



Analisis Ketelitian Horizontal Pengukuran *Orthofoto* Menggunakan *DJI Mavic 3 Enterprise* Metode RTK dan PPK

Ary Pratama Putra^{1*}, Fajrin², Dwi Arini³

^{1,2,3} Prodi Teknik Geodesi, Institut Teknologi Padang, Indonesia

Email: 2024510024@itp.arypratama.ac.id^{1*}

Alamat: Jl. Gajah Mada Jl. Kandis Raya, Kp. Olo, Kec. Nanggalo, Kota Padang, Sumatera Barat,
Indonesia 25173

*Penulis korespondensi

Abstract. Aerial photo measurement aims to provide a real, fast, and interactive representation of the Earth's surface. Various methods of aerial photo acquisition and correction can be applied to obtain accurate results. The primary objective is to produce photos that present reliable and precise information consistent with actual conditions. A commonly used method in aerial photo mapping is the utilization of unmanned aerial vehicles (UAVs). The correction methods applied include direct correction, known as the Real-Time Kinematic (RTK) method, and post-processed correction, known as the Post-Processed Kinematic (PPK) method. This study aims to identify the highest horizontal orthophoto quality based on the Indonesian Geospatial Information Agency Regulation (BIG) No. 6 of 2018 concerning RBI map accuracy, by comparing the RTK and PPK methods, as well as variations in flight altitude during UAV data acquisition. The research conducted in Lemo II Village, Teweh Tengah District, North Barito Regency, Central Kalimantan Province revealed that the highest horizontal orthophoto quality was achieved using the PPK correction method at a flight altitude of 120 meters, with a horizontal RMSE value of 0.048 meters and an accuracy of 0.073 meters, which meets Class I standards at a 1:1000 scale. These values were obtained from tests conducted on 15 ICP points. Additional tests performed to determine the significance of model and method differences indicated that variations in flight altitude and photo correction methods have a significant impact on horizontal orthophoto quality.

Keywords: Aerial Photography; PPK Correction; Orthophoto Quality; Flying Height; Water Significance

Abstrak. Pengukuran foto udata bertujuan untuk memberikan gambaran permukaan bumi secara nyata cepat dan interaktif. Banyak metode akuisisi foto udara dan koreksi foto yang dapat dilakukan untuk memperoleh hasil yang akurat. Tujuan utamanya adalah hasil foto dapat menyajikan informasi yang nyata dan akurat sesuai dengan kondisi yang ada. Metode yang umum digunakan dalam pemetaan foto udara adalah menggunakan pesawat tanpa awak atau UAV. Metode koreksi yang digunakan adalah metode koreksi secara langsung yang disebut dengan metode RTK atau metode koreksi yang diproses setelah pengambilan data lapangan yang disebut dengan metode PPK. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas horizontal orthofoto paling tinggi berdasarkan Peraturan BIG no.6 tahun 2018 tentang ketelitian peta RBI antara metode RTK dan PPK serta perbedaan perlakuan tinggi terbang saat pengambilan data dari UAV. Penelitian yang dilakukan di Desa Lemo II, Kecamatan Teweh Tengah, Kabupaten Barito Utara, Provinsi Kalimantan Tengah mendapatkan hasil kualitas horizontal orthofoto paling tinggi adalah metode koreksi PPK dengan tinggi terbang 120 meter dengan nilai RMSE horizontal 0.048 meter dan ketelitian ketelitian 0.073 meter serta masuk dalam kelas 1 skala 1:1000. Nilai tersebut didapatkan dari uji yang dilakukan terhadap 15 titik ICP. Uji lain yang dilakukan untuk mengetahui signifikansi perbedaan model dan metode didapatkan perbedaan model tinggi terbang dan perbedaan koreksi foto memberikan dampak yang signifikan terhadap kualitas horizontal orthofoto

Kata Kunci: Foto udara; Koreksi PPK; Kualitas orthofoto; Tinggi terbang; Uji signifika

1. LATAR BELAKANG

Dalam sepuluh tahun terakhir, perkembangan teknologi geospasial di sektor pertambangan mengalami kemajuan pesat, ditandai oleh perubahan standar, teknik akuisisi data, serta penggunaan alat ukur, khususnya alat ekstraterrestrial seperti drone yang menawarkan efektivitas dan efisiensi tinggi. Salah satu produk utama dari metode ini adalah orthofoto, yakni citra udara yang telah dikoreksi secara geometris dan digunakan sebagai peta

dasar akurat tanpa distorsi, memberikan gambaran nyata dan luas mengenai kondisi tambang. Keunggulan orthofoto membantu pengambilan keputusan dari perencanaan hingga pemantauan dampak lingkungan. Seiring kemajuan teknologi, regulasi dan standar pertambangan juga berkembang. bahkan di banyak negara penggunaan data geospasial kini diwajibkan dalam pelaporan dan pemantauan aktivitas tambang dengan tujuan untuk keselamatan kerja keberlanjutan dan analisa dampak lingkungan. Secara keseluruhan, teknologi seperti orthofoto dan drone telah menjadi alat penting dalam pengelolaan sumber daya serta pelaporan aktivitas tambang, dan dengan terus berkembangnya teknologi serta regulasi, masa depan pertambangan akan semakin bergantung pada solusi geospasial inovatif.

Keuntungan yang ditimbulkan dengan perkembangan teknologi drone sangat banyak, pemerintah indonesia sudah mengambil langkah untuk melakukan pengelolaan izin pertambangan di indonesia, Kementerian Energi Sumber Daya dan Mineral memiliki peraturan yang tertuang pada Keputusan Menteri ESDM 1827 Tahun 2018 tentang pelaksanaan pertambangan yang baik (Menteri ESDM, 2018). Wujud pelaksanaanya adalah dengan pelaporan kegiatan pertambangan sesuai kaidah dan aturan. Laporan yang disampaikan salah satunya adalah foto udara yang memiliki resolusi spasial tinggi dan memiliki akurasi dibawah fraksi centimeter. Data yang dimaksud sejalan juga dengan Peraturan BIG no.1 Tahun 2020 (Badan Informasi Geospasial, 2020) yang mengatur secara teknis akusisi data drone pada skala besar. Peraturan BIG tersebut mengatur sampai proses adjustment data foto menggunakan GCP, akan tetapi belum mengakomodir metode koreksi untuk tagging foto hasil akusisi data menggunakan GNSS secara RTK atau PPK yang terpasang pada unit drone dan pada base station di tanah.

Perkembangan georeferensi foto yang sebelumnya menggunakan Ground Control Point (GCP) sekarang telah beralih menggunakan teknologi GNSS RTK ataupun PPK. Metode yang telah lama digunakan sebagai acuan adalah georeferensi menggunakan GCP karena telah teruji secara kualitas, akan tetapi sudah di rasa kurang efektif dan efisien. (Sergio A. Monjardín-Armenta.dkk, 2024). Di satu sisi perkembangan teknologi akusisi data menggunakan drone sangat cepat, salah satunya adalah teknik georeferensi yang sekarang sudah berkembang kearah koreksi posisi drone saat terbang bukan georeferensi menggunakan posisi koordinat tanah (GCP). Penggunaan metode ini lebih efektif dan banyak dipakai.

2. METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan fokus pada pengukuran ketelitian orthofoto menggunakan UAV DJI Mavic 3 Enterprise. Variasi model dilakukan berdasarkan perbedaan tinggi terbang (120 m, 150 m, dan 180 m) serta metode koreksi foto (RTK dan PPK). Penelitian ini menghasilkan orthofoto dari setiap kombinasi model dan metode, kemudian dibandingkan tingkat ketelitiannya terhadap standar Peraturan BIG No. 6 Tahun 2018 mengenai ketelitian peta RBI. Hasil penelitian diharapkan dapat menunjukkan model dan metode koreksi foto yang paling optimal dalam menghasilkan orthofoto yang akurat (Badan Informasi Geospasial, 2018).

Penelitian dilaksanakan pada perusahaan pemegang PKP2B di Desa Lemo II, Kecamatan Teweh Tengah, Kabupaten Barito Utara, Kalimantan Tengah, dengan area seluas 173 Ha. Waktu penelitian berlangsung selama tiga bulan, yakni April hingga Juni 2025, dengan data utama berupa foto udara (30 April 2025) serta koordinat benchmark base station (9 Juni 2025). Peralatan yang digunakan mencakup UAV Mavic 3 Enterprise, GNSS receiver, base station D-RTK 2, serta perangkat lunak pendukung seperti Agisoft Metashape, Red Toolbox, dan QGIS 3.36.2. Seluruh rangkaian kegiatan meliputi persiapan data, perencanaan jalur terbang, pemasangan ICP, akuisisi foto udara, pengolahan data orthofoto, hingga uji ketelitian horizontal (SNI 8202:2019; Peraturan BIG No.1 Tahun 2020).

Tahapan analisis dilakukan melalui perhitungan Root Mean Square Error (RMSE), ketelitian geometri Circular Error 90% (CE90), serta uji t berpasangan untuk menguji signifikansi perbedaan perlakuan pada model tinggi terbang dan metode koreksi foto. Perhitungan RMSE digunakan untuk mengukur deviasi antara koordinat ICP lapangan dengan hasil digitasi orthofoto, sedangkan CE90 digunakan sebagai acuan penentuan kelas dan skala peta. Selanjutnya, uji t berpasangan dilakukan setelah uji normalitas Liliefors, guna memastikan apakah variasi model maupun metode koreksi foto berpengaruh signifikan terhadap ketelitian orthofoto yang dihasilkan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya menghasilkan data teknis orthofoto, tetapi juga mampu memberikan dasar ilmiah dalam pemilihan metode akuisisi data geospasial yang efisien dan akurat (Agisoft LLC, 2023; DJI, 2022)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran ICP



Gambar 1. Lokasi persebaran titik ICP lokasi penelitian.

Penentuan posisi ICP menggunakan metode RTK (Observed Control Point) dengan pengamatan masing-masing titik selama 3 menit . Metode ini seperti konsep GNSS RTK pada umumnya akan tetapi dilakukan pengamatan secara statis dengan rentang waktu tertentu untuk mendapatkan nilai rata-rata selama pengukuran berlangsung seperti pada Gambar 2 Titik ICP ini sudah memenuhi syarat kualitas yang diatur dalam Peraturan BIG no.1 Tahun 2020 tentang standar pengumpulan data geospasial dasar untuk pembuatan peta dasar skala besar. Apabila mengacu pada skala 1:1000 dan kelas 1 nilai CE 90 adalah 0.3 meter maka standar ICP adalah harus kurang dari 0.045m.



Gambar 2. Proses pengukuran titik koordinat ICP.

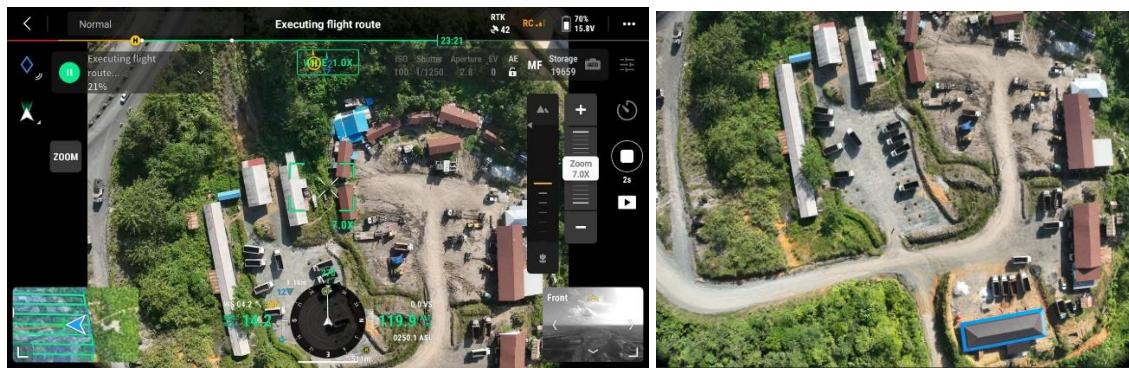
Penentuan posisi ini memiliki referensi terhadap stasiun CORS yang dimiliki oleh perusahaan dengan sistem koordinat UTM Zona 50s. Hasil dari pengukuran ICP adalah koordinat UTM Zona 50s dapat dilihat pada Tabel 1 Hasil dari pengukuran ICP ini digunakan sebagai acuan dalam menentukan kualitas hasil orthofoto secara horizontal dengan melihat nilai RMSE, Uji normalitas dan uji t berpasangan.

Tabel 1. Koordinat hasil pengukuran ICP.

Nomor ICP	Koordinat X	Koordinat Y	Koordinat Z	Akurasi Horizontal (m)
icp01	241658.181	9883394.043	95.304	0.003
icp02	241396.965	9883313.633	84.666	0.003
icp03	241285.973	9883186.060	113.120	0.003
icp04	241334.196	9883138.690	116.315	0.004
icp05	240990.135	9882812.512	123.178	0.006
icp06	241038.250	9882957.266	114.823	0.004
icp07	241855.117	9882911.953	126.829	0.002
icp08	241875.071	9882802.388	127.042	0.002
icp09	241944.877	9882682.999	122.760	0.002
icp10	241692.564	9882787.439	126.839	0.002
icp11	241223.849	9882676.599	106.012	0.004
icp12	241557.253	9882589.007	92.935	0.003
icp13	242359.621	9882991.059	138.039	0.003
icp14	242455.310	9883211.550	124.573	0.002
icp15	242431.630	9882752.416	119.042	0.003

Hasil Pengukuran Foto

Hasil dari pengukuran foto adalah 3 job data sesuai dengan model yang telah ditentukan berdasarkan tinggi terbang 120 meter, 150 meter dan 180 meter. Proses pengukuran untuk semua model secara RTK dan PPK hanya dilakukan satu kali, dengan output awal merupakan hasil dari metode RTK. Hasil pengukuran secara RTK tersebut kemudian diduplikasi dan dilakukan koreksi secara PPK dengan hasil adalah foto geotagging secara RTK. Proses dan hasil pengukuran foto dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses pengukuran dan hasil dari foto model 1 RTK.

Hasil dari pengukuran foto diperoleh raw data untuk masing masing model berjumlah 830 foto untuk model 1, 523 foto untuk model 2 dan 373 foto untuk model 3. Foto yang sudah

diambil dicompile dalam satu folder menurut dengan model sesuai dengan Gambar 4. Semua hasil pengukuran foto memiliki kualitas yang bagus, memiliki bayangan akan tetapi tidak terlalu luas karena didukung kondisi cuaca cerah dan posisi matahari tidak terlalu miring terhadap obyek di permukaan bumi. Selain data foto diperoleh juga data raw GNSS dengan format *.dat dari D-RTK 2. Data raw GNSS digunakan untuk proses pengolahan PPK.



Gambar 4. Foto hasil pengukuran model 1.

Hasil Pengolahan Red Tool Box Foto PPK

Pengukuran foto setiap model hanya menghasilkan satu job saja yaitu koreksi secara RTK. Untuk memperoleh foto koreksi secara PPK, foto tersebut diolah menggunakan software Red Tool Box. Hasil dari ketiga model menunjukkan *Fixed Solution* terhadap koreksi base seperti yang terdapat dalam report pengolahan. Report masing-masing pengolahan tidak diketahui hasil akurasi secara kuantitatifnya, hanya dapat dilihat jumlah foto yang memiliki *fixed, float atau rest* solusi seperti dapat dilihat pada Gambar 5.

Table 2: Trigger quality distribution.

Quality	Trigger	Percentage
<i>Fix</i>	830	100
<i>Float</i>	0	0
<i>Rest</i>	0	0

Gambar 5. Report Quality model 1 pengolahan PPK.

Hasil pengolahan pada software Red Tool Box otomatis membuat job agisoft yang sudah memuat foto terkoreksi dan juga parameter lain yang dibutuhkan untuk pengolahan di Agisoft. Apabila terdapat foto yang memiliki solusi *float* atau *rest* tidak dapat diproses pada langkah selanjutnya, karena pada software Red Tool Box tidak ada pengaturan yang dapat

dimodifikasi untuk memperoleh hasil lain dari data yang sama, sehingga perlu pengulangan pengukuran.

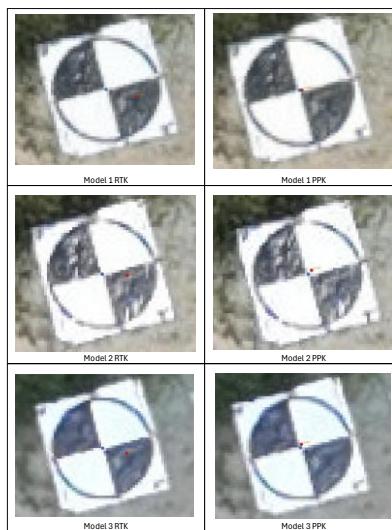
Hasil Pengolahan Orthofoto

Tabel 2. Nilai RMSE lokasi kamera.

No	Model	Metode	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Total Error (m)
1	1	RTK	0.155	0.104	0.801	0.823
2	1	PPK	0.168	0.221	0.081	0.289
3	2	RTK	0.116	0.080	0.540	0.558
4	2	PPK	0.023	0.023	0.037	0.049
5	3	RTK	0.101	0.094	0.537	0.554
6	3	PPK	0.123	0.428	0.231	0.501

Error lokasi kamera antar model menunjukkan hasil yang tidak saling berkaitan. Nilai error pada komponen X tidak menunjukkan sebuah trend naik ataupun turun. Begitu juga untuk faktor Y dan Z. Kemudian jika melihat dari metode RTK dan PPK secara *total error* yang terjadi, metode PPK memiliki nilai yang lebih rendah di bandingkan dengan metode RTK. Sehingga metode PPK memiliki akurasi kamera yang lebih baik.

Hasil ketelitian horizontal orthofoto secara visual dapat dibandingkan dengan melihat besaran pergeseran antara koordinat pengukuran ICP di lapangan dengan koordinat ICP di foto seperti pada Gambar 6. Semakin pendek jarak antara keduanya menunjukkan bahwa ketelitian orthofoto lebih baik, sedangkan jika semakin jauh menunjukkan ketelitian orthofoto lebih buruk. Contoh visualisasi yang ditampilkan pada Gambar 6 adalah titik ICP 3. Titik merah merupakan koordinat pengukuran dan biru adalah koordinat foto. Secara visual metode koreksi PPK ketelitian horizontal lebih baik dibandingkan dengan koreksi RTK dibuktikan dengan jarak antara koordinat lebih pendek dibandingkan dengan metode RTK



Gambar 6. Perbandingan lokasi ICP.

Analisis Kualitas Orthofoto

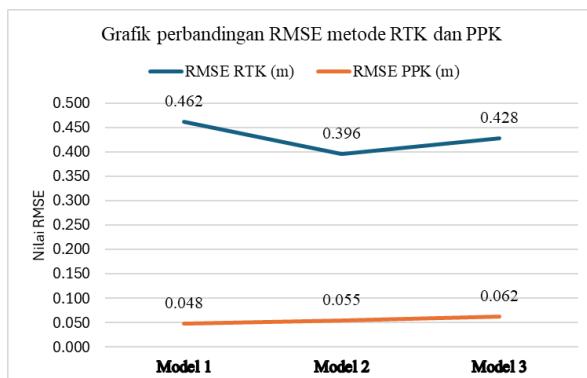
Analisa kualitas hasil orthofoto dilakukan dalam beberapa uji, hal tersebut dilakukan untuk menjawab rumusan masalah dan tujuan dalam penelitian ini dengan hasil adalah mengetahui model dan metode yang terbaik.

Perhitungan RMS Error

Tabel 3. Nilai RMSE horizontal orthofoto..

No	Model	Metode	RMSE Horizontal (m)
1	1	RTK	0.4616
2	1	PPK	0.0481
3	2	RTK	0.3957
4	2	PPK	0.0549
5	3	RTK	0.4276
6	3	PPK	0.0622

Berdasarkan Tabel 3 nilai RMSE paling kecil yaitu pada model 1 metode PPK dan nilai paling besar adalah pada model 1 metode RTK, hal ini menunjukkan bahwa kualitas orthofoto paling baik adalah pada model 1 dengan metode PPK. Nilai RMSE semakin naik pada penggunaan metode PPK dari model pertama hingga model ketiga, namun untuk metode RTK tidak dapat dilihat trennya karena nilainya naik turun. Untuk lebih dapat melihat pengaruh model dan metode dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik RMSE orthofoto.

Analisa Ketelitian Geometri

Uji ketelitian geomatri merupakan lanjutan dari uji RMSE yaitu untuk mengetahui kualitas orthofoto lebih lanjut menurut Peraturan Kepala Badan Informasi Geosapsial no 6 Tahun 2018 tentang ketelitian peta RBI yang telah dijelaskan pada sub bab 2.2.6 tentang uji ketelitian peta. Berdasarkan perhitungan terhadap semua model dan juga metode didapatkan ketelitian horizontal orthofoto atau disebut CE90 seperti pada Tabel 4

Tabel 4. Ketelitian geometri orthofoto.

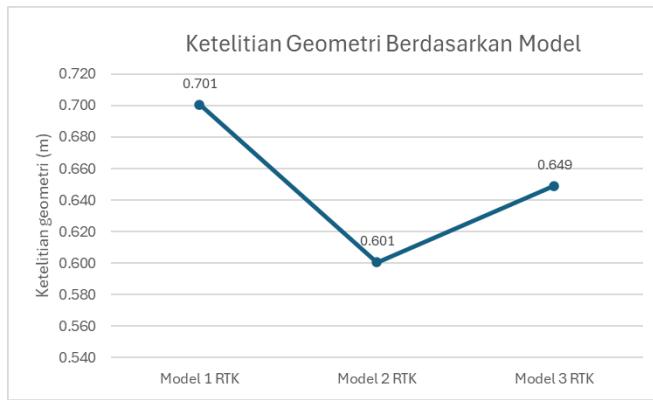
No	Model	Metode	Ketelitian Geometri Horizontal (m)
1	1	RTK	0.7005
2	1	PPK	0.0730
3	2	RTK	0.6005
4	2	PPK	0.0833
5	3	RTK	0.6489
6	3	PPK	0.0943

Berdasarkan Tabel 4 ketelitian geometri horizontal terkecil adalah pada model 1 metode PPK dengan nilai 0.0730 m. Sementara itu untuk nilai ketelitian geometri terbesar terdapat pada model 1 metode RTK dengan nilai 0.7005 m. Berdasarkan ketelitian geometri yang mengacu pada Peraturan BIG No 6 Tahun 2018, untuk ketelitian horizontal model 1, 2, 3 metode PPK dikategorikan pada peta skala 1:1000 pada kelas 1. Sementara itu untuk ketelitian horizontal model 1, 2, 3 metode RTK dapat dikategorikan pada peta dengan skala 1: 2500 pada kelas 1.

Analisa Ketelitian Geometri Berdasarkan Model (Tinggi Terbang)

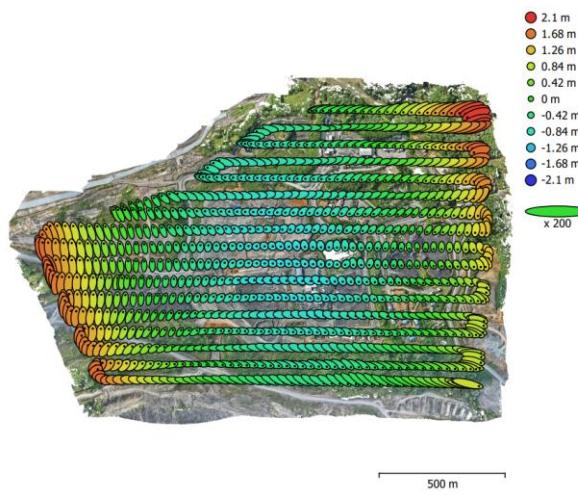
Berdasarkan Tabel 4 faktor tinggi terbang memberikan pengaruh terhadap ketelitian geometri horizontal orthofoto. Ketelitian geometri model 1 PPK lebih baik dibandingkan dengan ketelitian geometri model 2 PPK, selanjutnya ketelitian geometri model 2 PPK lebih baik dibandingkan dengan model 3 PPK. Begitu juga untuk model 2 RTK memiliki nilai lebih baik dibandingkan dengan model 3 RTK. Sehingga semakin rendah tinggi terbang memberikan pengaruh ketelitian geometri semakin baik, karena nilai GSD semakin kecil dan jumlah foto yang diambil semakin banyak. Hal tersebut berpengaruh positif terhadap proses pengolahan data yang ada pada software Agisoft Metashape.

Data yang memiliki anomali adalah pada model 1 RTK dapat dilihat pada Gambar 8 dengan nilai ketelitian geometri paling tinggi yang menunjukkan ketelitian geometri paling rendah. Hal ini bertentangan dengan pernyataan bahwa semakin rendah tinggi terbang memberikan kualitas semakin baik. Anomali ini juga selaras dengan apa yang ditampilkan pada Tabel 4 yaitu nilai RMSE lokasi kamera pada model 1 RTK memiliki nilai yang paling tinggi sebesar 0.823 meter.



Gambar 8. Anomali data ketelitian geometri.

Model 1 RTK memiliki ketelitian geometri horizontal paling rendah terjadi karena beberapa faktor berdasarkan data yang diperoleh. Pertama model 1 RTK dalam pengambilan data dilakukan pertama kali dibandingkan dengan model lain, hal ini asumsi terpengaruh oleh kondisi base station ataupun UAV yang masih melakukan inisiasi GNSS pada awal terbang. Kedua, UAV terbang dengan model 1 akan terpengaruh oleh obyek yang tinggi saat menerima koreksi dari base station jika dibandingkan dengan model 2 dan model 3. Obyek tersebut adalah tower BTS yang memiliki tinggi lebih 75 meter atau vegetasi tinggi. Hal ini dapat mempengaruhi koneksi base station dengan GNSS drone, sehingga saat akuisisi data hasil foto tidak terkoreksi dengan maksimal. Hasil dari proses align data yang telah dilakukan menunjukkan nilai error secara tiga dimensi yang tinggi terlihat pada report dari pengolahan software Agisoft Metashape pada Gambar 9.



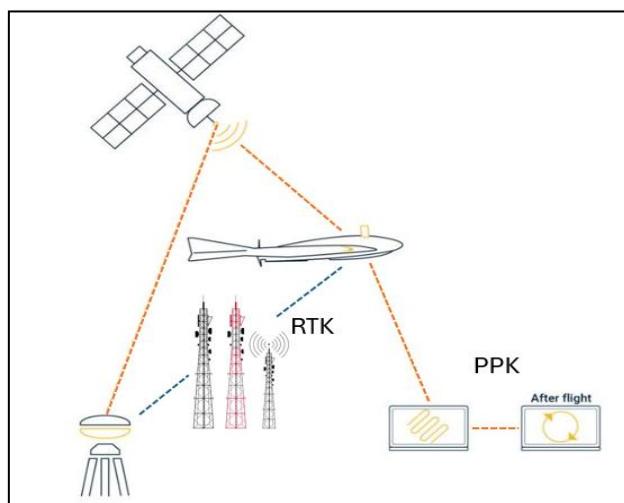
Gambar 9. Visualisasi error lokasi kamera model 1 RTK.

Analisa Ketelitian Geometri Berdasarkan Metode Koreksi RTK dan PPK

Berdasarkan Tabel 5 metode koreksi RTK dan PPK pada semua model memberikan perbedaan hasil ketelitian geometri yang signifikan. Metode koreksi RTK memiliki ketelitian

geometri antara 0.649 m – 0.701 m, sedangkan metode koreksi PPK memiliki ketelitian geometri antara 0.073 m – 0.094 m. Selisih antar metode RTK dan PPK adalah sebesar 0.555 m – 0.627 m. Sehingga metode PPK lebih teliti dibandingkan dengan metode RTK. Perbedaan ketelitian ini jika dibandingkan berdasarkan ketelitian geometri yang mengacu pada Peraturan BIG No 6 Tahun 2018 metode PPK masuk dalam ketelitian peta skala 1:1000 sedangkan metode RTK masuk dalam ketelitian skala 1:2500.

Hasil koreksi metode PPK memberikan foto yang lebih teliti dengan menggunakan software Red Tool Box. Pada saat proses koreksi metode PPK yang dilakukan setelah akuisisi data tidak dipengaruhi oleh kondisi obyek yang menghalangi seperti yang terjadi pada metode koreksi RTK terlihat pada Gambar 10. Sehingga proses koreksi menggunakan metode PPK lebih efektif jika dibandingkan dengan metode RTK.



Gambar 10. Visualisasai koreksi metode RTK dan PPK.

Sumber: <https://theconstructor.org/surveying/post-processed-kinematic-ppk-survey/562079/>

Uji Normalitas Data

Proses pengujian ketelitian orthofoto dengan melihat nilai RMSE dapat untuk mengetahui model dan metode mana yang paling teliti dan efektif. Selain itu nilai RMSE juga dapat untuk mengetahui pengaruh antar model dan metode dengan membandingkan hasil akhirnya. Uji pengaruh model dan metode selanjutnya dapat dilakukan menggunakan uji statistik uji t berpasangan. Namun sebelum dilakukan uji t berpasangan data harus memiliki distribusi normal. Uji normalitas data pada penelitian ini adalah menggunakan uji lilliefors dengan data yang sama digunakan pada uji ketelitian geometri data. Hasil Uji normalitas terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji normalitas data.

Data Uji Perbandingan	L Hitung	L Tabel	Keterangan
Mode 1 RTK terhadap Model 2 RTK	0.152	0.220	Normal
Mode 2 RTK terhadap Model 3 RTK	0.147	0.220	Normal
Mode 1 RTK terhadap Model 3 RTK	0.212	0.220	Normal
Mode 1 RTK terhadap Model 1 PPK	0.111	0.220	Normal
Mode 2 RTK terhadap Model 2 PPK	0.085	0.220	Normal
Mode 3 RTK terhadap Model 3 PPK	0.093	0.220	Normal
Mode 1 PPK terhadap Model 2 PPK	0.121	0.220	Normal
Mode 2 PPK terhadap Model 3 PPK	0.140	0.220	Normal
Mode 1 PPK terhadap Model 3 PPK	0.112	0.220	Normal

Berdasarkan uji normalitas masing-masing data uji memiliki nilai hitung lebih kecil dari nilai tabel , maka H0 diterima. Sehingga semua data berdistribusi normal dan dapat digunakan untuk uji t berpasangan.

Uji t Berpasangan

Uji t berpasangan pada penelitian ini dilakukan berdasarkan perbedaan perlakuan tinggi terbang (model) dan metode koreksi foto. Berdasarkan dari perbedaan perlakuan tersebut maka didapatkan hasil sebagai berikut

Uji t Berpasangan Berdasarkan Perbedaan Tinggi Terbang (model)

Tabel 6. Uji t berpasangan model 1 dan model 2 RTK.

Model 1 (120 m) Metode RTK			Model 2 (150 m) Metode RTK			dx	dy	dxy	$(dxy - \bar{dxy})^2$
Titik	X orthofoto	Y Orthofoto	Titik	X orthofoto	Y Orthofoto				
1	241657.890	9883394.310	1	241657.961	9883394.286	-0.071	0.023	0.075	0.000
2	241396.467	9883313.823	2	241396.591	9883313.740	-0.124	0.083	0.149	0.004
3	241285.444	9883186.195	3	241285.531	9883186.082	-0.088	0.113	0.143	0.004
4	241333.740	9883138.779	4	241333.802	9883138.763	-0.062	0.016	0.064	0.000
5	240989.440	9882812.478	5	240989.570	9882812.459	-0.129	0.019	0.131	0.002
6	241037.582	9882957.273	6	241037.694	9882957.244	-0.112	0.029	0.115	0.001
7	241855.190	9882911.900	7	241855.195	9882911.845	-0.006	0.055	0.055	0.001
8	241875.158	9882802.224	8	241875.154	9882802.259	0.004	-0.035	0.036	0.002
9	241945.013	9882682.774	9	241945.008	9882682.819	0.005	-0.045	0.046	0.001
10	241692.474	9882787.318	10	241692.483	9882787.351	-0.009	-0.033	0.034	0.002
11	241223.283	9882676.336	11	241223.412	9882676.308	-0.128	0.028	0.131	0.002
12	241557.013	9882588.647	12	241557.091	9882588.652	-0.078	-0.005	0.078	0.000
13	242360.008	9882991.090	13	242359.971	9882991.053	0.038	0.037	0.053	0.001
14	242455.748	9883211.684	14	242455.704	9883211.665	0.044	0.018	0.047	0.001
15	242432.231	9882752.374	15	242432.151	9882752.345	0.079	0.029	0.084	0.000
Jumlah						-0.637	0.333	1.242	0.023
						Rata-rata sumbu XY (dxy)		0.083	
						Simpangan Baku		0.041	
						t hitung		7.898	
						t table (2.145)		signifikan	

Tabel 7. Uji t berpasangan model 2 dan model 3 RTK.

Model 2 (150 m) Metode RTK			Model 3 (180 m) Metode RTK			dx	dy	dxy	$(dxy - \bar{dxy})^2$	
Titik	X orthofoto	Y Orthofoto	Titik	X orthofoto	Y Orthofoto					
1	241657.961	9883394.286	1	241657.970	9883394.258	-0.010	0.028	0.030	0.002	
2	241396.591	9883313.740	2	241396.580	9883313.796	0.010	-0.056	0.057	0.000	
3	241285.531	9883186.082	3	241285.499	9883186.146	0.033	-0.065	0.073	0.000	
4	241333.802	9883138.763	4	241333.810	9883138.839	-0.008	-0.076	0.077	0.000	
5	240989.570	9882812.459	5	240989.530	9882812.368	0.039	0.091	0.099	0.001	
6	241037.694	9882957.244	6	241037.619	9882957.311	0.075	-0.067	0.101	0.001	
7	241855.195	9882911.845	7	241855.172	9882911.919	0.023	-0.074	0.077	0.000	
8	241875.154	9882802.259	8	241875.130	9882802.223	0.023	0.036	0.043	0.001	
9	241945.008	9882682.819	9	241945.024	9882682.729	-0.016	0.090	0.092	0.000	
10	241692.483	9882787.351	10	241692.474	9882787.272	0.008	0.080	0.080	0.000	
11	241223.412	9882676.308	11	241223.429	9882676.357	-0.017	-0.049	0.052	0.000	
12	241557.091	9882588.652	12	241557.035	9882588.662	0.056	-0.010	0.057	0.000	
13	242359.971	9882991.053	13	242360.049	9882991.059	-0.078	-0.006	0.078	0.000	
14	242455.704	9883211.665	14	242455.742	9883211.706	-0.038	-0.041	0.056	0.000	
15	242432.151	9882752.345	15	242432.175	9882752.247	-0.024	0.098	0.101	0.001	
						Jumlah	0.077	-0.021	1.071	0.007
						Rata-rata sumbu XY (dxy)				0.071
						Simpangan Baku				0.022
						t hitung				12.661
						t table (2.145)				signifikan

Tabel 8. Uji t berpasangan model 1 dan model 2 PPK.

Model 1 (120m) Metode PPK			Model 2 (150m) Metode PPK			dx	dy	dxy	$(dxy - \bar{dxy})^2$	
Titik	X orthofoto	Y Orthofoto	Titik	X orthofoto	Y Orthofoto					
1	241658.107	9883394.011	1	241658.155	9883394.046	-0.048	-0.035	0.059	0.001	
2	241396.898	9883313.561	2	241396.922	9883313.556	-0.025	0.005	0.025	0.000	
3	241285.937	9883186.055	3	241285.914	9883185.989	0.023	0.066	0.070	0.001	
4	241334.165	9883138.665	4	241334.184	9883138.693	-0.019	-0.028	0.033	0.000	
5	240990.116	9882812.524	5	240990.127	9882812.557	-0.011	-0.033	0.034	0.000	
6	241038.245	9882957.264	6	241038.239	9882957.265	0.005	-0.001	0.005	0.001	
7	241855.155	9882911.969	7	241855.162	9882911.932	-0.007	0.036	0.037	0.000	
8	241875.087	9882802.379	8	241875.101	9882802.401	-0.015	-0.022	0.026	0.000	
9	241944.890	9882683.024	9	241944.900	9882683.049	-0.010	-0.025	0.027	0.000	
10	241692.569	9882787.468	10	241692.552	9882787.522	0.017	-0.054	0.057	0.001	
11	241223.870	9882676.604	11	241223.880	9882676.594	-0.010	0.010	0.014	0.000	
12	241557.294	9882589.075	12	241557.297	9882589.030	-0.002	0.044	0.045	0.000	
13	242359.637	9882991.056	13	242359.679	9882991.052	-0.042	0.004	0.042	0.000	
14	242455.320	9883211.522	14	242455.345	9883211.519	-0.025	0.003	0.025	0.000	
15	242431.661	9882752.465	15	242431.671	9882752.455	-0.010	0.011	0.014	0.000	
						Jumlah	-0.178	-0.018	0.516	0.005
						Rata-rata sumbu XY (dxy)				0.034
						Simpangan Baku				0.018
						t hitung				7.422
						t table (2.145)				signifikan

Tabel 9. Uji t berpasangan model 2 dan model 3 PPK.

Model 2 (150m) Metode PPK			Model 3 (180m) Metode PPK			dx	dy	dxy	$(dxy - \bar{dxy})^2$
Titik	X orthofoto	Y Orthofoto	Titik	X orthofoto	Y Orthofoto				
1	241658.155	9883394.046	1	241658.137	9883393.936	0.017	0.110	0.111	0.003
2	241396.922	9883313.556	2	241396.965	9883313.519	-0.043	0.037	0.056	0.000
3	241285.914	9883185.989	3	241285.955	9883185.996	-0.041	-0.007	0.042	0.000
4	241334.184	9883138.693	4	241334.203	9883138.700	-0.019	-0.008	0.021	0.001
5	240990.127	9882812.557	5	240990.172	9882812.511	-0.045	0.046	0.064	0.000
6	241038.239	9882957.265	6	241038.258	9882957.325	-0.019	-0.059	0.062	0.000
7	241855.162	9882911.932	7	241855.180	9882911.950	-0.019	-0.017	0.025	0.001
8	241875.101	9882802.401	8	241875.093	9882802.364	0.009	0.037	0.038	0.000
9	241944.900	9882683.049	9	241944.907	9882682.977	-0.007	0.072	0.072	0.000
10	241692.552	9882787.522	10	241692.545	9882787.435	0.007	0.087	0.087	0.001
11	241223.880	9882676.594	11	241223.931	9882676.611	-0.051	-0.017	0.054	0.000
12	241557.297	9882589.030	12	241557.261	9882589.036	0.035	-0.006	0.036	0.000
13	242359.679	9882991.052	13	242359.685	9882991.031	-0.007	0.020	0.021	0.001
14	242455.345	9883211.519	14	242455.289	9883211.531	0.056	-0.013	0.058	0.000
15	242431.671	9882752.455	15	242431.668	9882752.396	0.003	0.058	0.058	0.000
			Jumlah			-0.123	0.338	0.805	0.009
			Rata-rata sumbu XY (\bar{dxy})						0.054
			Simpangan Baku						0.025
			t hitung						8.395
			t tabel (2.145)						signifikan

Berdasarkan Tabel 6 dilakukan uji t berpasangan antara model 1 terhadap model 2 metode RTK. Perbedaan perlakuan terletak pada tinggi terbang yaitu 120 meter dan 150 meter. Hasil uji t diperoleh nilai t hitung XY sebesar 7.898 sedangkan t tabel dengan n=15 dan tingkat kepercayaan 95% diperoleh nilai 2.145. Nilai t hitung XY tersebut memiliki nilai yang lebih besar daripada t tabel sehingga H0 ditolak. Begitu juga untuk model 1 terhadap model 2 metode PPK pada Tabel 8 diperoleh nilai t hitung XY sebesar 7.422 . Nilai t hitung XY tersebut kebih besar dari t tabel sehingga H0 ditolak. H0 ditolak artinya terdapat perbedaan ketelitian geometri ortofoto yang signifikan, sehingga penambahan tinggi terbang dari 120 meter ke 150 meter memberikan pengaruh signifikan pada ketelitian geometri orthofoto.

Penambahan tinggi terbang dari model 2 ke model 3 juga memberikan pengaruh yang signifikan, dibuktikan dengan hasil uji t hitung XY untuk metode RTK pada Tabel 7 dengan nilai t hitung adalah 12.661 dan hasil uji t hitung XY metode PPK pada Tabel 9 dengan nilai t hitung adalah 8.395. Nilai t hitung XY dari kedua kondisi tersebut memiliki nilai lebih besar daripada t tabel sehingga H0 di tolak. Sehingga penambahan tinggi 150 meter ke 180 meter juga memberikan pengaruh signifikan terhadap ketelitian geometri orthofoto.

Uji t Berpasangan Berdasarkan Perbedaan Metode Koreksi Foto

Uji t berpasangan berdasarkan perbedaan metode koreksi foto digunakan untuk menentukan apakah antar metode pada penelitian ini berpengaruh terhadap ketelitian atau tidak. Pertama model 1 metode RTK dan PPK kemudian yang kedua adalah model 2 metode

RTK dan PPK dan terakhir adalah model 3 metode RTK dan PPK. Didapatkan hasil tertampil pada Tabel 10 sampai dengan Tabel 12 :

Tabel 10. Uji t berpasangan model 1 RTK dan PPK.

Model 1 (120m) Metode RTK			Model 1 (120m) Metode PPK			dx	dy	dxy	(dxy- \bar{dxy}) ²
Titik	X orthofoto	Y Orthofoto	Titik	X orthofoto	Y Orthofoto				
1	241657.890	9883394.310	1	241658.107	9883394.011	-0.217	0.299	0.369	0.004
2	241396.467	9883313.823	2	241396.898	9883313.561	-0.431	0.262	0.504	0.006
3	241285.444	9883186.195	3	241285.937	9883186.055	-0.493	0.140	0.512	0.007
4	241333.740	9883138.779	4	241334.165	9883138.665	-0.426	0.114	0.441	0.000
5	240989.440	9882812.478	5	240990.116	9882812.524	-0.676	-0.046	0.677	0.062
6	241037.582	9882957.273	6	241038.245	9882957.264	-0.663	0.009	0.663	0.055
7	241855.190	9882911.900	7	241855.155	9882911.969	0.035	-0.068	0.077	0.124
8	241875.158	9882802.224	8	241875.087	9882802.379	0.071	-0.155	0.170	0.067
9	241945.013	9882682.774	9	241944.890	9882683.024	0.122	-0.250	0.278	0.023
10	241692.474	9882787.318	10	241692.569	9882787.468	-0.095	-0.150	0.178	0.063
11	241223.283	9882676.336	11	241223.870	9882676.604	-0.587	-0.268	0.645	0.047
12	241557.013	9882588.647	12	241557.294	9882589.075	-0.282	-0.427	0.512	0.007
13	242360.008	9882991.090	13	242359.637	9882991.056	0.371	0.034	0.373	0.003
14	242455.748	9883211.684	14	242455.320	9883211.522	0.427	0.162	0.457	0.001
15	242432.231	9882752.374	15	242431.661	9882752.465	0.569	-0.091	0.577	0.022
			Jumlah			-2.272	-0.437	6.433	0.489
						Rata-rata sumbu XY (dxy)			0.429
						Simpangan Baku			0.187
						t hitung			8.891
						t table (2.145)			signifikan

Tabel 11. Uji t berpasangan model 2 RTK dan PPK.

Model 2 (150m) Metode RTK			Model 2 (150m) Metode PPK			dx	dy	dxy	(dxy- \bar{dxy}) ²
Titik	X orthofoto	Y Orthofoto	Titik	X orthofoto	Y Orthofoto				
1	241657.961	9883394.286	1	241658.155	9883394.046	-0.194	0.241	0.309	0.003
2	241396.591	9883313.740	2	241396.922	9883313.556	-0.332	0.184	0.379	0.000
3	241285.531	9883186.082	3	241285.914	9883185.989	-0.382	0.093	0.393	0.001
4	241333.802	9883138.763	4	241334.184	9883138.693	-0.382	0.070	0.389	0.001
5	240989.570	9882812.459	5	240990.127	9882812.557	-0.558	-0.098	0.566	0.042
6	241037.694	9882957.244	6	241038.239	9882957.265	-0.545	-0.021	0.546	0.034
7	241855.195	9882911.845	7	241855.162	9882911.932	0.034	-0.087	0.093	0.072
8	241875.154	9882802.259	8	241875.101	9882802.401	0.052	-0.141	0.151	0.044
9	241945.008	9882682.819	9	241944.900	9882683.049	0.108	-0.230	0.254	0.012
10	241692.483	9882787.351	10	241692.552	9882787.522	-0.069	-0.171	0.184	0.031
11	241223.412	9882676.308	11	241223.880	9882676.594	-0.468	-0.286	0.549	0.035
12	241557.091	9882588.652	12	241557.297	9882589.030	-0.206	-0.378	0.431	0.005
13	242359.971	9882991.053	13	242359.679	9882991.052	0.292	0.001	0.292	0.005
14	242455.704	9883211.665	14	242455.345	9883211.519	0.359	0.147	0.388	0.001
15	242432.151	9882752.345	15	242431.671	9882752.455	0.480	-0.110	0.493	0.017
			Jumlah			-1.813	-0.788	5.417	0.303
						Rata-rata sumbu XY (dxy)			0.361
						Simpangan Baku			0.147
						t hitung			9.511
						t table (2.145)			signifikan

Tabel 12. Uji t berpasangan model 3 RTK dan PPK.

Model 3 (180m) Metode RTK			Model 3 (180m) Metode PPK			dx	dy	dxy	$(dxy - \bar{dxy})^2$
Titik	X orthofoto	Y Orthofoto	Titik	X orthofoto	Y Orthofoto				
1	241657.970	9883394.258	1	241658.137	9883393.936	-0.167	0.322	0.363	0.002
2	241396.580	9883313.796	2	241396.965	9883313.519	-0.385	0.276	0.474	0.005
3	241285.499	9883186.146	3	241285.955	9883185.996	-0.456	0.150	0.480	0.006
4	241333.810	9883138.839	4	241334.203	9883138.700	-0.394	0.139	0.417	0.000
5	240989.530	9882812.368	5	240990.172	9882812.511	-0.642	-0.143	0.658	0.065
6	241037.619	9882957.311	6	241038.258	9882957.325	-0.639	-0.013	0.640	0.056
7	241855.172	9882911.919	7	241855.180	9882911.950	-0.008	-0.030	0.031	0.138
8	241875.130	9882802.223	8	241875.093	9882802.364	0.038	-0.141	0.146	0.066
9	241945.024	9882682.729	9	241944.907	9882682.977	0.117	-0.249	0.275	0.016
10	241692.474	9882787.272	10	241692.545	9882787.435	-0.071	-0.164	0.178	0.050
11	241223.429	9882676.357	11	241223.931	9882676.611	-0.503	-0.254	0.563	0.026
12	241557.035	9882588.662	12	241557.261	9882589.036	-0.226	-0.374	0.437	0.001
13	242360.049	9882991.059	13	242359.685	9882991.031	0.364	0.027	0.365	0.001
14	242455.742	9883211.706	14	242455.289	9883211.531	0.453	0.175	0.485	0.007
15	242432.175	9882752.247	15	242431.668	9882752.396	0.507	-0.149	0.529	0.016
Jumlah						-2.012	-0.428	6.040	0.455
			Rata-rata sumbu XY (dxy)			0.403			
			Simpangan Baku			0.180			
			t hitung			8.648			
			t tabel (2.145)			signifikan			

Berdasarkan Tabel 10 dilakukan uji t berpasangan antara model 1 RTK dan model 1 PPK. Hasil uji diperoleh nilai t hitung XY adalah 8.891. Nilai tersebut memiliki nilai yang lebih besar daripada nilai t tabel yaitu 2.145. Sehingga H0 ditolak dan terbukti bahwa penggunaan metode RTK atau PPK memberikan perbedaan hasil yang signifikan. Uji t berpasangan yang lain pada model 2 dan model 3 antara metode RTK dan PPK pada Tabel 11 dan Tabel 12 menunjukkan nilai 9.511 untuk model 2 dan nilai 8.648 untuk model 3. Kedua nilai tersebut juga memiliki nilai yang lebih besar dari t tabel, sehingga H0 ditolak dan menunjukkan pengaruh yang signifikan antara metode RTK dan PPK pada model 2 dan model 3.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut: Pengukuran orthofoto yang dilakukan pada area infrastruktur perusahaan pertambangan yang berlokasi di Desa Lemo II, Kecamatan Teweh Tengah, Kabupaten Barito Utara, Provinsi Kalimantan Tengah menggunakan wahana UAV Mavic 3 enterprise metode RTK dan PPK mendapatkan hasil ketelitian horizontal menurut Peraturan BIG no.6 tahun 2018 yaitu model 1 RTK : 0.701 m, model 2 RTK : 0.601 m, model 3 RTK : 0.649 m, model 1 PPK : 0.073 m, model 2 PPK : 0.083 m dan model 3 PPK : 0.094 m. Akurasi horizontal metode PPK masuk dalam ketelitian peta skala 1:1000 kelas 1 sedangkan

metode RTK masuk dalam ketelitian skala 1:2500 kelas 1. Sehingga metode RTK tidak memenuhi syarat untuk digunakan sebagai peta dasar skala 1:1000. Berdasarkan nilai uji ketelitian horizontal, model dan metode dengan akurasi paling tinggi adalah model 1 (tinggi terbang 120 meter) dengan metode PPK dengan ketelitian horizontal adalah 0.073 meter dan yang memiliki akurasi paling rendah adalah model 1 (tinggi terbang 120 meter) dengan metode RTK dengan ketelitian horizontal adalah 0.701 meter. Nilai ketelitian horizontal metode PPK menunjukkan bahwa semakin tinggi UAV terbang maka akurasi horizontal akan menurun, sedangkan untuk metode RTK ketinggian UAV tidak menunjukkan tren pada akurasi horizontal. Hasil dari uji t berpasangan yang dilakukan untuk menguji pengaruh dari model dan juga metode yang digunakan didapatkan hasil bahwa model dalam penilitian memberikan pengaruh yang signifikan terhadap nilai akurasi horizontal. Kemudian metode pengukuran antara PPK dan RTK juga memberikan pengaruh ketelitian horizontal yang signifikan. Perbedaan koreksi foto metode PPK dan RTK memberikan pengaruh yang signifikan terhadap akurasi horizontal dengan selisih nilai adalah 0.555 m – 0.627 meter.

DAFTAR REFERENSI

- Abdin, H. (2006). *Penentuan posisi dengan GPS dan aplikasinya*. Jakarta: Pradya Paeramitha.
- Aber, J. S., Aber, S. E. W., Marzolff, I., & Ries, J. B. (2019). *Small-format aerial photography and UAS imagery*. Cambridge, MA: Candle Janco.
- Ackermann, R. J. (1996). Quality control procedure for photogrammetric digital mapping, XVIIIth ISPRS Congress: Technical Commission IV: Mapping and Geographic Information Systems.
- Al Amin, A. R. (2017). *Optimasi sebaran titik GCP dan ICP pada proses ortorektifikasi citra resolusi tinggi untuk pembuatan peta skala 1:5000 (Studi Kasus: 1 scene citra Pleiades 033 Lumajang)*. Skripsi. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Aryes, F., & Mandelson, E. (2006). *Schaum's outlines kalkulus* (Edisi keempat). Jakarta: Erlangga.
- Frazier, A. E., & Singh, K. K. (2021). *Fundamentals of capturing and processing drone imagery and data*. Oxon, OX: CRC Press.
- Kurniawan, D. (2008). *Uji T berpasangan*. R Development Core Team. Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Wina, Austria.
- Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral. (2018). Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral tentang pedoman pelaksanaan kaidah teknik pertambangan yang baik (Keputusan Menteri ESDM No. 1827 K/30/MEM/2018). Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- Monjardín-Armenta, S. A., et al. (2024). Statistical comparison analysis of different realtime kinematic methods for the development of photogrammetric products: CORS-RTK, CORS-RTK + PPK, RTK-DRTK2, and RTK + DRTK2 + GCP. *Open Geosciences*, 16, 20220650. <https://doi.org/10.1515/geo-2022-0650>

- Nuhrogo, & Laksono. (2017). *Diktat mata kuliah fotogrametri I*. Modul Pendidikan dan Pelatihan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Nuryadi, dkk. (2017). *Dasar-dasar statistika penelitian*. Yogyakarta: Gramasurya.
- Octariady, J. (2014). *Ortorektifikasi citra Quicbird menggunakan model elevasi digital dengan berbagai ketelitian dan berbagai jumlah titik kontrol tanah*. Tesis. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial. (2014). Pedoman teknis ketelitian peta dasar. (Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor: 15 Tahun 2014). Badan Informasi Geospasial.
- Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial. (2020). Standar pengumpulan data geospasial dasar untuk pembuatan peta dasar skala besar (Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor: 1 Tahun 2020). Badan Informasi Geospasial.
- Sari, A. (2014). *Analisa perbandingan ketelitian penentuan posisi dengan GPS RTK-NTRIP dengan base GPS Cors BIG dari berbagai macam mobile provider didasarkan pada perdeseran linear (Studi Kasus: Surabaya)*. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Jawa Timur.
- Shier, R. (2004). Statistics: 1.1 Paired t-tests. *Mathematics Learning Support Centre*.
- Turner, D., Lucieer, A., & Watson, C. (2012). An automated technique for generating georectified mosaics from ultra-high resolution unmanned aerial vehicle (UAV) imagery, based on structure from motion (SfM) point clouds. *School of Geography and Environmental Studies, University of Tasmania, Australia*.
- Vasconcelos, C. (2016). *Geoscience education: Indoor and outdoor*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-43319-6>