

HASIL PEMOTRETAN *UNMANNED AERIAL VEHICLE* PADA VARIASI TOPOGRAFI UNTUK PENGUKURAN DAN PEMETAAN

Muhammad Arief Setiawan, Eko Budi Wahyono, Bambang Suyudi

Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional

Jl. Tata Bumi No.5 PO BOX 1216 Kode Pos 55293 Yogyakarta

Abstract: The availability of a 1: 1000 scale base map owned by Ministry of Agrarian and Spatial Affairs/National Land Office (Ministry of ATR/BPN) is 0.9% of the non-forest area. The target of land registration amounts to \pm 127 million parcels of land outside the forest area, only \pm 47 million parcels of land already registered. The purpose of this research is (1) to know mapping with UAV on topographic variation for making land registration base map, (2) to know whether the result of measurement accuracy of ground plane with UnmannedAerialVehicle(UAV) on different topography fulfill the technical requirement of PMNA / KBPN Number 3 Year 1997. The Research method used is experimental method with quantitative approach. The study examined the accuracy of position, length and area of land Parcels sample by comparing terrestrial and photogrammetric measurements. The data were analyzed using tolerance test based on PMNA/KBPN Number 3 of 1997. Based on the analysis it is known that, the result of photography map with DJI Phantom 3 Pro Quadcopter UAV can be used for making the registration base map on flat or sloping topography. The length and the area of the shooting Result with the UAV can be used for measuring land Parcel on flat or sloping topography.

Keywords: photogrammetric, UAV, topography

Intisari: Ketersediaan peta dasar skala 1:1000 yang dimiliki oleh Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (Kementerian ATR/BPN) yaitu sebesar 0,9% dari cakupan luas lahan non hutan. Target pendaftaran tanah berjumlah \pm 127 juta bidang tanah di luar kawasan hutan, hanya \pm 47 juta bidang tanah yang sudah terdaftar. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk (1) mengetahui pemetaan dengan *UnmannedAerialVehicle*(UAV) pada variasi topografi untuk pembuatan peta dasar pendaftaran tanah, (2) mengetahui apakah hasil uji ketelitian pengukuran bidang tanah dengan UAV pada topografi yang berbeda memenuhi persyaratan teknis PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997. Metode yang digunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Penelitian menguji ketelitian posisi, panjang dan luas bidang tanah dengan membandingkan pengukuran terestris dan fotogrametris. Analisa dilakukan berdasarkan toleransi persyaratan teknis PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997. Berdasarkan analisa diketahui bahwa, peta hasil pemotretan dengan UAV *Quadcopter DJI Phantom 3Pro* dapat digunakan untuk pembuatan peta dasar pendaftaran pada topografi datar maupun miring. Panjang dan luas hasil pemotretan dengan UAV dapat digunakan untuk pengukuran bidang tanah pada topografi datar maupun miring.

Kata Kunci : fotogrametris, UAV, topografi

A. Pendahuluan

Rekapitulasi ketersediaan peta dasar skala 1:1000 yang dimiliki oleh Direktorat Jenderal Infrastruktur Keagrariaan Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional yaitu sebesar 0,9% dari cakupan luas lahan nonhutan (BPN, 2017). Menurut Pelopor (2017) dalam Seminar Nasional Pertanahan STPN Yogyakarta pada 21 Desember 2017, target pendaftaran tanah di Indonesia berjumlah \pm 127 juta bidang tanah

di luar kawasan hutan. Dari target tersebut hanya \pm 47 juta bidang tanah yang sudah terdaftar. Berdasarkan data tersebut masih banyak yang belum memiliki peta dasar pendaftaran tanah. Berdasarkan pasal 1 angka (14) PP Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah, peta dasar pendaftaran tanah adalah peta yang memuat titik-titik dasar teknik dan unsur-unsur geografis, seperti sungai, jalan, bangunan dan batas fisik bidang tanah. Dengan adanya peta dasar pendaftaran bidang tanah yang didaftar dalam pendaftaran tanah secara sporadik dapat diketahui letaknya dalam kaitan dengan bidang-bidang tanah lain dalam suatu wilayah, sehingga dapat dihindarkan terjadinya sertipikat ganda atas satu bidang tanah.

Kementerian ATR/BPN perlu melakukan pengembangan dalam pembuatan peta dasar pendaftaran tanah. Pengembangan metode dilakukan tidak hanya metode terestris saja, tetapi perlu pengembangan metode lain. Salah satunya metode pengumpulan data fisik yang dapat dikembangkan adalah metode pengukuran fotogrametris. Dalam penjelasan pasal 15 ayat (2) Peraturan Menteri Negara Agraria/ Kepala Badan Pertanahan Nasional (PMNA/KBPN) Nomor 3 Tahun 1997 tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah dijelaskan pengukuran dan pemetaan untuk pembuatan peta dasar pendaftaran diselenggarakan dengan cara terrestrial, fotogrametrik atau metode lain. Berdasarkan pasal 12 ayat (3) PMNA/KBPN nomor 3 tahun 1997 dijelaskan Pengukuran dan pemetaan secara fotogrametrik adalah pengukuran dan pemetaan dengan menggunakan foto udara. Ayat selanjutnya menjelaskan pengertian foto udara adalah foto permukaan bumi yang diambil dari udara dengan menggunakan kamera yang dipasang pada pesawat udara dan memenuhi persyaratan-persyaratan teknis tertentu untuk digunakan bagi pembuatan dasar pendaftaran. Berdasarkan peraturan tersebut, foto udara hasil *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dapat digunakan selama memenuhi persyaratan-persyaratan teknis tertentu. Agar memenuhi persyaratan-persyaratan teknis tersebut perlu diadakan penelitian mengenai hasil pengukuran dan pemetaan UAV dengan variasi topografi (topografi datar dan miring). Rumusan masalah penelitian yaitu (1) Bagaimana pemetaan dengan UAV pada variasi topografi untuk pembuatan peta dasar pendaftaran tanah? (2) Apakah hasil uji ketelitian pengukuran bidang tanah dengan UAV pada topografi yang berbeda memenuhi persyaratan teknis PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997?

B. Metode Penelitian

Peneliti dalam penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan pendekatan kuantitatif. Variabel dalam penelitian ini berupa hasil dua metode pengukuran yaitu pengukuran fotogrametris dan terestris pada topografi datar dan miring. Populasi dalam

penelitian ini berupa *orthophoto* hasil pemotretan UAV yang telah diolah. Penelitian ini menggunakan sampel berupa bidang-bidang tanah yang diidentifikasi dalam *orthophoto* tersebut. Jumlah sampel untuk topografi datar dan miring masing-masing berjumlah 10 bidang tanah. Penelitian ini dalam pengujian ketelitian menggunakan variabel yaitu posisi titik, panjang, luas dari bidang tanah hasil digitasi *orthophoto* hasil pemotretan UAV yang sudah dilakukan pengolahan pada topografi datar dan miring. Kemudian membandingkan ketelitian pada kedua variasi topografi. Pengambilan sampel dilakukan menyebar pada kedua topografi. Sehingga sampel dapat mewakili populasi kedua topografi. Peneliti dalam penelitian ini menggunakan bahan penelitian berupa data pengukuran bidang tanah dan foto udara hasil pemotretan dengan wahana UAV *Quadcopter DJI Phantom 3 Pro* yang telah diolah.

Peneliti memilih lokasi ini dengan pertimbangan adanya variasi topografi datar dan topografi miring. Lokasi untuk medan datar di Desa Kembang Kecamatan Nanggulan dan medan miring di Desa Pendoworejo Kecamatan Girimulyo. Pada masing-masing topografi dipasang titik *Ground Control Point (GCP)* dan titik *Independent Check Point (ICP)* dengan jumlah dan posisi yang sama. Jumlah titik pada masing-masing topografi yaitu 9 GCP dan 4 ICP.

Penelitian ini menggunakan jenis data primer dan sekunder. Data primer berupa posisi titik (GCP dan ICP) dan sampel bidang tanah pada masing-masing topografi serta foto udara hasil pemotretan UAV. Sumber data primer berasal dari data pengukuran di lapangan dengan menggunakan alat ukur *receiver CORS* untuk posisi titik GCP dan ICP, *Total Station* untuk sampel bidang tanah dan UAV untuk pemotretan foto udara. Data sekunder berupa batas desa dan keterangan tentang lokasi penelitian. Sumber data sekunder mengambil beberapa instansi. Data sekunder berupa batas desa berasal dari Kantor Pertanahan Kulon Progo, Sedangkan keterangan lokasi penelitian berasal dari Badan Pusat Statistik. Data penelitian diperoleh menggunakan peralatan sebagai berikut:

1. Perangkat lunak

- a. *Windows* sebagai sistem operasi komputer,
- b. *Android* sebagai sistem operasi *launcher*,
- c. *DJI GO* sebagai aplikasi untuk kontrol UAV *Quadcopter*,
- d. *Ctrl+DJI* sebagai *plugin PIX4Dcapture* untuk menghubungkan ke DJI drone,
- e. *PIX4Dcapture* sebagai aplikasi perencanaan dan pelaksanaan UAV *Quadcopter* untuk pemotretan,
- f. *Microsoft Office*, digunakan untuk membuat laporan, menghitung uji ketelitian,

- g. *AutoCad Map*, digunakan untuk digitasi dan menggambar bidang tanah hasil pengukuran terestris,
- h. *Agisoft Photoscan*, digunakan untuk mengolah dan membuat *orthophoto*.
- i. *Global Mapper*, digunakan untuk mengubah sistem koordinat *orthophoto*.

2. Perangkat keras

- a. *UAV Quadcopter DJI Phantom 3 Pro* sebagai alat yang digunakan untuk pemotretan foto udara,
- b. *Laptop* sebagai alat yang digunakan untuk proses pengolahan foto udara dan editing data serta pembuatan laporan,
- c. *Printer* sebagai alat yang digunakan untuk mencetak laporan,
- d. *Handphone*, Sebagai alat hardware untuk menjalankan aplikasi di android,
- e. *GPS CORS* sebagai alat untuk pengukuran GCP dan ICP,
- f. *GPS Garmin* sebagai alat untuk menentukan titik GCP dan ICP,
- g. *Total Station* untuk mengukur dan mengikatkan batas bidang tanah.

Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil pengukuran metode fotogrametris dengan terestris. Data tersebut dibandingkan berdasar peraturan yang berlaku yaitu Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar dan Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah. Berikut analisis yang dilakukan:

1. Ketelitian Peta Dasar

Ketelitian peta dasar dianalisis dengan menghitung nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. *Root Mean Square Error* (RMSE) adalah akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai koordinat data dan nilai koordinat dari sumber independen yang akurasinya lebih tinggi. RMSE menggambarkan nilai perbedaan antara titik di peta dengan titik sebenarnya di lapangan sehingga kesalahan random dan sistematik dapat digambarkan.

Rumus hitungan RMSE:

$$RMSE_x = \sqrt{\sum \Delta x^2 / n}$$

$$RMSE_y = \sqrt{\sum \Delta y^2 / n}$$

$$RMSE_r = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2}$$

Keterangan:

RMSE_x = *Root Mean Square Error* pada posisi X

RMSE_y = *Root Mean Square Error* pada posisi Y

n = Jumlah total pengecekan pada peta foto

Circular Error 90% (CE90) adalah ukuran ketelitian geometrik horizontal yang didefinisikan sebagai radius lingkaran yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan posisi horizontal objek di peta dengan posisi yang dianggap sebenarnya tidak lebih besar dari radius tersebut. Rumus hitungan CE90:

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_r$$

Keterangan:

RMSE_r = *Root Mean Square Error* pada posisi X dan Y (Horizontal)

CE90 = ukuran ketelitian geometrik horizontal

2. Posisi titik

Posisi titik dianalisis sesuai dengan PMNA/KBPN nomor 3 tahun 1997 dengan menghitung ketelitian tidak lebih 0,3 mm x skala peta. Rumus pergeseran posisi:

$$\Delta Li = \sqrt{(x'-x)^2 + (y'-y)^2}$$

Keterangan:

ΔLi = Perbedaan Posisi Titik

x', y' = Koordinat pada peta foto

x, y = Koordinat hasil pengukuran GPS

3. Panjang sisi bidang tanah

Berdasarkan Petunjuk Teknis PMNA/KBPN nomor 3 tahun 1997 toleransi perbedaan panjang sisi bidang tanah pada hasil pengukuran terestris pada peta foto tidak lebih dari 25 cm untuk daerah pertanian. Rumus hitungan selisih pasnjang:

$$\Delta l = l' - l$$

Keterangan:

Δl = selisih jarak sisi bidang tanah

l' = jarak sisi bidang tanah di peta foto

l = jarak sisi bidang tanah di lapangan

4. Luas bidang tanah

Luas bidang tanah dianalisis berdasarkan Petunjuk Teknis PMNA/KBPN nomor 3 tahun 1997 yaitu perbedaan luas bidang tanah pengukuran terestris dan pengukuran fotogrametris tidak boleh melebihi toleransi:

$$T = 1/2 \sqrt{L}$$

Keterangan:

T = toleransi luas yang diperkenankan

L = rata-rata luas bidang tanah

C. Ground Control Point dan Independent Check Point

Menurut Ulfiani dkk. (2016) dalam jurnal, *Ground Control Point* (GCP) atau titik kontrol tanah merupakan objek di permukaan bumi yang dapat diidentifikasi dan memiliki informasi spasial bereferensi terhadap tanah (X,Y,Z). GCP berfungsi sebagai titik sekutu yang menghubungkan antara sistem koordinat peta dan sistem koordinat foto (Harintaka 2008 dalam Husna dkk 2016). Dari GCP inilah nantinya peta foto akan memiliki koordinat yang sesuai dan terikat dengan wilayah pengukuran tersebut (Husna dkk 2016). GCP diperlukan sebagai titik sekutu dalam orthorektifikasi foto udara.

Untuk mengetahui tingkat ketelitian pengolahan, dapat juga dilaksanakan dengan ICP yang tersebar (Husna dkk 2016). Kualitas geometri yang baik ditunjukkan dengan diperolehnya nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) hasil cek ICP yang kecil (Maharani 2016). Uji ketelitian geometris peta foto dilakukan berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, dengan ketentuan seperti tabel tentang ketelitian geometri Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Ketelitian Geometri Peta RBI.

No	Skala	Interval kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)
1	1:1.000.000	400	200	200	300	300,00	500	500,00
2	1:500.000	200	100	100	150	150,00	250	250,00
3	1:250.000	100	40	40	75	75,00	125	125,00
4	1:100.000	40	20	20	30	30,00	50	50,00
5	1:50.000	20	10	10	15	15,00	25	25,00
6	1:25.000	10	4	4	7,5	7,50	12,5	12,50
7	1:10.000	4	2	2	3	3,00	5	5,00
8	1:5.000	2	1	1	1,5	1,50	2,5	2,50
9	1:2.500	1	0,5	0,5	0,75	0,75	1,25	1,25
10	1:1.000	0,4	0,2	0,2	0,3	0,30	0,5	0,50

Sumber: Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial nomor 15 Tahun 2014

Setiap kelas memiliki ketelitian yaitu ketelitian horizontal dan vertikal. Ketelitian tersebut didapat berdasarkan skala peta yang akan dibuat. Nilai ketelitian di setiap kelas diperoleh melalui ketentuan seperti pada tabel 2.

Tabel 2. Ketentuan Ketelitian Geometri Peta RBI Berdasarkan Kelas

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0,2 mm x bilangan skala	0,3 mm x bilangan skala	0,5 mm x bilangan skala
Vertikal	0,5 x interval kontur	1,5 x keteletian kelas 1	2,5 x keteletian kelas 1

Sumber: Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial nomor 15 Tahun 2014

1. Orthorektifikasi

Orthorektifikasi menurut Agisoft LCC (2013) dalam Prasetyo dkk. (2016) adalah melakukan proses pendefinisian koordinat mark GCP pada foto udara menyesuaikan koordinat GCP hasil akuisisi menggunakan GPS. Orthorektifikasi menurut Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) (2010) dalam Binta (2017) adalah suatu proses koreksi yang bertujuan untuk memperbaiki distorsi geometri yang disebabkan oleh karakteristik sensor, arah penginderaan, dan pergeseran relief sehingga arah penginderaan memiliki proyeksi perspektif. Orthorektifikasi biasanya digunakan pada foto udara yang bertampalan yang membentuk *orthophototiga* tigs dimensi (koordinat x,y,z). Pada dasarnya koreksi orthorektifikasi adalah bertujuan mengubah citra yang memiliki arah penginderaan bersifat proyeksi perspektif menjadi proyeksi orthogonal (LAPAN) (2010) dalam Binta (2017). Dalam proses orthorektifikasi terjadi penghapusan akibat kemiringan dan relief yang bertujuan menjadikan foto udara datar sehingga menghasilkan skala yang tetap pada posisi sebenarnya untuk memperoleh jarak, sudut dan area yang akurat.

2. Peta Foto

Menurut Suyudi dkk. (2014, 120) peta foto adalah peta yang menggambarkan detail lapangan dari citra foto dengan skala tertentu. Peta foto sudah melalui proses pemetaan fotogrametri oleh karena itu ukuran-ukuran pada peta foto sudah benar, dengan demikian detail-detail yang ada di peta foto yang dapat diidentifikasi di lapangan mempunyai posisi sudah benar di peta. Menurut Wolf (1993, 268) peta foto dapat dibuat dari satu foto udara, atau dari bagian-bagian dua foto atau lebih untuk membentuk paduan gambaran yang bersambung, paduan tersebut biasanya disebut dengan mosaik. Menurut Frandika (2017) Produksi peta foto dapat dilakukan setelah pemrosesan orthofoto dan proses pembentukan orthofoto adalah dengan pembentukan mosaik. Dalam pembuatan mosaik ini menggunakan foto udara format kecil (FUFK).

3. Variasi Topografi

Menurut Subiyanto (2016) topografi adalah ketinggian tempat dan kemiringan lereng. Sedangkan menurut Diyono (2016) topografi merupakan rupa bumi. Sehingga dapat disimpulkan topografi merupakan gambaran permukaan bumi yang berupa ketinggian tempat ataupun kemiringan lereng. Variasi keadaan topografi dapat diartikan jenis lereng ataupun kelas lereng berdasarkan kemiringannya. Menurut Paine (1993) pergeseran topografi atau pergeseran relief pada foto udara dianggap paling penting diantara pergeseran lain seperti kemiringan alat (*tilt*). Berdasarkan ketentuan Norma, Standar, Prosedur dan Kriteria (NSPK) Pemetaan Tematik Pertanahan(2012,362) , peta kelas lereng untuk menilai tanah kritis diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. 1 = 0 – 8 % (datar)
- b. 2 = 8 -15 % (landai)
- c. 3 = 15 – 25 % (agak curam)
- d. 4 = 25 – 45 % (curam)
- e. 5 = 45 % atau lebih (sangat curam)

4. Pengukuran Bidang Tanah

Menurut Syaifullah (2014) mengatakan ukur tanah merupakan bagian dari seni pengukuran secara luas (*surveying*) yaitu penentuan posisi relatif pada, di atas, atau di bawah permukaan bumi. PMNA/KBPN nomor 3 tahun 1997 menjelaskan pengukuran dan pemetaan untuk pembuatan peta dasar pendaftaran diselenggarakan dengan cara terrestrial, fotogrametrik atau metode lain. Pengertian pengukuran dan pemetaan secara terrestrial dalam PMNA/KBPN nomor 3 tahun 1997 adalah pengukuran dan pemetaan yang dilaksanakan di permukaan bumi, sedangkan pengertian pengukuran dan pemetaan secara fotogrametrik adalah pengukuran dan pemetaan dengan menggunakan sarana foto udara. Menurut Petunjuk Teknis PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997 toleransi selisih/perbedaan jarak dari hasil metode terestris dan fotogrametris sebesar 25 cm untuk daerah pertanian, dan 10 cm untuk daerah permukiman. Dalam luas bidang tanah berdasarkan petunjuk teknis PMNA/KBPN Nomor 3 tahun 1997 selisih luas bidang tanah yang diperbolehkan antara pengukuran terestris dan fotogrametris tidak boleh melebihi toleransi yang ditentukan, yaitu:

$$T = \frac{1}{2} \sqrt{L}$$

Keterangan:

T = Toleransi Luas yang diperbolehkan

L = Rata-rata luas bidang tanah

5. Peta Dasar Pendaftaran.

Berdasarkan pasal 1 angka 14 PP nomor 24 tahun 1997 peta dasar pendaftaran adalah peta yang memuat titik-titik dasar teknik dan unsur-unsur geografis, seperti sungai, jalan, bangunan dan batas fisik bidang-bidang tanah. Syarat peta dasar pendaftaran dapat dibuat dengan menggunakan peta lain berdasarkan pasal 17 PMNA/KBPN nomor 3 tahun 1997 sebagai berikut:

- a. Peta tersebut mempunyai skala 1: 1.000 atau lebih besar untuk daerah perkotaan, 1: 2.500 atau lebih besar untuk daerah pertanian dan 1: 10.000 atau lebih kecil untuk daerah perkebunan besar;
- b. Peta tersebut sebagaimana dimaksud pada huruf a mempunyai ketelitian planimetris lebih besar atau sama dengan 0,3 mm pada skala peta;
- c. untuk mengetahui ketelitian planimetris sebagaimana dimaksud pada ayat (1) huruf b, dilakukan dengan pengecekan jarak pada titik-titik yang mudah diidentifikasi di lapangan dan pada peta.

D. Pemetaan *Unmanned Aerial Vehicle*

1. Pemotretan Foto Udara

a. Pemasangan *Ground Control Point* dan *Independent Check Point*

Pada penelitian ini, pemasangan titik GCP dan ICP menggunakan pola yang sama sebanyak 9 GCP dan 4 titik ICP pada masing-masing topografi. Pemasangan titik GCP dan ICP dilakukan menggunakan kertas asturo berwarna mencolok agar foto UAV dapat diidentifikasi koordinatnya. Kertas tersebut berukuran 10 cm x 60 cm yang disilangkan ditengahnya dengan paku payung.

b. Pengukuran *Ground Control Point* dan *Independent Check Point*

Pengukuran GCP dan ICP pada kedua topografi menggunakan *receiver GNSS Leica Rover*. Pengukuran titik GCP dan ICP dengan metode *real time kinematic*. Hasil pengukuran GCP dan ICP berupa koordinat geografis. Koordinat tersebut kemudian ditransformasi ke dalam koordinat TM 3°. Hasil pengukuran pada topografi datar terdiri 9 titik GCP dan 4 titik ICP pada masing-masing topografi.

c. Perencanaan Jalur Terbang

Perencanaan wilayah pemotretan UAV dilakukan untuk menentukan jalur terbang UAV. Perencanaan wilayah pemotretan UAV disesuaikan dengan perencanaan pemasangan GCP dan ICP pada masing-masing topografi. Pemotretan menggunakan aplikasi *Pix4D Capture* dengan *setting speed: fast, angle: vertical, overlap: 80%, face: forward*

dan ketinggian terbang 100 meter diatas tanah yang menghasilkan *Ground Sampling Distance* (GSD) 4,38 cm/pixel

d. Pemotretan

Pemotretan dilakukan satu kali terbang pada setiap topografi. Pemotretan menggunakan wahana UAV tipe *Quadcopter* (*DJI Phantom 3 Profesional*). Durasi pemotretan rata-rata sekitar 12 menit 30 detik pada setiap topografi. Pemotretan menghasilkan 276 foto udara format kecil pada topografi datar dan 271 foto udara format kecil pada topografi miring.

Foto udara yang dihasilkan memiliki Pemotretan menghasilkan foto udara dengan format JPEG, yang dimensi piksel 4000 x 3000 piksel dan panjang fokus 3.61 mm serta ukuran piksel 1.56 x 1.56 μ m. Sehingga dapat dilakukan penghitungan sebagai berikut:

$$\text{GSD} = \frac{\text{tinggi terbang} \times \text{lebar piksel}}{\text{Panjang fokus}}$$
$$\text{GSD} = \frac{100 \text{ m} \times 1.56 \mu\text{m}}{3.61\text{mm}} = 4,32 \text{ cm}$$

2. Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan untuk menggabungkan foto udara format kecil menjadi foto udara yang sudah orthorektifikasi. Pengolahan data ini menggunakan *software agisoft photoscan* dan dilakukan terpisah pada topografi datar dan miring. Pengolahan data foto udara format kecil UAV menggunakan *software agisoft photoscan* melalui beberapa tahap. Berikut tahapan pengolahan data foto udara format kecil:

a. Membuka software agisoft photoscan

Agisoft Photoscan adalah *software* yang digunakan dalam pengolahan fotogrametri. *Software* ini menggunakan SfM (*Structure from Motion*) untuk penggabungan foto. Rekonstruksi 3D dari penggabungan foto dilakukan dengan deteksi otomatis. (www.agisoft.ru dalam widiyanto (2016)).

b. Import Foto Udara Format Kecil

Menambahkan foto udara format kecil yang akan diolah (271 pada topografi miring dan 276 pada topografi datar). Pilih menu *workflow* kemudian pilih *add photo*.

c. Align Photos

Membangun *point cloud* dengan menggunakan menu *workflow* kemudian pilih *align photos*. Setelah itu akan muncul kotak dialog *align photos*. Pilih akurasi *high* dan centang pada *generic preselection* dan *reference preselection*.

d. Input Ground Control Point dan Independent Check Point

GCP berfungsi sebagai titik sekutu yang menghubungkan antara sistem koordinat peta dan sistem koordinat foto. GCP ini akan menjadi titik sekutu terhadap hasil dari *align photos*. ICP digunakan sebagai titik kontrol dari hasil pengolahan *align photos* dengan GCP. GCP dan ICP dimasukkan dengan memilih menu *reference* di bagian bawah kiri. Kemudian pilih *import* untuk memasukkan titik GCP dan ICP yang dalam bentuk *.txt. kemudian OK muncul keterangan *cant find match for MGT1 entry* pilih *Yes To All*.

Peneliti melakukan pendefinisian posisi GCP dan ICP di foto udara format kecil. Klik dua kali foto udara format kecil yang terdapat GCP atau ICP kemudian klik kanan pilih *place maker*, pilih nama GCP atau ICP yang ada pada foto tersebut. Lakukan pada semua foto yang terdapat titik GCP dan ICP. Setelah semua GCP dan ICP dimasukkan semua pada foto udara format kecil, pada *markers* di *reference* centang titik yang dijadikan GCP dan hilangkan centang yang dijadikan ICP. Kemudian pilih *optimize cameras*, centang semua parameter yang digunakan.

e. Pembangunan Titik Tinggi (Dense Point Clouds)

Dense point cloud digunakan untuk proses pembuatan *Digital Elevation Model (DEM)* dan *orthophoto*. Pembangunan *dense point clouds* dilakukan dengan menu *workflow* kemudian pilih *build dense point clouds*. Muncul kotak dialog, pilih *quality* dan *depth filtering*.

f. Pembangunan Mesh

Mesh atau model 3D merupakan salah satu hasil pemrosesan foto udara pada agisoft. Mesh ini sebagai dasar pembuatan DEM dan *orthophoto*. Pembangunan *mesh* dilakukan dengan menu *workflow* kemudian pilih *build mesh*. Pada kotak dialog pilih *surface type*, *surface data*, *face count* dan *interpolation*.

g. Pembangunan Model Texture

Model *texture* adalah model fisik 3D dari kenampakan-kenampakan yang ada pada area foto. Pembangunan model *texture* dilakukan dengan pilih menu *workflow* kemudian pilih *build texture*. Pada kotak dialog tentukan *mapping mode*, *blending mode*, *texture size/count* Pembangunan *Digital Elevation Model (DEM)* merupakan gambaran medan digital dalam format raster yang digunakan untuk informasi elevasi atau lereng. DEM ada dua jenis yaitu *Digital Surface Model* (berdasarkan tutupan lahan) dan *Digital Terrain Model* (berdasarkan permukaan tanah). Pembangunan DEM dilakukan dengan memilih menu *workflow* kemudian pilih *Build DEM*.

h. Pembangunan Orthophoto

Orthophoto merupakan penampakan rupa bumi yang dibentuk dari foto-foto yang saling bertampalan dan mempunyai proyeksi *orthogonal* (Yudhawan,dkk dalam Agung,

dkk: 2016). Pembangunan *orthophoto* dilakukan dengan memilih menu *workflow* kemudian memilih *bulid orthomosaic*. Pada kotak dialog tentukan *projection*, dan *blending mode*.

i. Eksport OrthoPhoto

Eksport Orthophoto merupakan proses mengubah hasil *orthophoto* menjadi file berekstensi *.jpeg*, *.tiff*, dan *.png* agar dapat digunakan software lain seperti *AutoCad Map*. *Eksport Orthophoto* dilakukan dengan memilih menu file kemudian eksport *orthomosaic* kemudian pilih eksport JPEG/TIFF/PNG. Muncul kotak dialog, klik *eksport*. Pilih tempat menyimpan dan beri nama file, kemudian klik *save*. Pada setiap pengolahan foto udara dengan *software software agisoft photoscan* menghasilkan sebuah *report*.

3. Transformasi Koordinat

Hasil *eksport software agisoft photoscan* masih dalam sistem koordinat *geographic* sehingga perlu dilakukan transformasi koordinat ke TM 3° dengan *software Global Mapper*. Tranformasi koordiant dilakukan dengan membuka file hasil pengolahan *software agisoft photoscan*, kemudian pilih menu *configuration*. Lakukan *setting configuration* kemudian klik OK.

a. Digitasi Orthophoto

Digitasi *orthophoto* dilakukan dengan *software Auto CAD*. Digitasi dilakukan pada 10 sampel bidang tanah yang telah dilakukan pengukuran terestris dimana ukuran terestris sebagai ukuran yang dianggap benar. Digitasi dilakukan pada *orthophoto* hasil pengolahan *software agisoft photoscan*. Digitasi bidang tanah dilakukan berdasarkan batas bidang tanah yang terlihat.

b. Pengukuran Terrestrial

Menurut PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997 pengukuran dan pemetaan secara *terrestrial* adalah pengukuran dan pemetaan yang dilaksanakan di permukaan bumi. Pengukuran *terrestrial* bidang tanah dilakukan dengan menggunakan alat ukur *Total Station*. Pengukuran bidang tanah diikatkan pada titik GCP dan ICP yang telah diketahui koordinatnya.

E. Uji Ketelitian

1. Uji Akurasi Ketelitian Peta Dasar

a. Topografi Datar

Uji akurasi ketelitian peta dasar pada topografi datar dilakukan berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman

Teknis Ketelitian Peta Dasar. Hasil uji akurasi dengan menghitung ketelitian GCP dan ICP pada topografi datar. Hasil hitungan didapat berdasarkan *report software agisoft photoscan* pada lampiran 2. Hasil CE90 GCP pada topografi datar sebesar 0,059 m (tabel 3). Berdasarkan tabel 1 tentang Ketelitian Geometri Peta RBI pada peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial nomor 15 tahun 2014, CE90 GCP *orthophoto* topografi datar kurang dari 0,2 m. Sehingga *orthophoto* termasuk dalam ketelitian pembuatan peta dasar skala 1:1000 kelas 1. Hitungan GCP pada topografi datar dapat dilihat berdasarkan tabel 3.

Tabel 3. Hitungan CE90 GCP Topografi Datar

Label	X error (cm)	y error (cm)	z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
A1	-2.89191	1.76466	-0.74739	3.46926	0.222 (13)
A2	-0.220873	5.33677	0.19573	5.34492	0.188 (14)
A4	2.38207	3.39433	0.0405918	4.14697	0.361 (13)
A5	4.98016	-0.731658	1.61058	5.28501	0.284 (15)
A6	-0.676934	-0.821458	-0.901594	1.39496	0.392 (13)
A8	-3.90979	-0.612384	1.01732	4.08612	0.247 (12)
A9	-2.32295	-3.16548	0.91443	4.03144	0.174 (15)
A11	0.472096	-1.72192	-1.08235	2.08791	0.196 (18)
A12	2.1086	-3.39919	-0.598484	4.0446	0.212 (17)
Total	2.68117	2.77371	0.907143	3.96296	0.258
				RMSE (m)	0.039
				CE90 (m)	0.059

Sumber: Pengolahan data lapang, 2018

Hasil CE90 ICP pada topografi datar sebesar 0,109 m (tabel 4). Berdasarkan tabel 1 tentang Ketelitian Geometri Peta RBI pada peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial nomor 15 tahun 2014, CE90 ICP *orthophoto* topografi datar kurang dari 0,2 m. Sehingga *orthophoto* termasuk dalam ketelitian pembuatan peta dasar skala 1:1000 kelas 1. Hitungan ICP pada topografi datar dapat dilihat berdasarkan tabel 4.

Tabel 4. Hitungan CE90 ICP Topografi Datar

Label	X error (cm)	y error (cm)	z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
A7	-6.50446	-3.43549	9.99708	12.4118	0.378 (13)
A10	-1.08314	-10.3915	14.8351	18.1448	0.386 (14)
A13	1.24159	-4.18897	8.12263	9.22313	0.475 (12)
A3	-0.194504	-4.77114	-9.08061	10.2596	0.287 (12)
Total	3.35636	6.32646	10.8219	12.977	0.387
				RMSE (m)	0.072
				CE90 (m)	0.109

Sumber: Pengolahan data lapang, 2018

b. Topografi Miring

Pada topografi miring juga dilakukan uji akurasi ketelitian peta dasar berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Hasil uji akurasi dengan menghitung ketelitian GCP dan ICP pada topografi miring. Hasil hitungan didapat berdasarkan *report software agisoft photoscan* pada lampiran 3. Hasil CE90 GCP pada topografi miring sebesar 0.093 m (tabel 5). Berdasarkan tabel 1 tentang Ketelitian Geometri Peta RBI pada peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial nomor 15 tahun 2014, CE90 GCP *orthophoto* topografi miring kurang dari 0,2 m. Sehingga *orthophoto* termasuk dalam ketelitian pembuatan peta dasar skala 1:1000 kelas 1. Hitungan GCP pada topografi miring dapat dilihat berdasarkan tabel 5.

Tabel 5. Hitungan CE90 GCP Topografi Miring

Label	x error (cm)	y error (cm)	z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)	
A14	3.78962	-3.79013	0.332124	5.36997	0.313 (10)	
A19	6.17228	-0.90452	-0.903398	6.30328	0.166 (10)	
A21	5.84244	1.18109	0.805647	6.01483	0.33 (12)	
A24	-0.17902	10.266	-2.0399	10.4682	0.338 (18)	
A27	-0.549688	-0.605363	0.997824	1.29007	0.274 (15)	
A29	-2.70732	-7.08633	-1.61054	7.75497	0.355 (16)	
A30	-3.43859	-2.11345	0.40853	4.05678	0.23 (20)	
A31	-5.32849	-0.91523	2.39159	5.91186	0.292 (23)	
A32	-3.50192	3.84984	-0.380806	5.21821	0.222 (27)	
Total	4.03782	4.62694	1.3063	6.27846	0.283	
					RMSE (m)	0.061
					CE90 (m)	0.093

Sumber: Pengolahan data lapang, 2018

Hasil CE90 ICP pada topografi miring sebesar 0.077 m (tabel 6). Berdasarkan Berdasarkan tabel 1 tentang Ketelitian Geometri Peta RBI pada peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial nomor 15 tahun 2014, CE90 ICP *orthophoto* topografi miring kurang dari 0,2 m. Sehingga *orthophoto* termasuk dalam ketelitian pembuatan peta dasar skala 1:1000 kelas 1. Hitungan ICP pada topografi miring dapat dilihat berdasarkan tabel 6.

Tabel 6. Hitungan CE90 ICP Topografi Miring

Label	x error (cm)	y error (cm)	z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
A15	1.85519	2.51263	0.602157	3.18083	0.349 (7)
A22	2.60811	7.26025	6.39802	10.0224	0.258 (11)
A25	-1.78244	3.15295	-9.2779	9.9598	0.396 (18)

Bersambung...

Label	x error (cm)	y error (cm)	z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
A28	-3.54429	-3.00149	2.73058	5.38767	0.295 (17)
Total	2.54868	4.41516	5.80588	7.72642	0.333
				RMSE (m)	0.051
				CE90 (m)	0.077

Sumber: Pengolahan data lapangan, 2018

Berdasarkan perbandingan nilai CE90 GCP topografi datar dan miring ada sedikit perbedaan. Perbedaan kedua nilai CE90 GCP yaitu pada topografi datar sebesar 0.059 m (tabel 3) dan miring sebesar 0.093 m (tabel 5). CE90 GCP datar lebih teliti dibanding CE90 GCP miring, tetapi keduanya sama-sama termasuk dalam ketelitian peta dasar skala 1: 1000 kelas 1. Sedangkan untuk CE90 ICP lebih teliti topografi miring dibandingkan topografi datar. Perbedaan kedua nilai CE90 ICP yaitu pada topografi datar sebesar 0.109 m dan miring (tabel 4) sebesar 0.077 m (tabel 6). Kedua CE90 ICP kurang dari 0,2 m sehingga keduanya termasuk dalam ketelitian peta dasar skala 1: 1000 kelas 1.

2. Perbedaan Posisi

a. Topografi Datar

Berdasarkan PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997 pasal 17 huruf b, syarat planimetris peta yang dapat digunakan untuk peta pendaftaran tanah adalah 0,3 mm x skala peta. Skala *orthophoto* yang diuji adalah 1: 1000 sehingga toleransi ketelitian planimetris yang digunakan pada skala ini adalah 30 cm. Berdasarkan *report software agisoft photoscan* pada lampiran 2, selisih posisi titik ICP dan GCP di *orthophoto* dengan hasil *receiver cors* pada topografi datar memiliki selisih jarak kurang dari 30 cm (dapat dilihat pada tabel 7). Hal tersebut menunjukkan bahwa perbedaan posisi antara posisi di lapangan dan posisi di *orthophoto* memenuhi toleransi dalam pembuatan peta dasar pendaftaran tanah yaitu selisih titik kurang dari 30 cm. Hasil hitungan uji posisi titik ICP dan GCP di lapangan dengan posisi titik ICP dan GCP di *orthophoto* pada topografi datar dapat dilihat berdasarkan tabel 7.

Tabel 7. Hitungan Uji Posisi Topografi Datar

Label	x error (cm)	y error (cm)	Perbedaan	Toleransi	Keterangan
A1	-2.89191	1.76466	3.388	30.000	Diterima
A2	-0.220873	5.33677	5.341	30.000	Diterima
A4	2.38207	3.39433	4.147	30.000	Diterima
A5	4.98016	-0.731658	5.034	30.000	Diterima
A6	-0.676934	-0.821458	1.064	30.000	Diterima
A8	-3.90979	-0.612384	3.957	30.000	Diterima
A9	-2.32295	-3.16548	3.926	30.000	Diterima

Label	x error (cm)	y error (cm)	Perbedaan	Toleransi	Keterangan
A11	0.472096	-1.72192	1.785	30.000	Diterima
A12	2.1086	-3.39919	4.000	30.000	Diterima
A7	-6.50446	-3.43549	7.356	30.000	Diterima
A10	-1.08314	-10.3915	10.448	30.000	Diterima
A13	1.24159	-4.18897	4.369	30.000	Diterima
A3	-0.194504	-4.77114	4.775	30.000	Diterima

Sumber: Pengolahan data lapang, 2018

b. Topografi Miring

Berdasarkan PMNA/KBPNNomor 3 Tahun 1997 pasal 17 huruf b, syarat planimetris peta yang dapat digunakan untuk peta pendaftaran tanah adalah 0,3mmxskalapeta. Skala *orthophoto* yang diuji adalah 1: 1000 sehingga toleransi ketelitian planimetris yang digunakan pada skala ini adalah 30 cm. Pada topografi miring dilakukan uji posisi titik ICP dan GCP di lapangan dengan posisi titik ICP dan GCP di *orthophoto*. Berdasarkan *report software agisoft photoscan*, selisih posisi titik ICP dan GCP di *orthophoto* dengan hasil *receiver CORS* pada topografi miring memiliki selisih jarak kurang dari 30 cm (dapat dilihat pada tabel 8). Hal tersebut menunjukkan bahwa perbedaan posisi antara posisi di lapangan dan posisi di *orthophoto* memenuhi toleransi dalam pembuatan peta dasar pendaftaran tanah yaitu jarak tidak lebih 30 cm. Hasil hitungan uji posisi titik ICP dan GCP di lapangan dengan posisi titik ICP dan GCP di *orthophoto* pada topografi miring dapat dilihat berdasarkan tabel 8.

Tabel 8. Hitungan Uji Posisi Topografi Miring

Label	x error (cm)	y error (cm)	Perbedaan	Toleransi	Keterangan
A14	3.78962	-3.79013	5.360	30.000	Diterima
A19	6.17228	-0.90452	6.238	30.000	Diterima
A21	5.84244	1.18109	5.961	30.000	Diterima
A24	-0.17902	10.266	10.268	30.000	Diterima
A27	-0.549688	-0.605363	0.818	30.000	Diterima
A29	-2.70732	-7.08633	7.586	30.000	Diterima
A30	-3.43859	-2.11345	4.036	30.000	Diterima
A31	-5.32849	-0.91523	5.407	30.000	Diterima
A32	-3.50192	3.84984	5.204	30.000	Diterima
A15	1.85519	2.51263	3.123	30.000	Diterima
A22	2.60811	7.26025	7.714	30.000	Diterima
A25	-1.78244	3.15295	3.622	30.000	Diterima
A28	-3.54429	-3.00149	4.644	30.000	Diterima

Sumber: Pengolahan data lapang, 2018

Berdasarkan perbandingan perbedaan posisi topografi datar (tabel 7) dan miring (tabel 8), keduanya memiliki selisih yang tidak melebihi syarat toleransi. Sehingga keduanya masuk dalam ketelitian pembuatan peta dasar pendaftaran tanah sesuai PMNA/KBPN Nomor 3 tahun 1997.

3. Perbedaan Panjang

a. Topografi Datar

Berdasarkan Petunjuk Teknis PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997, toleransi panjang untuk tanah pertanian sebesar 25 cm. Berdasarkan hasil hitungan pada tabel 9, selisih ukuran terestris dan digitasi *orthophoto* kurang dari 25 cm. Sehingga berdasarkan Petunjuk Teknis PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997, selisih panjang pada topografi datar tidak melebihi toleransi ukuran panjang yaitu 25 cm. Hasil hitungan selisih panjang ukuran terestris dengan digitasi *orthophoto* dan toleransi pada topografi datar dapat dilihat pada tabel 9.

Tabel 9. Hitungan Selisih Panjang Topografi Datar

No	Jarak Digitasi	Jarak Ukur	Selisih (meter)	Toleransi	Keterangan
1	22.52	22.74	0.22	0.25	Diterima
2	45.30	45.26	0.04	0.25	Diterima
3	23.50	23.56	0.06	0.25	Diterima
4	44.18	44.17	0.01	0.25	Diterima
5	23.55	23.74	0.19	0.25	Diterima
6	29.34	29.54	0.20	0.25	Diterima
7	27.40	27.34	0.06	0.25	Diterima
8	30.11	30.35	0.24	0.25	Diterima
9	23.97	24.03	0.06	0.25	Diterima
10	61.12	61.34	0.23	0.25	Diterima
11	23.36	23.57	0.21	0.25	Diterima
12	56.99	56.99	0.00	0.25	Diterima
13	22.80	23.04	0.24	0.25	Diterima
14	59.66	59.52	0.14	0.25	Diterima
15	25.31	25.27	0.04	0.25	Diterima
16	50.26	50.41	0.14	0.25	Diterima
17	52.27	52.37	0.10	0.25	Diterima
18	24.40	24.40	0.00	0.25	Diterima
19	51.73	51.71	0.02	0.25	Diterima
20	27.45	27.28	0.17	0.25	Diterima

No	Jarak Digitasi	Jarak Ukur	Selisih (meter)	Toleransi	Keterangan
21	21.12	21.22	0.10	0.25	Diterima
22	59.91	59.68	0.23	0.25	Diterima
23	22.22	22.12	0.10	0.25	Diterima
24	55.20	55.17	0.03	0.25	Diterima
25	27.43	27.28	0.15	0.25	Diterima
26	13.72	13.86	0.13	0.25	Diterima
27	24.25	24.16	0.09	0.25	Diterima
28	27.08	27.06	0.02	0.25	Diterima
29	30.98	30.93	0.05	0.25	Diterima
30	47.19	47.17	0.03	0.25	Diterima
31	27.00	26.76	0.24	0.25	Diterima
32	45.22	45.34	0.12	0.25	Diterima
33	26.03	26.16	0.13	0.25	Diterima
34	52.77	52.95	0.18	0.25	Diterima
35	26.95	26.74	0.21	0.25	Diterima
36	54.02	54.15	0.13	0.25	Diterima
37	22.18	22.11	0.07	0.25	Diterima
38	24.61	24.63	0.02	0.25	Diterima
39	16.94	16.74	0.19	0.25	Diterima
40	4.74	4.68	0.05	0.25	Diterima
41	25.27	25.14	0.13	0.25	Diterima

Sumber: Pengolahan data lapang, 2018

b. Topografi Miring

Pada topografi miring juga dilakukan hitungan selisih panjang berdasarkan Petunjuk Teknis PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997 dengan toleransi panjang untuk tanah pertanian sebesar 25 cm. Berdasarkan hasil hitungan pada tabel 10, selisih ukuran terestris dan digitasi *orthophoto* memenuhi toleransi dan ada yang tidak memenuhi toleransi. Berdasarkan tabel 10 dijelaskan bahwa dari 54 jarak, 52 panjang memenuhi toleransi yaitu panjang tidak lebih 25 cm dan 2 panjang tidak memenuhi toleransi panjang yaitu panjang lebih dari 25 cm. Jarak tidak memenuhi toleransi disebabkan batas tanah tidak begitu jelas karena tertutup vegetasi. Hasil hitungan selisih panjang ukuran terestris dengan digitasi *orthophoto* dan toleransi topografi miring dapat dilihat pada tabel 10.

Tabel 10. Hitungan Selisih Panjang Topografi Miring

No	Jarak Digitasi	Jarak Ukur (meter)	Selisih (meter)	Toleransi (meter)	Keterangan
1	16.38	16.22	0.15	0.25	Diterima
2	47.41	47.56	0.15	0.25	Diterima
3	26.31	26.36	0.05	0.25	Diterima
4	13.42	13.38	0.04	0.25	Diterima
5	51.77	51.96	0.19	0.25	Diterima
6	50.59	50.42	0.17	0.25	Diterima
7	20.64	20.40	0.24	0.25	Diterima
8	46.27	46.03	0.25	0.25	Diterima
9	18.71	18.63	0.08	0.25	Diterima
10	98.77	98.73	0.04	0.25	Diterima
11	16.88	17.07	0.19	0.25	Diterima
12	99.58	99.46	0.12	0.25	Diterima
13	17.81	17.71	0.10	0.25	Diterima
14	13.38	13.35	0.03	0.25	Diterima
15	8.47	8.55	0.08	0.25	Diterima
16	0.69	0.60	0.10	0.25	Diterima
17	17.77	17.95	0.19	0.25	Diterima
18	52.90	52.85	0.05	0.25	Diterima
19	52.34	52.46	0.12	0.25	Diterima
20	37.77	37.81	0.03	0.25	Diterima
21	25.04	25.11	0.07	0.25	Diterima
22	9.02	9.05	0.03	0.25	Diterima
23	8.04	7.85	0.19	0.25	Diterima
24	9.49	9.57	0.08	0.25	Diterima
25	8.25	8.18	0.07	0.25	Diterima
26	15.78	15.73	0.04	0.25	Diterima
27	24.13	24.09	0.05	0.25	Diterima
28	14.50	14.48	0.03	0.25	Diterima
29	57.19	57.07	0.12	0.25	Diterima
30	49.46	49.26	0.20	0.25	Diterima
31	59.49	59.29	0.19	0.25	Diterima
32	56.30	56.52	0.22	0.25	Diterima
33	60.87	60.82	0.05	0.25	Diterima
34	40.19	40.11	0.07	0.25	Diterima

Bersambung...

No	Jarak Digitasi	Jarak Ukur (meter)	Selisih (meter)	Toleransi (meter)	Keterangan
35	52.57	52.80	0.23	0.25	Diterima
36	4.14	3.70	0.44	0.25	Tidak diterima
37	45.51	46.67	1.16	0.25	Tidak diterima
38	41.54	41.70	0.16	0.25	Diterima
39	5.40	5.27	0.13	0.25	Diterima
40	56.08	56.03	0.06	0.25	Diterima
41	8.32	8.10	0.23	0.25	Diterima
42	43.88	43.65	0.23	0.25	Diterima
43	55.22	55.30	0.08	0.25	Diterima
44	21.91	21.83	0.08	0.25	Diterima
45	14.00	13.97	0.03	0.25	Diterima
46	7.60	7.57	0.03	0.25	Diterima
47	67.25	67.37	0.12	0.25	Diterima
48	40.46	40.38	0.08	0.25	Diterima
49	67.94	67.72	0.21	0.25	Diterima
50	33.16	33.35	0.19	0.25	Diterima
51	45.10	44.85	0.25	0.25	Diterima
52	19.07	18.88	0.19	0.25	Diterima
53	31.77	31.67	0.10	0.25	Diterima
54	65.31	65.29	0.03	0.25	Diterima

Sumber: Pengolahan data lapang, 2018

Berdasarkan perbandingan tabel 9 hitungan selisih panjang topografi datar dengan tabel 10 hitungan selisih panjang topografi miring, keduanya memiliki selisih panjang yang tidak melebihi syarat toleransi yaitu 25 cm. Pada topografi miring ada beberapa panjang yang melebihi toleransi disebabkan batas bidang tanah pada bidang tersebut tertutup vegetasi.

4. Perbedaan Luas

a. Topografi Datar

Berdasarkan Petunjuk Teknis PMNA/KBPN No 3 Tahun 1997 toleransi perbedaan luasnya adalah sesuai rumus 9 sebagai berikut:

$$T = 12\sqrt{L}$$

keterangan:

T = toleransi luas bidang tanah

L = rata-rata luas bidang tanah

Berdasarkan rumus diatas, topografi datar dan topografi miring dibuat sebuah tabel perhitungan selisih luas antara pengukuran terestris dan digitasi. Selisih pengukuran terestris dan digitasi kemudian dihitung apakah melebihi toleransi yang ditentukan. Selisih luas antara ukuran terestris dengan digitasi pada topografi datar (dapat dilihat pada tabel 11) tidak melebihi toleransi rumus 9. Sehingga luas digitasi bidang tanah pada *orthophoto* topografi datar dapat digunakan untuk menghitung luas bidang tanah topografi datar. Hasil hitungan selisih luas pada topografi datar dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Hitungan Selisih Luas Topografi Datar

Nama	Luas digitasi (m ²)	Luas terestris (m ²)	Luas rata-rata (m ²)	Selisih (m ²)	Toleransi $T=1/2\sqrt{L}$ (m ²)	Keterangan
Sawah 1	1001.22	1007.92	1004.57	6.70	15.85	Diterima
Sawah 2	753.39	761.48	757.43	8.09	13.76	Diterima
Sawah 3	1374.18	1381.72	1377.95	7.54	18.56	Diterima
Sawah 4	1285.36	1292.79	1289.08	7.42	17.95	Diterima
Sawah 5	1343.82	1340.64	1342.23	3.17	18.32	Diterima
Sawah 6	1239.24	1236.96	1238.10	2.28	17.59	Diterima
Sawah 7	494.28	493.62	493.95	0.66	11.11	Diterima
Sawah 8	1337.25	1331.88	1334.57	5.37	18.27	Diterima
Sawah 9	1413.82	1415.99	1414.90	2.16	18.81	Diterima
Sawah 10	549.49	544.71	547.10	4.78	11.70	Diterima

Sumber: Pengolahan data lapang, 2018

b. Topografi Miring

Pada topografi miring juga dilakukan pengukuran secara terestris dan digitasi. Selisih pengukuran terestris dan digitasi kemudian dihitung apakah melebihi toleransi yang ditentukan. Selisih luas antara ukuran terestris dengan digitasi pada topografi miring (dapat dilihat pada tabel 12) tidak melebihi toleransi petunjuk teknis PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997. Sehingga luas digitasi bidang tanah pada *orthophoto* topografi miring dapat digunakan untuk menghitung luas bidang tanah topografi miring. Hasil hitungan selisih luas pada topografi miring dapat dilihat pada tabel 12.

Tabel 12. Hitungan Selisih Luas Topografi Miring

Nama	Luas digitasi	Luas terestris	Luas rata-rata (m ²)	Selisih (m ²)	Toleransi $T=1/2\sqrt{L}$	Keterangan
Sawah 1	1337.35	1339.10	1338.23	1.75	18.29	Diterima
Sawah 2	946.31	934.64	940.48	11.67	15.33	Diterima
Sawah 3	1717.93	1720.18	1719.06	2.25	20.73	Diterima
Sawah 4	976.00	979.13	977.56	3.13	15.63	Diterima
Sawah 5	1519.84	1517.29	1518.56	2.55	19.48	Diterima
Sawah 6	3072.30	3065.25	3068.78	7.05	27.70	Diterima
Sawah 7	2557.72	2577.44	2567.58	19.72	25.34	Diterima
Sawah 8	2588.99	2583.70	2586.35	5.29	25.43	Diterima
Sawah 9	2855.96	2848.65	2852.30	7.31	26.70	Diterima
Sawah 10	2176.62	2178.23	2177.42	1.62	23.33	Diterima

Sumber: Pengolahan data lapang, 2018

Berdasarkan tabel selisih luas topografi (tabel 11) datar dan miring (tabel 12) diatas, kedua topografi memiliki selisih luas yang tidak melebihi toleransi petunjuk teknis PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997. Sehingga luas digitasi pada kedua topografi memenuhi syarat toleransi luas bidang tanah.

F. Kesimpulan

1. Kesimpulan

Berdasarkan uji ketelitian hasil pemotretan dengan *unmanned aerial vehicle* (UAV) pada variasi topografi untuk pengukuran dan pemetaan pendaftaran tanah, maka diambil kesimpulan:

- a. Pemetaan dengan UAV pada variasi topografi dapat digunakan untuk pembuatan peta dasar pendaftaran tanah. Berdasarkan *report software agisoft photoscan*, selisih perbedaan posisi GCP pada variasi topografi baik datar maupun miring untuk skala 1:1000 tidak lebih dari 30 cm.
- b. Hasil uji ketelitian pengukuran bidang tanah dengan UAV pada topografi yang berbeda memenuhi persyaratan teknis PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997. Pada topografi datar dan miring, sisi bidang tanah pertanian antara *orthophoto* dengan pengukuran terestris memiliki selisih panjang kurang dari 25 cm. Selisih luas bidang tanah antara *orthophoto* dengan pengukuran terestris pada kedua topografi tidak lebih dari setengah akar luas rata-rata bidang tanah.

2. Saran

Berdasarkan uji ketelitian hasil pemotretan dengan *unmanned aerial vehicle* (UAV) pada variasi topografi untuk pengukuran dan pemetaan pendaftaran tanah, peneliti menyarankan:

- a. Hasil pemotretan pada variasi topografi dengan UAV *DJI Phantom 3 Pro* dapat digunakan Kementerian ATR/BPN untuk pembuatan peta dasar pendaftaran skala 1:1000 sehingga ketersediaan peta dasar pendaftaran tanah pada Kementerian ATR/BPN terpenuhi.
- b. Hasil pemotretan pada variasi topografi dengan UAV *DJI Phantom 3 Pro* dapat digunakan Kementerian ATR/BPN untuk pengukuran bidang tanah pertanian. Sehingga target pendaftaran bidang tanah di Indonesia tercapai. Pada bidang tanah *orthophoto* yang tertutup vegetasi perlu dilakukan pengukuran tambahan (suplesi).

DAFTAR PUSTAKA

- Binta, FMO 2017, 'Analisis Ketelitian Orthorektifikasi Citra Pleiades dan Spot6 untuk Pembuatan Peta Dasar RDTR Wilayah Pesisir', Skripsi pada Teknik Geomatika Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Diyono 2016, 'Model Konseptual Sistem Informasi Pertanahan Desa', *Proceeding FIT-ISI2016*
- Elektronika robotika 2014, 'Quadcopter', Referensi Belajar Elektronika Online, 29 November 2014, diakses tanggal 28 Maret 2018, <http://zoniaelektro.net/quadcopter/>
- Frandika 2017, 'Uji Ketelitian Hasil Pemotretan Unmanned Aerial Vehicle Quadcopter Untuk Pembuatan Peta Dasar Pendaftaran', Skripsi pada Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional
- Gularso, H, Rianasari, H & Silalahi, FES 2015, 'Penggunaan Foto Udara Format Kecil Menggunakan Wahana Udara Nir-Awak Dalam Pemetaan Skala Besar', *Jurnal Ilmiah Geomatika*, vol 21, no. 1 Agustus 2015, dilihat pada 14 Februari 2018, <http://jurnal.big.go.id/index.php/GM/article/viewFile/472/325>
- Gumeidhidta, IA 2017, 'Analisis Ketelitian Planimetri Orthophoto Memanfaatkan Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) untuk pembuatan peta dasar pendaftaran', Tesis pada Fakultas Teknik Geomatika Universitas Gajah Mada
- Husna, SN, Subiyato, S & Hani'ah, H 2016, 'Penggunaan Parameter Orientasi Eksternal (EO) untuk Optimalisasi Digital Triangulasi Fotogrametri untuk Keperluan Ortofoto', *Proceeding FIT-ISI2016*
- Maharani, M 2016, 'Kajian Proses Ortorektifikasi Citra Satelit Resolusi Tinggi Multiple Image untuk Pemetaan Skala Besar', *Proceeding FIT-ISI2016*

- Nasution 2004, *Metode Research*, Media Aksara, Jakarta.
- Norma, Standar, Prosedur dan Kriteria (NSPK) Pemetaan Tematik Pertanahan 2012
- Paine, DP 1993, *Fotografi Udara Dan Penafsiran Citra Untuk Pengelolaan Sumber Daya*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Prasetyo, Y, Setiani, A & Subiyanto, S 2016, 'Analisis Potensi Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) dan Citra Satelit Sentinel-1 Sar untuk Pemantauan Aktivitas Penambangan Ilegal di Kawasan Brown Canyon-Semarang' *Proceeding FIT-ISI2016*
- Setyaningsih, Z 2016, 'Estimasi Jelajah Copter dalam Pemotretan Handly untuk Pemetaan Kawasan Zona Inti Gumuk Pasir Parangtritis Menggunakan Pendekatan Teorema Pythagoras', *ProceedingFIT-ISI2016*
- Subiyanto, S 2016, 'Penentuan Nilai Ekonomi Dan Tipologi Kawasan Untuk Pemetaan Zona Nilai Ekonomi Kawasan Wisata Kota Semarang Dengan SIG', *ProceedingFIT-ISI2016*
- Suyudi, B 2014, *Fotogrametri dan Penginderaan Jauh*, STPN Press, Yogyakarta.
- Syaifulah, A 2014, *Ilmu Ukur Tanah*, STPN Press, Yogyakarta.
- Ulfiani, DFD, Suwardhi, D, & Wisayantono, D 2016, 'Kajian Pemetaan Digital Skala Besar Berbasis Teknologi Fotogrametri UAV dan Close Range', *ProceedingFIT-ISI2016*
- Widiyanto, A 2017, 'Pemanfaatan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Tipe Quadcopter Untuk Percepatan Pengukuran Bidang Tanah Pertanian', Skripsi pada Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional
- Widiyanto, A & Frandika 2016, *Pengolahan Mosaik dan Orthofoto Menggunakan Agisoft Photoscan Profesional*, Laboratorium STPN, Yogyakarta.
- Wolf, PR 1993, *Elemen Fotogrametri*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Yudhawan, A, Suwardhi, D & Meilano, I 2016, 'Pengaruh Konfigurasi Tinggi Terbang dan Jalur Terbang Terhadap Ketelitian Hasil UAV-Fotogrametri untuk Mendefinisikan Bidang Sesar', *Proceeding FIT-ISI2016*

PERATURAN PERUNDANG-UNDANGAN

- Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah.
- Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.
- Petunjuk Teknis Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997.