik untuk mendapatkan kondisi lapangan menggunakan fotogrametri atau laser scan. Sedangkan regulasi terkait pedoman uji akurasi hasil survei fotogrametri mengacu pada Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 (Peraturan Badan Informasi Geospasial 2018) merevisi Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 (Kepala Badan Informasi Geospasial 2014) tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.

METODE

Teknik studi literatur digunakan dalam penelitian ini untuk memahami tren dan konsep terbaru dalam teknologi drone secara umum dan dalam teknologi konstruksi. Pembahasan dalam penelitian ini membatasi pada drone diintegrasikan dengan aplikasi agisoft sebagai solusi akurasi, efektifitas pada pekerjaan dengan medan yang terjal dan ekstrem.

PEMBAHASAN

Penelitian diawali dengan kajian literatur yang relevan untuk memahami tren dan konsep terkini dalam teknologi PUNA secara umum dan dalam lingkup industri konstruksi. Langkah selanjutnya adalah pengumpulan data primer melalui survei fotogrametri dengan menggunakan tiga jenis wahana PUNA yang berbeda. Data yang terkumpul kemudian diolah dan dianalisis hasil produk dari setiap wahana PUNA yang berupa produktivitas dan uji akurasi. Hasil analisis dari setiap wahana dibandingkan sebelum dilakukan pembahasan dan analisis penelitian. Terakhir, penarikan kesimpulan berupa rekomendasi pemilihan PUNA berdasarkan akurasi dan produktivitas yang sesuai dengan kebutuhan pada proyek jalan serta saran untuk penelitian selanjutnya. Penelitian komparasi PUNA untuk survei fotogrametri yang merupakan bagian dari implementasi *digital construction* dilakukan dengan empat pekerjaan utama untuk mencapai kesimpulan, yaitu (1) persiapan; (2) akuisisi; (3) pengolahan data foto udara; dan (4) perhitungan akurasi vertikal dan horizontal pada produk foto udara. (Ahmad, et al., 2024).



Gambar 1. Proses pemetaan dengan Teknik fotogrametri
(Sumber: dinargeoinstrument, 2025)

1. Produktifitas

Dalam perbandingan antara tiga jenis drone yang berbeda, yaitu DJI Phantom 4 Pro V2, DJI Mavic 3 Enterprise, dan WingtraOne Gen II, terdapat perbedaan yang mencolok dalam durasi terbang dan produktivitasnya yang ditampilkan di Tabel 7. Detail DJI Phantom 4 Pro V2 memiliki durasi terbang yang mencapai 24 menit, dengan kemampuan mencakup area sebesar 20 hektar dalam satu misi terbang sehingga menghasilkan produktivitas sekitar 0,83 hektar per menit. Sementara itu, DJI Mavic 3 Enterprise memiliki durasi terbang 12 menit, namun mampu mencakup area yang lebih luas, yakni 35 hektar, yang berarti memiliki produktivitas sekitar 2,92 hektar per menit. Di sisi lain, WingtraOne Gen II menampilkan rasio produktivitas tidak jauh berbeda dengan DJI Mavic 3 Enterprise dengan durasi terbang 27 menit dan kemampuan mencakup area sebesar 77,19 hektar, menghasilkan produktivitas sekitar 2,86 hektar per menit (Ahmad, et al., 2024).

PUNA	DJI Phantom 4 Pro	DJI Mavic 3 Enterprise	WingtraOne
Wahana	240x240x240	240x240x240	1.200x1.200x1.200
Altitude (m)	400	1.000	1.700
Range (m)	15	30	15
Flight Time (min)	18	15	15
Max Flight Distance (km)	14	12	10
GPS	GPS+GLONASS	GPS+Galileo+BeiDou+GLONASS	GPS+GLONASS+Galileo+BeiDou
Kamera	1 inch CMOS 20MP	4/3 CMOS Wide Camera 20MP	SONY RX1R II 4MP
Altitude sensor Precision	H: ±0.1 m, V: ±0.5 m (RTK)	H: ±0.1 m, V: ±0.1 m (RTK) H: ±1 m, V: ±1 m (PPK) H: ±1 m, V: ±1 m (RTK)	5-7 m (PPK) Precision GCP 10-15 m, V: 1 m (PPK)
GPS - Altitude (m)	±0.1	±0.1	±0.1
Area per flight (ha)	20	35	100
Max Flight Distance (km)	14	12	10

Gambar 2. Spesifikasi PUNA yang dibandingkan
(Sumber: Ahmad, et al., 2024).

2. Akurasi

Phantom 4 Pro v2 menggunakan metode geotagging GCP menghasilkan akurasi horizontal sebesar 0,61 meter dan akurasi vertikal sebesar 1,56 meter. Dengan demikian produk dari Phantom 4 Pro v2 memenuhi standar kelas 3 Skala 1:5.000 mengacu pada PerBIG Nomor 6 Tahun 2018. Sementara itu, DJI Mavic 3 Enterprise menggunakan metode geotagging PPK dan GCP menghasilkan akurasi horizontal sebesar 0,09 meter dan akurasi vertikal sebesar 0,11 meter. Produk dari DJI Mavic 3 Enterprise juga memenuhi standar kelas 1 Skala 1:1.000. Selanjutnya, WingtraOne Gen II menggunakan metode geotagging PPK menghasilkan akurasi horizontal sebesar 0,08 meter dan akurasi vertikal sebesar 0,07 meter. Dengan hasil ketelitian tersebut, produk dari WingtraOne Gen II juga memenuhi standar kelas 1 skala 1:1.000. Dari hasil ini terdapat dua wahana yang mampu menghasilkan produk dengan akurasi kelas 1 skala 1:1.000, yaitu WingtraOne Gen II dan DJI Mavic 3 Enterprise. Sementara itu, wahana PUNA DJI Phantom 4 Pro v2 membutuhkan pengolahan ulang dengan menambahkan GCP menjadi 6 titik untuk memenuhi standar kelas 1

skala 1:1.000 ($CE90 = 0,15$ meter dan $LE90 = 0,22$ meter) (Ahmad, et al., 2024).



Gambar 3. Kualitas data mentah foto dari 3 PUNA: Phantom 4 Pro; Mavic 3E; WingtraOne Gen II
(Sumber: Ahmad et al., 2024).

3. Pengolahan Data

Proses pengolahan fotogrametri meliputi beberapa tahapan, yaitu konversi data mentah pengamatan GNSS, geotagging, dan pengolahan menggunakan perangkat lunak. Data pengamatan GNSS dikonversi ke format RINEX (*The Receiver Independent Exchange Format*) sebagai langkah pertama dalam pengolahan data fotogrametri, kemudian data tersebut digunakan untuk melakukan koreksi posisi foto udara dari PUNA. Setelah *geotagging* selesai, data foto tersebut diproses menggunakan perangkat lunak *Agisoft Metashape* untuk menghasilkan produk akhir berupa *orthomosaic* (ortofoto) dan Digital Elevation Model (DEM).

Tahap *geotagging* adalah proses penambahan informasi posisi dan elevasi pada foto dalam bentuk koordinat dan elevasi yang diperoleh dari pengamatan GNSS. Geotagging berpengaruh terhadap tingkat akurasi produk fotogrametri yang dihasilkan. Terdapat 3 metode geotagging pada fotogrametri yaitu metode Ground Control Point (GCP), metode Real-Time Kinematic (RTK), dan metode Post-Processing Kinematic (PPK).

Metode GCP (Ground Control Point) merupakan teknik geotagging

yang melibatkan penggunaan titik-titik acuan di permukaan bumi dengan koordinat yang diketahui secara akurat. Titik-titik acuan ini berperan sebagai referensi koordinat dan elevasi yang digunakan untuk meningkatkan akurasi dalam proses pengolahan fotogrametri. Metode GCP dilaksanakan saat proses pengolahan data di perangkat lunak survei fotogrametri.

Metode RTK (Real-Time Kinematic) adalah teknik yang digunakan dalam geotagging untuk memberikan koreksi posisi secara real-time terhadap data GNSS yang terdapat di wahana PUNA. Dalam metode ini, data posisi yang diterima oleh perangkat GNSS pada PUNA dikoreksi secara langsung dengan menggunakan informasi yang diperoleh dari stasiun referensi yang terdekat secara real-time. Penting untuk dicatat bahwa selama proses akuisisi, PUNA harus tetap terkoneksi dengan ground station agar hasil yang dihasilkan mempertahankan tingkat akurasi. Dengan menggunakan metode RTK, data mentah foto dapat langsung diolah dalam perangkat lunak survei fotogrametri karena telah terkoreksi saat pengambilan data.

Metode PPK (Post Processing Kinematic) adalah teknik pemrosesan data dalam geotagging yang dilakukan setelah data GNSS direkam selama proses pengumpulan data. Dalam metode ini, data posisi yang direkam oleh perangkat GNSS pada PUNA dan base station diproses lebih lanjut setelah selesai pengumpulan data untuk mendapatkan informasi posisi citra atau foto.

Penelitian ini menggunakan metode geotagging GCP, PPK dan kombinasi GCP dengan PPK yang diuraikan dalam Tabel 4. Metode geotagging GCP digunakan dalam

PUNA DJI Phantom Phantom 4 Pro dengan 3 GCP, WingtraOne Gen II menggunakan metode geotagging PPK tanpa GCP, sedangkan PUNA DJI Mavic 3 Enterprise menggunakan metode kombinasi GCP dan PPK dengan 3 GCP.

UAV	DJI Phantom 4 Pro V2	DJI Mavic 3 Enterprise	WingtraOne Gen II
Metode Geotagging	GCP	PPK + GCP	PPK
Jumlah GCP	3	13	0
Jumlah ICP	12	12	15

Gambar 4. Metode Geotagging
(Sumber: Ahmad et al.,2024).

Orthophoto adalah citra udara atau satelit yang telah diproses secara khusus sehingga memiliki akurasi geometrik yang tinggi, artinya, objek – objek di dalam orthophoto memiliki posisi yang sesuai dengan posisi sebenarnya di permukaan bumi. Oleh karena itu, orthophoto sangat berguna dalam berbagai bidang, terutama dalam penyusunan laporan yang membutuhkan data spasial yang akurat (Lubis et al., 2025).

Kualitas ortofoto dapat ditentukan dengan menggunakan kontrol kualitas dengan melakukan uji ketelitian. Uji ketelitian terdiri dari dua macam, yaitu uji ketelitian radiometrik dan uji ketelitian geometrik (Octariady, 2013).

Pengambilan data foto udara memerlukan perencanaan yang matang terkait aspek teknis pelaksanaan penerbangan. Perencanaan tersebut mencakup penentuan tinggi terbang (altitude), sidelap, dan overlap (Wolf, 1993). Selain itu, parameter lain yang perlu diperhatikan adalah penentuan area pemotretan, yaitu cakupan wilayah yang akan didokumentasikan melalui foto udara. Salah satu tahapan penting dalam proses ini adalah penentuan

jalur terbang, yang berfungsi untuk mengatur pergerakan pesawat selama proses pemotretan udara berlangsung. Jalur terbang memiliki empat parameter antara lain area, sidelap, overlap dan Altitude (Wolf, 1993).



Gambar 5. Tahapan pemetaan dan pengolahan data menggunakan aplikasi Agisoft Photoscan
(Sumber: jasa ukur, 2020).

KESIMPULAN

1. Berdasarkan akurasi dan produktifitas drone dapat diperoleh bahwa drone dengan portabilitas adalah pilihan terbaik untuk penggunaan survei fotogrametri pada tahap pendahuluan proyek jalan.
2. Keberadaan teknologi drone dan digabungkan dengan aplikasi *Agisoft Photoscan* dapat memudahkan engineer ataupun surveyor dalam menyediakan geometrik detail.
3. Output orthomosaic dapat digunakan dalam pemetaan detil area, pengukuran jarak dan luas, serta analisis perubahan lahan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah

memberi dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini, khususnya kepada Gubernur Akademi Militer yang telah memfasilitasi, sehingga dapat terselenggara tepat waktu dan tujuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, A. A., Sidabutar, Y. L., & Herwieany, A. S. (2024). Komparasi produktivitas dan akurasi pesawat udara nirawak untuk survei fotogrametri pada proyek jalan. *Jurnal Jalan & Jembatan*, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Badan Informasi Geospasial Republik Indonesia. (2018). *Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 tentang Perubahan atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*. Jakarta: Badan Informasi Geospasial.
- Barry, P., & Coakley, R. (2013). Accuracy of UAV photogrammetry compared with network RTK GPS. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-1/W2, 27–31.
- Eyoh, A., Ubom, E. E., & Ekpa, O. E. (2019). Comparative analysis of UAV photogrammetry and total station traversing on route survey. *European Journal of Engineering and Technology*, 7(4).
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia. (2018). *Peraturan Menteri PUPR Nomor 22 Tahun 2018 tentang Pembangunan Bangunan Gedung Negara*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Lubis, K. M., Handayani, E., & Wardono, S. (2025). *Pengolahan data foto udara orthophoto dan DEM menggunakan software Agisoft di Muara Pantai Samas Bantul*. In *Proceedings of the Vocational Seminar on Marine & Inland Fisheries* (Vol. 2(1), pp. 99–103).
- Mahajan, S. (2021). Applications of drone technology in construction industry: A study 2012–2021. *Jurnal Jalan dan Jembatan*, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Martinez-Carricondo, P., Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., Mesas-Carrascosa, F. J., García-Ferrer, A., & Pérez-Porras, F. J. (2018). Assessment of UAV-photogrammetric mapping accuracy based on variation of ground control points. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 72, 1–10.
- Octariady, J. (2013). Evaluasi Ketelitian Geometrik Peta Ortofoto. Teknik Geodesi, Universitas Gadjah Mada.
- Said, H., Dmaid, N., & Arman, H. (2011). *Project management for construction projects*.