

PERBANDINGAN LUASAN PERSIL ORTOFOTO DAN *DIRECT TRIANGULASI* DARI PEMOTRETAN FOTO UDARA MENGGUNAKAN DRONE

(STUDI KASUS : KECAMATAN LOWOKWARU, KOTA MALANG, PROVINSI JAWA TIMUR)

Martinus Edwin Tjahjadi¹, Fransisca Dwi Agustina¹, Wahdianaldy Adhiatama¹

¹Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang

e-mail : edwin@lecturer.itn.ac.id

Abstrak Pemetaan dengan menggunakan *drone* dapat memberikan kemudahan dalam memperoleh data spasial yang akurat. Dengan menggunakan dua metode umum dalam pemrosesan data foto udara teknologi drone yaitu ortorektifikasi untuk dapat menghasilkan ortofoto dan *direct triangulasi* menggunakan data langsung dari *drone*. Perbandingan luasan persil antara ortofoto dan *direct triangulasi* menjadi hal yang relevan pada bidang ini, karena dapat memberikan pemahaman lebih tentang keakuratan kedua metode tersebut dalam mempresentasikan luasan sebenarnya pada suatu area. Metodologi penelitian ini melibatkan akuisisi data, pemrosesan, dan analisis untuk mengevaluasi perbedaan luasan persil antara kedua metode. Untuk mengetahui akurasi spasial yang dihasilkan dari perkembangan teknologi pengolahan data foto udara dengan metode pemetaan bidang tanah menggunakan *drone*, maka dilakukan pengujian ketelitian yang mengacu pada Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional (BPN). Berdasarkan hasil dari ketelitian geometri nilai *RMSE* pada ortofoto teknik foto tegak 0,063 m dan ortofoto dengan teknik foto konvergen 0.53 m. Hasil *RMSE* metode *direct triangulasi* dengan teknik foto konvergen 0.066 m. Rata-rata selisih luasan ortofoto pada foto tegak 0.831 m², ortofoto pada foto konvergen 3.119 m² dan pada foto konvergen dengan metode *direct triangulasi* 0.936 m². Dengan melihat hasil dari perbandingan luasan persil antara ortofoto dan *direct triangulasi* nantinya dapat memberikan informasi pada pengembangan teknik pemetaan dengan *drone* dan pengguna di bidang pemetaan dan survei tanah.

Kata Kunci: *Direct Triangulasi; Drone; Foto Konvergen; Ortofoto*

Abstract. Mapping using drones can make it easier to obtain accurate spatial data. By using two general methods in processing drone technology aerial photo data, namely orthorectification to produce orthophotos and direct triangulation using data directly from the drone. Comparison of plot areas between orthophoto and direct triangulation is relevant in this, field because it can provide more understanding about the accuracy of the two methods in presenting the actual area of an area. This research methodology involves data acquisition, processing, and analysis to evaluate differences in parcel area between the two methods. To determine the spatial accuracy resulting from the development of aerial photo data processing technology using land plot mapping methods using drones, accuracy testing was carried out referring to the Regulation of the Head of the National Land Agency (BPN). Based on the results of geometric accuracy, the *RMSE* value for orthophotos using the upright photo technique is 0.063 m, and for orthophotos using the convergent photo technique is 0.53 m. *RMSE* results of the direct triangulation method with convergent photo techniques are 0.066 m. The average difference in orthophoto area on upright photos is 0.831 m², orthophotos on convergent photos is 3,119 m², and on convergent photos using the direct triangulation method 0.936 m². Looking at the results of the comparison of plot areas between orthophoto and direct triangulation can later provide information on the development of drone mapping techniques and users in the field of mapping and land surveying.

Keywords: *Direct Triangulation; Drone; Convergent Photo; Orthophoto*

PENDAHULUAN

Pemetaan tanah memiliki peran yang penting dalam berbagai aplikasi, seperti perencanaan tata ruang dan pengembangan infrastruktur. Teknologi fotogrametri yang saat ini berkembang dengan memanfaatkan *Unnamed Aerial Vehicles (UAV)* atau yang dimaksud dengan *drone* ini sering digunakan dalam bidang pemetaan fotogrametri (Agustina, 2021). Penggunaan teknologi *drone* untuk pemotretan foto udara dapat memberikan data yang lebih akurat dan presisi tinggi. Oleh karena itu, penting untuk membandingkan adanya dua metode pemetaan yaitu persil ortofoto dan *direct triangulasi* guna dapat mengetahui kelebihan dan kekurangannya.

Pada umumnya persil ortofoto merupakan representasi peta bidang tanah yang dibuat dari hasil pemotretan foto udara dan disesuaikan dengan koordinat geografis untuk pemetaan bidang tanah. Sementara itu, *direct triangulasi* merupakan metode pengukuran secara langsung sudut dan jarak pada bidang tanah menggunakan *drone*. Perbandingan luasan keduanya menjadi topik utama pada penelitian ini. Di Indonesia, permintaan akan pemetaan persil bidang tanah masih sangat signifikan, masih banyak persil bidang tanah yang belum mendapatkan pemetaan yang memadai (Adi, 2017). Pemanfaatan survei dan pemetaan dengan fotogrametri dengan teknologi *drone* pada proses akuisisi data, bidang tanah dilakukan pemotretan foto secara tegak yaitu teknik pemotretan yang sudah umum dilakukan (Aji, 2019). Produk yang dihasilkan dari pemrosesan data foto udara bidang tanah yaitu ortofoto yang dapat menyajikan informasi planimetri dengan melakukan proses deliniasi pada batas bidang tanah sehingga mendapatkan koordinat dari batas bidang tanah tersebut (Natar, 2013). Adapun metode alternatif yang dapat dilakukan untuk mengukur batas bidang tanah tanpa adanya ortofoto yaitu *direct triangulasi* (A. Rokhmana dkk., 2019), dengan menggunakan metode *bundle adjustment self-calibration* untuk meminimalisir kesalahan pada saat pengambilan data foto udara (Avicenna et al., 2018). Metode *bundle adjustment* merupakan metode yang digunakan dalam fotogrametri untuk meningkatkan akurasi posisi dan orientasi kamera serta titik koordinat objek pada foto udara (Szeliski, 2010).

Persil ortofoto, hasil ortorektifikasi pada foto udara dapat memberikan representasi foto yang akurat dan terperinci. Ortorektifikasi merupakan metode untuk memperbaiki distorsi perspektif pada foto udara (Mikhail, 1976). Metode tersebut seringkali digunakan untuk pemetaan tanah yang membutuhkan detail tinggi. Meski ortofoto memberikan presisi yang tinggi, masih ada permasalahan yang muncul yakni terkait keakuratannya dibandingkan dengan metode *direct triangulasi*. *Direct triangulasi* mengimplikasikan pengukuran langsung dari *drone* ke titik-titik permukaan tanah.

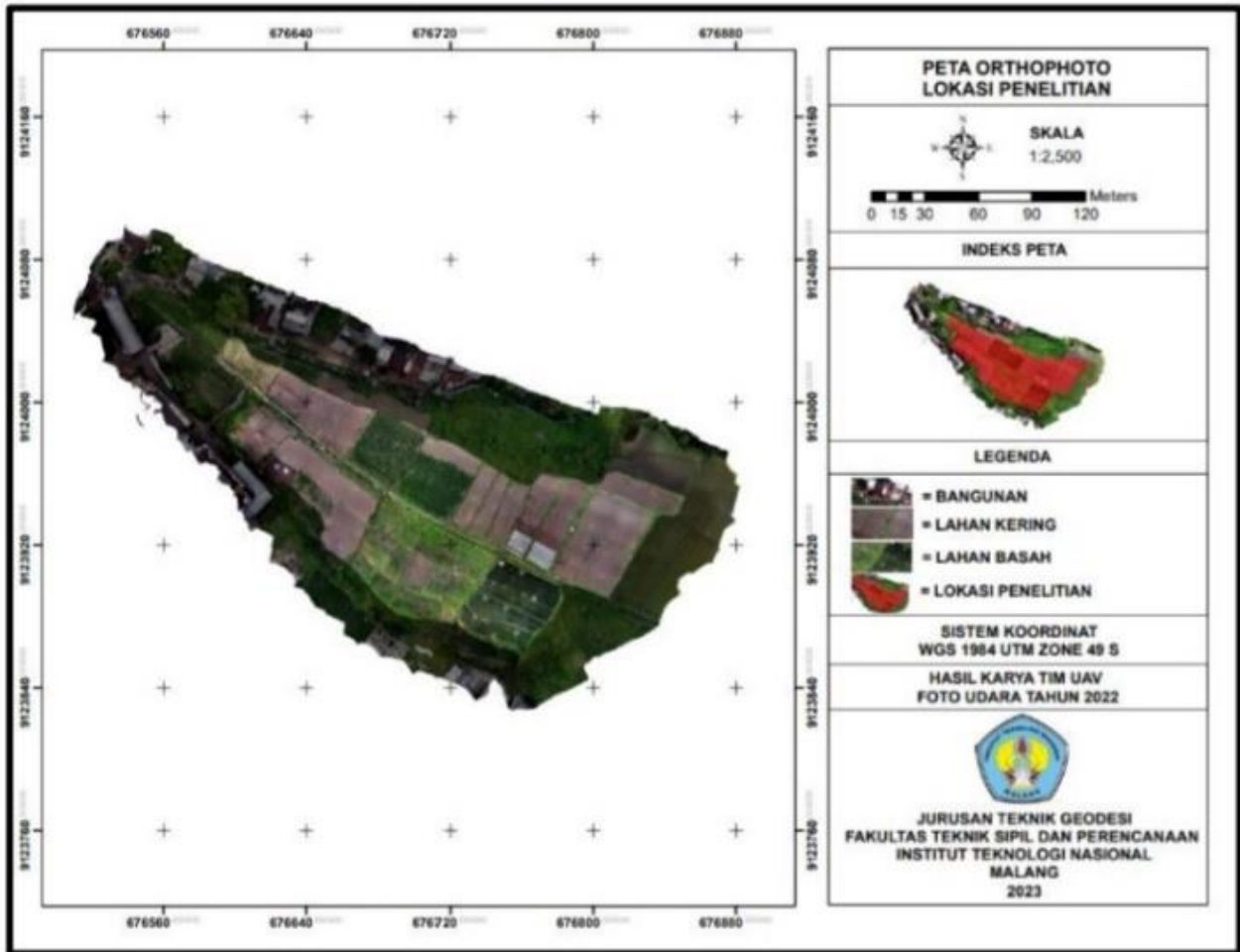
Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penting dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui perbandingan luasan persil bidang tanah dari pengolahan pemotretan foto tegak/vertikal dan pemotretan foto miring/konvergen pada ortofoto dengan teknik *automatic pointing* dan hasil pengolahan pemotretan foto miring dengan teknik *direct triangulasi* (*manual pointing*). Uji validasi dilakukan dari hasil verifikasi data dengan menggunakan data pengukuran secara langsung di lapangan menggunakan *GPS* Geodetik metode RTK.

METODOLOGI

1. Lokasi Penelitian

Area penelitian berada di kawasan Jembatan Tunggulmas, Kota Malang dengan area persawahan memiliki kemiringan lereng sekitar 0° - 50° , dan memiliki luasan kurang lebih 2 hektar dengan 30 persil bidang tanah. Gambar 1 merupakan ortofoto area penelitian.

Pada area penelitian tersebut memiliki 5 titik koordinat kontrol GCP (*ground control point*), guna melakukan pengukuran *direct triangulasi*. *Direct triangulasi* merupakan metode fotogrametri dengan menggunakan 5 titik kontrol GCP sebagai referensi untuk menghitung parameter kamera dan posisi titik objek.



Gambar 1. Ortofoto Lokasi Penelitian di Kawasan Jembatan Tunggalmas, Kota Malang

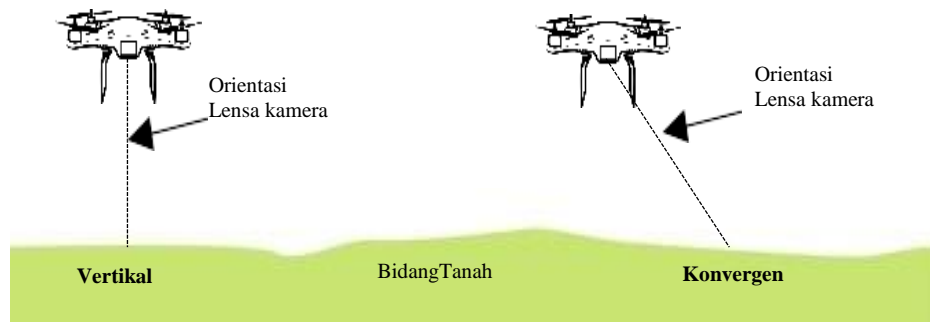
Pada area penelitian tersebar titik kontrol secara merata yaitu 5 titik kontrol *Ground Control Point (GCP)* dan 132 titik kontrol *Independent Control Point (ICP)* pada tiap titik sudut persil bidang tanah.

2. Teknik Pemotretan dan Pengolahan

Pemotretan foto udara memanfaatkan teknologi *drone* dengan teknik foto vertikal/tegak dan teknik konvergen pada kemiringan tertentu. Tinggi terbang *drone* untuk pemotretan foto sekitar 25-30 m. Tinggi terbang *drone* disesuaikan dengan kondisi lapangan dan kebutuhan pemetaan pada bidang persil untuk metode *direct triangulasi*.

Proses pemotretan foto vertikal dilakukan dengan posisi *drone* berada di atas objek dan bergerak secara horizontal untuk mendapatkan foto *overlap* dengan sudut pandang kamera tegak lurus terhadap objek. Sedangkan, teknik pemotretan foto konvergen atau miring yaitu kamera dimiringkan dengan sudut sekitar 45° terhadap objek, dan pola terbang *drone* mengitari objek penelitian yang berpusat pada satu titik. Hal tersebut dilakukan untuk mendapatkan koordinat pendekatan dengan teknik triangulasi serta melakukan georeferensi menggunakan data *GCP* untuk mendapatkan koordinat yang absolut dan proses *Self Calibration Bundle Adjustment*.

Konfigurasi pemotretan foto vertikal dan pemotretan foto konvergen dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Orientasi Pemotretan Foto Udara

Kamera pada *drone* merupakan kamera metrik yang memiliki lensa dan komponen yang lebih stabil (Yandri dkk., 2020). Pada area penelitian tersebar beberapa penanda pada tiap sudut persil berupa *premark* titik target yang dibuat secara khusus sebagai target untuk melakukan kalibrasi kamera dan sebagai target untuk menentukan koordinat batas bidang tanah. *Premark retro* merupakan tanda titik kontrol koordinat yang dijadikan sebagai target ini bertujuan untuk melakukan kalibrasi kamera sehingga dapat meminimalisir faktor kesalahan internal maupun eksternal pada saat dilakukannya proses pemotretan yang dapat memengaruhi nilai dari parameter panjang fokus (f) dan *principal* (x_p, y_p) (Tjahjadi dkk., 2013).

Proses pengolahan data pada penelitian ini yaitu dengan menggunakan dua metode yaitu *Manual Pointing* dan *Automatic Pointing*. Metode tersebut nantinya digunakan sebagai media pengolahan data guna menghasilkan nilai koordinat dari tiap – tiap batas persil yang sudah diberikan penanda *premark* pada saat melakukan pemotretan. Dalam pemanfaatan data foto, masing-masing teknik pemotretan foto tegak dan foto konvergen digunakan untuk pengolahan *Automatic Pointing* (AP) sedangkan untuk pengolahan *Manual Pointing* (MP) menggunakan foto konvergen saja, hal tersebut dikarenakan pada *manual pointing* memerlukan kombinasi sudut pengambilan foto dalam proses pengolahan data. Perlu diketahui AP merupakan proses untuk menampilkan *point* yang sama pada keseluruhan foto dengan sudut pengambilan yang berbeda secara otomatis, sedangkan untuk MP merupakan proses digitasi *point* yang sama secara manual pada tiap foto.

Pengolahan data foto MP dilakukan dengan menginputkan data foto miring (konvergen), kemudian dilakukan digitasi titik retro bidang tanah pada tiap – tiap foto yang telah diberikan untuk dapat memperoleh nilai koordinat 2D, selanjutnya melakukan transformasi koordinat dari 2D menjadi koordinat 3D. Demikian pula untuk pengolahan AP, pengolahan dilakukan dengan menginputkan data foto tegak (normal) dan foto miring (konvergen), namun pada AP untuk mendapatkan nilai koordinat 3D berbeda dengan pengolahan MP, pada *manual pointing* data koordinat 3D diperoleh dari hasil pengolahan sedangkan untuk AP sendiri perlu melakukan pengolahan data hingga menghasilkan peta ortofoto yang sudah ter-georeferensi oleh titik *GCP/ICP* untuk mendapatkan nilai koordinat. Proses selanjutnya yaitu deliniasi pada ortofoto guna mendapatkan koordinat 3D dari *point retro* yang menjadi batas – batas persil.

Perbedaan dari hasil pengolahan AP dan MP terlihat dari nilai koordinat 3D hasil pengolahan MP yang mengacu pada sistem koordinat kartesian, sedangkan untuk nilai koordinat hasil pengolahan AP mengacu pada datum WGS84 pada saat melakukan proses georeferensi dengan *GCP/ICP*.

Maka perlu dilakukan penyesuaian sistem datum yaitu sistem koordinat kartesian dari hasil pengolahan *manual pointing* di transformasikan ke sistem koordinat datum WGS84.

3. Verifikasi Lapangan

Pada proses verifikasi lapangan dilakukan uji akurasi ukuran luas persil bidang tanah yang diperoleh dari pemotretan foto udara. Pada tiap titik-titik persil bidang tanah diberi *premark* sebagai tanda titik kontrol. Tujuan tersebut untuk mengidentifikasi adanya korelasi antara kepresisian penentuan koordinat titik tengah *premark* pada foto berdasarkan luas persil.

Penggunaan penanda *premark* memiliki manfaat tambahan yaitu memungkinkan penentuan posisi titik tengah lingkaran pada data foto dengan tingkat ketelitian hingga 0,001 piksel (Mitchell dan Pilgrim, 1987; Trinder dkk., 1990). Dengan demikian, perbedaan atau bias posisi antara titik-titik persil yang diukur secara lapangan dan hasil digitalisasi pada foto dapat diminimalisir.

Pada data foto, penentuan titik tengah lingkaran pada *premark* dilakukan secara matematis dengan teknik *centroid*. Teknik *centroid* merupakan metode untuk penentuan titik tengah/ pusat suatu objek (Jensen, 2005). Pendefinisian ini dilakukan agar terdapat konsistensi antara titik- titik persil bidang tanah yang diukur di lapangan dengan yang diidentifikasi pada foto sebagai titik persil yang sama. Verifikasi koordinat titik-titik persil bidang tanah dilakukan dengan pengukuran menggunakan *GPS* Geodetik metode *RTK*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Data Koordinat 3D

Hasil penelitian ini menghasilkan tiga data koordinat 3D yaitu dengan metode *Automatic Pointing* untuk foto tegak dan foto konvergen, dan metode *Manual Pointing* untuk foto miring. Pada Tabel 1 Koordinat Pengolahan *Automatic Pointing (AP)* Teknik Foto Normal, dan Tabel 2 Koordinat Pengolahan *Automatic Pointing (AP)* Teknik Foto Konvergen, merupakan nilai kordinat 3D dari hasil pengolahan *Automatic Pointing* teknik foto tegak dan teknik foto konvergen.

Tabel 1. Koordinat Pengolahan *Automatic Pointing (AP)* Teknik Foto Normal

POINT	Koordinat Automatic Pointing Foto Normal		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
ICP1	676807.765	9123890.732	572.297
ICP2	676820.847	9123914.799	572.373
ICP3	676835.172	9123937.545	572.264
.	.	.	.
ICP134	676759.106	9123907.262	572.518
ICP135	676801.059	9123952.023	572.465

Tabel 2. Koordinat Pengolahan *Automatic Pointing (AP)* Teknik Foto Konvergen

POINT	Koordinat Automatic Pointing Foto Konvergen		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
ICP1	676807.747	9123890.976	571.734
ICP2	676820.737	9123915.093	572.085
ICP3	676834.939	9123937.869	572.109
.	.	.	.
ICP134	676759.378	9123907.154	572.569
ICP135	676800.792	9123952.173	572.554

Pada tabel 3 Koordinat Pengolahan *Manual Pointing (MP)* Teknik Foto Konvergen, merupakan nilai koordinat 3D dari hasil pengolahan metode (*manual pointing*) menggunakan data foto konvergen, dan pada tabel 4 Koordinat Validasi *GPS RTK*, merupakan sampel data nilai koordinat 3D hasil pengamatan *RTK* yang dijadikan validasi data yang dianggap benar.

Tabel 3. Koordinat Pengolahan *Manual Pointing (MP)* Teknik Foto Konvergen

POINT	Koordinat Manual Pointing Foto Konvergen		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
ICP1	676807.731	9123890.753	572.233
ICP2	676820.822	9123914.794	572.324
ICP3	676835.166	9123937.553	572.210
.	.	.	.
ICP134	676759.109	9123907.249	572.584
ICP135	676801.037	9123952.016	572.467

Tabel 4. Koordinat Validasi *GPS RTK*

POINT	Koordinat <i>GPS RTK</i>		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
ICP1	676807.679	9123890.730	572.248
ICP2	676820.803	9123914.782	572.452
ICP3	676835.135	9123937.603	572.314
ICP134	676759.136	9123907.329	572.153
ICP135	676801.059	9123952.019	572.468

Tabel 5 Selisih Koordinat X,Y,Z Pengolahan *Automatic Pointing* (AP) Teknik Pemotretan Normal, merupakan data selisih antara koordinat 3D *automatic pointing* foto normal dengan koordinat 3D dari data *GPS*, dimana total selisih dari $\Delta X = (0,301 \text{ m})$, $\Delta Y = (0,238 \text{ m})$, dan $\Delta Z = (3,385 \text{ m})$. Maka dapat dilihat hasil dari foto normal/ tegak dapat menerapkan metode pengolahan *Automatic Pointing* (AP).

Tabel 5. Selisih Koordinat X,Y,Z Pengolahan *Automatic Pointing* (AP) Teknik Pemotretan Normal

POINT	Koordinat <i>Automatic Pointing</i> Foto Normal		
	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
ICP 1	0.007	0.000	0.002
ICP2	0.002	0.000	0.006
ICP3	0.001	0.003	0.003
ICP134	0.001	0.004	0.134
ICP135	0.000	0.000	0.000
TOTAL	0.301	0.238	3.385

Tabel 6 Selisih Koordinat X,Y *Automatic Pointing* (AP) Foto Konvergen, merupakan data selisih antara koordinat 3D *automatic pointing* foto konvergen dengan koordinat 3D data *GPS*, dimana total selisih dari $\Delta X = 17,686 \text{ m}$, $\Delta Y = 20,648 \text{ m}$, dan $\Delta Z = 59,612 \text{ m}$. Maka dapat dilihat hasil dari foto konvergen/ miring tidak dapat dideteksi titik tengah secara otomatis dan tidak dapat menerapkan metode pengolahan *Automatic Pointing* (AP).

Tabel 6. Selisih Koordinat X,Y *Automatic Pointing* (AP) Foto Konvergen

POINT	Koordinat <i>Automatic Pointing</i> Foto Konvergen		
	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
ICP 1	0.005	0.061	0.264
ICP2	0.004	0.096	0.135
ICP3	0.039	0.071	0.042
ICP134	0.058	0.031	0.173
ICP135	0.071	0.024	0.007
TOTAL	17.686	20.648	59.612

Pada tabel 7 Selisih Koordinat X,Y *Manual Pointing* (MP) Foto Konvergen, merupakan data selisih antara koordinat 3D *manual pointing* dengan koordinat 3D data *GPS*, dimana total selisih dari $\Delta X = 0,271 \text{ m}$, $\Delta Y = 0,400 \text{ m}$, dan $\Delta Z = 1,133 \text{ m}$. Maka dapat dilihat hasil dari foto konvergen/ miring dapat dideteksi titik tengah dengan menerapkan metode *Manual Pointing* (MP) sesuai dengan koordinat 3D data *GPS*.

Tabel 7. Selisih Koordinat X,Y *Manual Pointing* (MP) Foto Konvergen

POINT	Koordinat <i>Manual Pointing</i> Foto Konvergen		
	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)
ICP 1	0.003	0.001	0.000
ICP2	0.000	0.000	0.016
ICP3	0.001	0.003	0.011
ICP134	0.001	0.006	0.186
ICP135	0.000	0.000	0.000
TOTAL	0.271	0.400	1.133

2. Uji Akurasi *Root Mean Square Error (RSME)*

Pada tabel 8 *RMSE* Koordinat dari tiap pengolahan, merupakan hasil uji *Root Mean Square Error (RMSE)* dari pengolahan foto.

Tabel 8. *RMSE* Koordinat dari Tiap Pengolahan

Sistem Pengolahan Foto	Total Nilai			Nilai <i>RMSE</i>	
	ΔX (m)	ΔY (m)	ΔZ (m)	<i>RMSEr</i> ($\Delta X, \Delta Y$) (m)	<i>RMSE Z</i>
Automatic Pointing Foto Normal	0.301	0.238	3.385	0.063	0.158
Automatic Pointing Foto Konvergen	17.686	20.648	59.612	0.533	0.665
Manual Pointing Foto Konvergen	0.271	0.400	1.133	0.070	0.092

Pada tabel 8 *RMSE* koordinat 3D *Automatic Pointing* Foto Normal dihasilkan nilai *RMSEr* 0,063 m dan *RMSEz* = 0,158 m, nilai *RMSE* koordinat 3D *Automatic Pointing* Foto Konvergen *RMSEr* 0,53 m dan *RMSEz* 0,665 m. Nilai *RMSE* koordinat 3D dengan teknik *Manual Pointing* Foto Konvergen *RMSEr* 0,070 m dan *RMSEz* = 0,092 m.

Berdasarkan hasil pengolahan *RMSE* dari beberapa pengolahan data maka disesuaikan dengan standar ketelitian peta dasar pada Tabel 9 Ketelitian Peta Dasar Pertanahan Kelas 1, Tabel 10 Ketelitian Peta Dasar Pertanahan Kelas 2, dan Tabel 11 Ketelitian Peta Dasar Pertanahan Kelas 3.

Tabel 9. Ketelitian Peta Dasar Pertanahan Kelas 1

Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta Kelas 1	
		Horizonta 1 (m)	Vertikal (m)
1:5.000	2	1,5	1
1:2.500	1	0,75	0,5
1:1.000	0,4	0,3	0,2

Tabel 10. Ketelitian Peta Dasar Pertanahan Kelas 2

Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta Kelas 2	
		Horizontal (m)	Vertikal (m)
1:10.000	4	6	3
1:5.000	2	3	1,5
1:2.500	1	1,5	0,75
1:1.000	0,4	0,6	0,3

Tabel 11. Ketelitian Peta Dasar Pertanahan Kelas 3

Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta Kelas 3	
		Horizonta 1 (m)	Vertikal (m)
1:10.000	4	9	4
1:5.000	2	4,5	2
1:2.500	1	2,3	1
1:1.000	0,4	0,9	0,4

Berdasarkan ketentuan Peraturan Badan Pertanahan Nasional tentang ketelitian peta dasar (Permen ATR/BPN, 2019), maka hasil yang diperoleh dari pengolahan teknik *Automatic Pointing* foto tegak atau normal tergolong pada ketelitian peta dasar skala 1:1000 kelas 1, selanjutnya pada hasil foto konvergen tergolong pada ketelitian peta dasar skala 1:1000 kelas 2 dan untuk teknik *Manual Pointing* foto konvergen tergolong pada ketelitian peta dasar skala 1:1000 kelas 1.

Tabel 12. Ketelitian Peta Dasar Pertanahan Kelas 3

No	Luasan Bidang Tanah m^2				Selisih Luasan Bidang Tanah m^2			
	GPS-RTK	AP Foto Normal	AP Foto Konvergen	MP Foto Konvergen	GPS RTK & AP FOTO NORMAL	GPS RTK & AP FOTO KONVERGEN	GPS RTK & MP FOTO KONVERGEN	Toleransi Dalam Bentuk (m^2)
1	583,080	583,890	582,714	582,987	0,810	0,366	0,093	29,154
2	413,634	414,290	414,268	414,292	0,656	0,635	0,658	20,682
3	937,708	936,191	934,027	936,386	1,517	3,681	1,322	46,885
4	577,219	579,600	578,574	576,736	2,382	1,355	0,482	28,861
5	360,834	360,291	359,100	360,164	0,543	1,734	0,670	18,042
6	443,180	442,531	440,540	442,685	0,649	2,640	0,495	22,159
7	294,121	295,744	295,389	296,434	1,623	1,268	2,313	14,706
8	206,959	207,077	206,289	207,146	0,119	0,670	0,188	10,348
9	153,313	154,269	152,713	154,116	0,956	0,600	0,804	7,666
10	395,244	395,153	398,119	395,326	0,091	2,875	0,082	19,762
11	383,682	383,718	380,898	383,406	0,036	2,784	0,276	19,184
12	424,689	425,649	422,725	425,155	0,960	1,965	0,466	21,234
13	372,284	372,508	371,298	371,950	0,224	0,985	0,334	18,614
14	1003,276	1004,663	995,337	1002,082	1,387	7,939	1,194	50,164
15	1125,991	1125,620	1118,057	1124,772	0,371	7,934	1,219	56,300
16	521,851	521,733	520,017	522,419	0,118	1,834	0,568	26,093
17	350,040	350,735	349,563	350,979	0,695	0,477	0,940	17,502
18	411,541	412,656	410,823	412,620	1,115	0,718	1,080	20,577
19	379,135	378,564	352,791	379,074	0,571	26,344	0,061	18,957
20	307,138	307,953	313,002	312,576	0,815	5,864	5,438	15,357
21	210,283	210,826	210,802	210,863	0,543	0,519	0,580	10,514
22	1352,202	1353,213	1349,021	1353,901	1,011	3,181	1,699	67,610
23	450,912	452,474	448,748	452,986	1,563	2,164	2,074	22,546
24	556,094	555,809	553,252	555,893	0,284	2,842	0,201	27,805
25	680,404	679,285	677,421	679,895	1,119	2,983	0,509	34,020
26	313,899	313,692	313,043	314,421	0,207	0,855	0,523	15,695
27	429,557	428,410	427,480	428,394	1,146	2,076	1,163	21,478
28	940,288	939,455	937,750	939,703	0,833	2,538	0,586	47,014
29	450,934	448,940	447,479	449,171	1,993	3,454	1,763	22,547
30	450,446	449,841	450,157	450,734	0,605	0,289	0,287	22,522
TOTAL =					0,831	3,119	0,936	

Pada tabel 12 Ketelitian Peta Dasar Pertanahan Kelas 3, merupakan hasil perhitungan luasan dari bidang tanah yang dijadikan sampel, dimana pada pengolahan data teknik *Automatical pointing* foto normal memiliki rata-rata selisih nilai luasan yaitu 0,831m², selanjutnya untuk foto konvergen yaitu 3,119m² dan pengolahan teknik *Manual Pointing* foto konvergen yaitu 0,936m².

Tabel 9, Tabel 10, dan Tabel 11 merupakan standar peraturan yang ditetapkan oleh Kepala Badan Pertanahan Nasional dengan nomor 21 tahun 2019 (Permen ATR/BPN, 2019). Peraturan tersebut bertujuan

untuk menentukan skala peta yang harus digunakan sesuai dengan tingkat ketelitian geometri yang akan dicapai.

PENUTUP

Simpulan

Berikut beberapa simpulan dari hasil penelitian mengenai uji ketelitian pemetaan bidang tanah persil menggunakan drone :

1. Berdasarkan hasil pengujian selisih luasan yaitu dengan hasil yang diperoleh mendekati nilai data verifikasi yaitu pengolahan foto menggunakan metode *automatic pointing* pada foto normal/ tegak.
2. Berdasarkan Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 21 Tahun 2019 pengolahan foto yang dihasilkan teknik *automatic pointing* foto teknik normal/tegak memenuhi ketelitian geometri peta horizontal kelas 1 dalam skala peta 1:1.000 dengan nilai *RMSE* 0,063 m dan untuk ketelitian geometri peta vertikal memenuhi kelas 1 pada skala peta 1:1.000. Selanjutnya untuk pengolahan foto dengan *automatic pointing* foto konvergen memenuhi ketelitian geometri peta horizontal kelas 2 dalam skala peta 1:1.000 dengan nilai *RMSE* 0,533 m dan untuk ketelitian geometri vertikal masuk pada kelas 2 dalam skala 1:2.500, dan pengolahan foto manual pointing foto teknik konvergen memenuhi pada ketelitian geometri horizontal kelas 1 dalam skala peta 1:1.000 dengan nilai *RMSE* 0,070 m dan ketelitian geometri vertikal memenuhi pada kelas 1 dalam skala peta 1:1000 dengan nilai *RMSE* 0,092 m.

Saran

1. Saran untuk penelitian selanjutnya dilakukan di daerah yang memiliki kondisi topografi yang bervariasi. Selain itu terkait objek yang diteliti tidak pada luasan bidang tanah saja tetapi juga dilakukan penelitian pada objek bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

- A. Rokhmana, C., E. Tjahjadi, M., & D. Agustina, F. (2019). Cadastral Surveys with Non-metric Camera Using Uav: A Feasibility Study. *KnE Engineering*, 2019, 227–237. <https://doi.org/10.18502/keg.v4i3.5856>
- Adi, A. P., Prasetyo, Y., & Yuwono, B. D. (2017). Pengujian Akurasi dan Ketelitian Planimetrik pada Pemetaan Bidang Tanah Pemukiman Skala Besar Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 208–217. <http://ijict.iaescore.com/index.php/IJICT/article/view/1083>
- Agustina, F. D., & Tjahjadi, M. E. (2021). Perbandingan Uji Akurasi Data Pada Ortofoto Menggunakan Teknik Pemotretan Tegak Dan Miring Berdasarkan Standar Ketelitian Planimetris Bpn (Badan Pertanahan Nasional). *Prosiding FIT ISI 2020*, 1, 166–171.
- Aji, D. S. (2019). Analisis Akurasi Dem Dan Foto Tegak Hasil Pemotretan Dengan Pesawat Nir Awak Dji Phantom 4 (Studi Kasus : Bukit Perumahan Permata Hijau Tembalang Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 8(2), 8–18.
- Avicenna, M., Cahyono, A. B., & Hidayat, H. (2018). Analisa Kalibrasi Kamera Sony Exmor pada Nilai Orientasi Parameter Interior untuk Keperluan Pemetaan (FUFK). *Jurnal Teknik ITS*, 7(1). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i1.28557>
- Jensen, J. R. (2005). *Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective*. Pearson Education.
- Mikhail, E.M., Bethel, J. S. (1976). *Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans*. Wiley.
- Mitchell, H. L. and Pilgrim, L. J., (1987). Selection of an Image Matching Algorithm. In: M. R. Shortis (Editor), *Symposium on the Application of Close Range Photogrammetry*. The University of Melbourne, Melbourne, halaman: 23-31.
- Natar, Christovel P., L.M. Sabri., dan M. Awaluddin. 2013. “Analisis Akurasi Model 3 Dimensi Bangunan Dari Foto Secara Tegak Dan Miring.” *Geodesi Undip* 9:1–10.

Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/badan Pertanahan Nasional Nomor 21 Tahun 2019 Tentang Peta Dasar Pertanahan

Szeliski. (2010). *Computer Vision: Algorithms and Applications*. Springer. London. ISBN-13: 978-1848829343. ISBN-10: 1848829345

Tjahjadi, E., Purwanto, H., & Sae, S. S. (2013). Studi Kelayakan Pemetaan Kadastral Teliti Dari Pemotretan Udara Dengan Wahana Nirawak. *Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia*, October 2013, 1–7.

Yandri, Y., Gani, M. H., Masta, P. K., Syahdiza, E., & Rahman, F. (2020). the Influence of Drones on the Development of Architechtural Photography Cultural Works. *Jurnal Kata*, 4(1), 1. <https://doi.org/10.22216/kata.v4i1.4596>
