

ANALISIS AKURASI LUAS TUTUPAN LAHAN MENGGUNAKAN UAV (Unmanned Aerial Vehicle) DI KAWASAN HUTAN DENGAN TUJUAN KHUSUS (KHDTK) ULM DI MANDIANGIN

Analysis of Land Cover Accuracy Analysis Using UAV (Unmanned Aerial Vehicles) in Forest Areas With Special Purpose (KHDTK) in Mandiangin

Agus Hadi Pranata, Ahmad Jauhari, dan Abdi Fithria

Program Studi Kehutanan

Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat

ABSTRACT. *The purpose of this study is to examine and compare the results of the analysis, accuracy and calculation of aerial photography of land cover based on the level of flight height of drones and to assess the level of pixel resolution based on the level of altitude level of flying drones. Based on the analysis, accuracy and calculation of aerial photo shoots, it can be seen that there are differences in the value of each additional drone altitude level and the higher the drone altitude level, the more detailed the object is. The development of geospatial information requests for an area with various fields will have an impact on the development of methods in aerial photography activities. Advanced technology such as cameras and drones makes work relatively fast and with high photo resolution. The process of aerial photography is made easy by using GPS technology that is installed on the drone.*

Keywords: *Accuracy and Calculation Analysis; Aerial Photo Shooting; Drone; Pixel Resolution*

ABSTRAK. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji dan membandingkan hasil analisis, akurasi dan kalkulasi pemotretan foto udara tutupan lahan berdasarkan tingkat ketinggian terbang dari wahana pesawat tanpa awak (drone) dan mengkaji tingkat resolusi piksel berdasarkan level tingkat ketinggian terbang dari wahana pesawat tanpa awak (drone). Berdasarkan analisis, akurasi dan kalkulasi pemotretan foto udara terlihat adanya perbedaan nilai pada setiap penambahan level ketinggian terbang drone dan semakin rendah level ketinggian terbang drone maka objek yang dihasilkan semakin detail. Berkembangnya permintaan informasi geospasial sebuah wilayah dengan berbagai bidang akan berdampak pada perkembangan metode dalam kegiatan foto udara. Teknologi canggih seperti kamera dan pesawat tanpa awak (*drone*) membuat pekerjaan dapat dilakukan dengan relatif cepat dan beresolusi foto yang tinggi. Proses olah foto udara pun dipermudah dengan menggunakan teknologi GPS yang terpasang pada *drone*.

Kata kunci: Analisis Akurasi dan Kalkulasi; Pemotretan Foto Udara; Drone; Resolusi Piksel

Penulis untuk korespondensi: surel: apranata989@gmail.com

PENDAHULUAN

Berkembangnya permintaan informasi geospasial sebuah wilayah dengan berbagai bidang akan berdampak pada perkembangan metode dalam kegiatan foto udara. Teknologi canggih seperti kamera dan pesawat tanpa awak (*drone*) membuat pekerjaan dapat dilakukan dengan relatif cepat dan beresolusi foto yang tinggi. Proses olah foto udara pun dipermudah dengan menggunakan teknologi GPS yang terpasang pada *drone*. Menurut (Eisenbeiss, 2009) wahana pesawat tanpa awak atau yang biasa disebut UAV merupakan wahana yang mendukung untuk pengukuran foto citra udara. UAV ini memungkinkan untuk

melakukan pelacakan posisi dan orientasi dari sensor yang diimplementasikan dalam sistem lokal atau koordinat global.

Pemantauan dilakukan dengan UAV banyak kelebihan jika dibandingkan pemantauan dengan foto udara yang lain, antara lain harga operasional yang terjangkau, waktu dalam mendapatkan informasinya cepat dan fleksibel, serta informasi yang dihasilkan bisa lebih detail dibanding data satelit. Selain itu dikarenakan UAV dalam pemantauan dapat terbang di bawah awan, selain hasil citranya bebas awan, juga dibanding dengan citra satelit yang banyak dipengaruhi kondisi atmosfer data citra dari UAV lebih detail dan lebih tajam (Kushardono, 2014). Informasi untuk data penginderaan jauh skala rinci

cukup sulit sehingga metode yang biasa diterapkan untuk skala menengah atau rendah yaitu metode berbasis piksel memungkinkan jika diterapkan untuk data UAV yang hasil piksel outputnya memiliki resolusi tinggi. Karena masih jarang maka penelitian ini akan mencari metode yang tepat khususnya pada data foto UAV. Pemotretan foto udara dengan metode UAV adalah bagian dari teknologi alternatif untuk mendapatkan data citra satelit yang lebih detil, pada waktu sebenarnya, cepat dan lebih terjangkau (Shofiyati, 2011). Di antaranya UAV berupa wahana multirotor yang digunakan untuk melakukan pemotretan udara atau aerial photography untuk beberapa aplikasi seperti foto udara bangunan, pemantauan banjir, pemantauan lalu lintas, survey, dan masih banyak lagi (Setyasaputra et al., 2014).

Akurasi luas tutupan lahan adalah kegiatan yang menggambarkan keterkaitan luas tutupan lahan antara proses alami dan proses sosial. Akurasi luas tutupan lahan dapat menyediakan informasi yang sangat penting untuk keperluan pemodelan serta untuk memahami fenomena alam yang terjadi di permukaan bumi (Liang, 2008). Perubahan penggunaan lahan dapat disebabkan oleh ruang dan waktu, ini dikarenakan lahan adalah sumber daya alam dan sebagai salah satu unsur penting pada kehidupan manusia. Pertambahan jumlah manusia yang berada di bumi diikuti dengan pertambahan tuntutan usaha dan budaya juga mempengaruhi keberlangsungan pertahanan hidup manusia. Semakin meningkat keperluan pada ketersediaan lahan yang cukup, maka dari itu harus adanya usaha pengelolaan penggunaan lahan. Uji akurasi hasil klasifikasi berbasis obyek untuk tutupan lahan dari data foto udara menunjukkan hasil yang akurat yakni 90% (Aldyan, 2018).

Kendala yang mungkin dihadapi untuk penggunaan UAV dalam pemotretan tutupan lahan saat ini yaitu kurangnya penyajian informasi yang detil dari pemantauan langsung diudara dengan UAV, serta kurang detilnya juga akurasi output hasil pemotretan udara dengan penggunaa ketinggian yang bervariasi. Maka dari itu perlu dilakukannya penelitian ini untuk menganalisis akurasi luas tutupan lahan dalam skala yang detil menggunakan UAV berdasarkan perbedaan ketinggian terbang. Jadi berdasarkan penjelasan tersebut, maka dari itu perlu dilakukan

penelitian lebih lanjut tentang mengetahui seberapa besar keakuratan hasil pemetaan menggunakan UAV dalam skala detil dan dengan ketelitian resolusi objek berdasarkan ketinggian terbang wahana pesawat tanpa awak (drone).

Penelitian ini bertujuan mengkaji dan membandingkan hasil analisis, akurasi dan kalkulasi pemotretan foto udara tutupan lahan berdasarkan tingkat ketinggian terbang dari wahana pesawat tanpa awak (*drone*) dan mengkaji tingkat resolusi piksel berdasarkan level tingkat ketinggian terbang dari wahana pesawat tanpa awak (*drone*).

METODE PENELITIAN

Penelitian tentang Analisis Akurasi Luas Tutupan Lahan Menggunakan UAV dilakukan pada Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Universitas Lambung Mangkurat. Adapun pelaksanaan alokasi waktu penelitian \pm 3 bulan yang meliputi penyusunan proposal, pengambilan data di lapangan, pengolahan dan analisis data, serta penulisan skripsi.

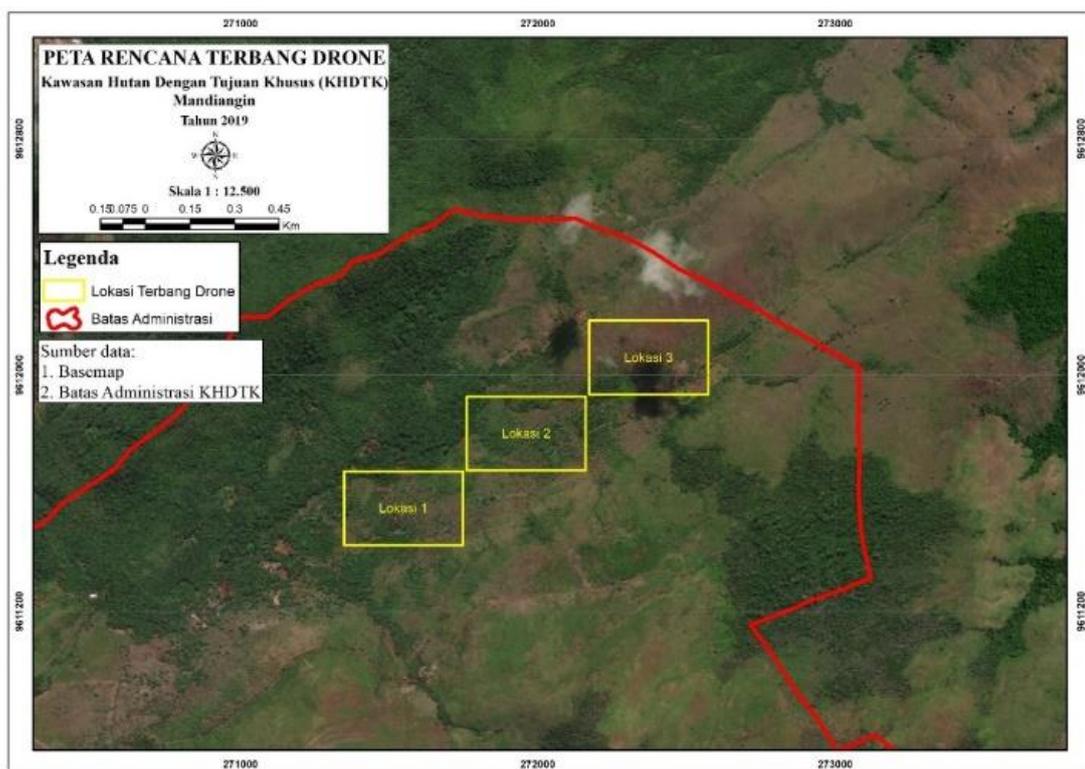
Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Pesawat tanpa awak (*drone*) seri *DJI Phantom 4 Pro* untuk mengambil foto udara di lapangan, Penanda GCP (*Ground Control Point*) untuk mengambil titik ikat foto udara, GPS (*Global Positioning System*) untuk mengambil titik koordinat di lapangan, *Handphone* sebagai pengendali penerbangan, Aplikasi GIS sebagai perencana dalam pembuatan jalur dan tinggi dari penerbangan pesawat, Laptop untuk memproses data penelitian, *Software* untuk pengolahan citra dari hasil foto udara, *Software* GIS untuk penggunaan dalam mengolah data citra.

Bahan yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah Foto hasil pemotretan udara pada area KHDTK ULM Mandiangin, Peta administrasi batas KHDTK ULM Mandiangin, Peta rencana AOI (*Area Of Interest*) lokasi terbang *drone*.

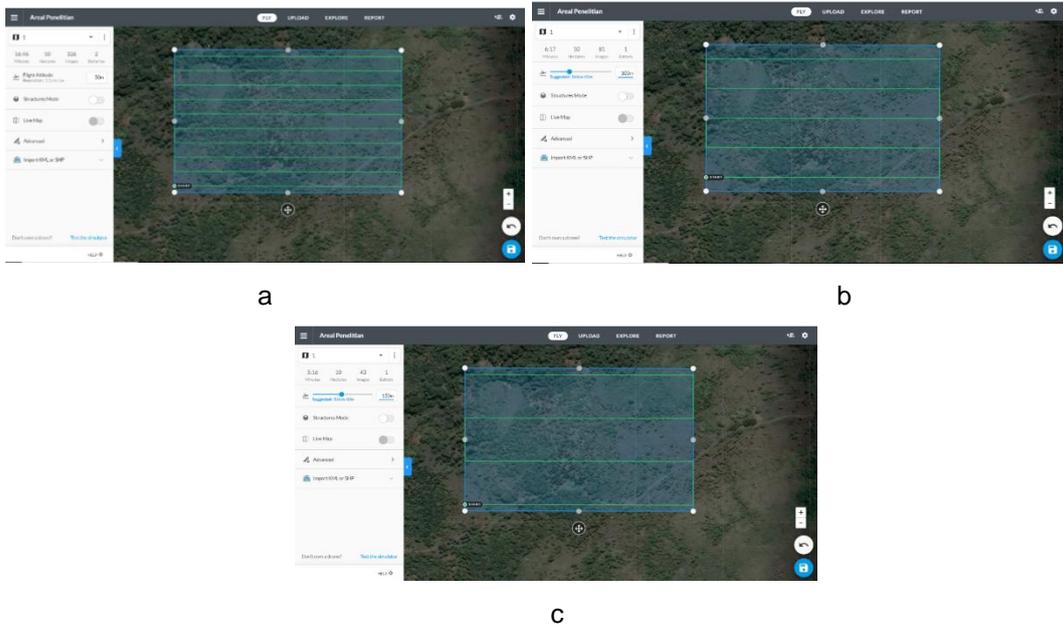
Objek yang diamati pada penelitian ini adalah resolusi objek secara detail pada pemotretan udara berdasarkan level ketinggian penerbangan pesawat yang nantinya menjadi bahan untuk pengolahan peta citra tutupan lahan di KHDTK ULM.

Prosedur penelitian meliputi : (1) Survei lokasi penelitian yang dilaksanakan di KHDTK ULM dikarenakan pada lokasi tersebut daerahnya sangat cocok untuk mengkaji dan membandingkan luasan tutupan lahan. Adapun metode pemilihan lokasi ini yaitu menggunakan purposive sampling, ini dikarenakan penentuan lokasi didasarkan pada ciri khusus seperti variasi tutupan lahan, akses jalan, dan variasi ketinggian tempat. (2) Persiapan yang meliputi penentuan lokasi terbang, pembuatan kml. sebagai jalur terbang, mengatur ketinggian terbang, pemasangan titik GCP, melakukan pemotretan. (3) Pengambilan data dilapangan pada tahap ini terdiri atas data primer berupa foto udara hasil perekaman menggunakan wahana pesawat tanpa awak (*drone*), pengambilan titik ikat dengan GPS pada pemasangan GCP serta data sekunder berupa Peta Batas Administrasi KHDTK ULM. (4) Pengolahan serta Analisis Pemotretan Foto

Udara yang meliputi 11 tahapan diantaranya download data, evaluasi hasil, *Add Photos*, *Align Photos*, *Build Dense Cloud*, *Input GCP*, *Build Mesh*, *Build Texture*, *Build Tiled Model*, *Build DEM (Digital Elevation Model)*, dan *Build Ortomosaic*. (5) Digitasi penutupan lahan hasil pemotretan citra drone biasanya dilakukan dengan menggunakan komputer atau sering disebut *Digitasi on Screen* dimana komputer tersebut dilengkapi dengan software pemetaan. (6) Kalkulasi luas hasil pemotretan menggunakan *Calculate Geometry*, *Calculate Geometry* merupakan suatu prosedur perhitungan otomatis pada ArcGIS berdasarkan bentuk geometri dari data GIS yang tergambar dan sistem koordinat yang digunakan. (7) Akurasi hasil pemotretan dengan pengujian akurasi ketelitian menggunakan perbandingan selisih jarak, selisih luas, selisih orientasi GPS dan selisih luas per piksel antara tingkat ketinggian terbang yang digunakan.



Gambar 1. Peta Rencana AOI (*Area Of Interest*) Lokasi Terbang Drone



Gambar 2. Kondisi rencana AOI (Area Of Interest)

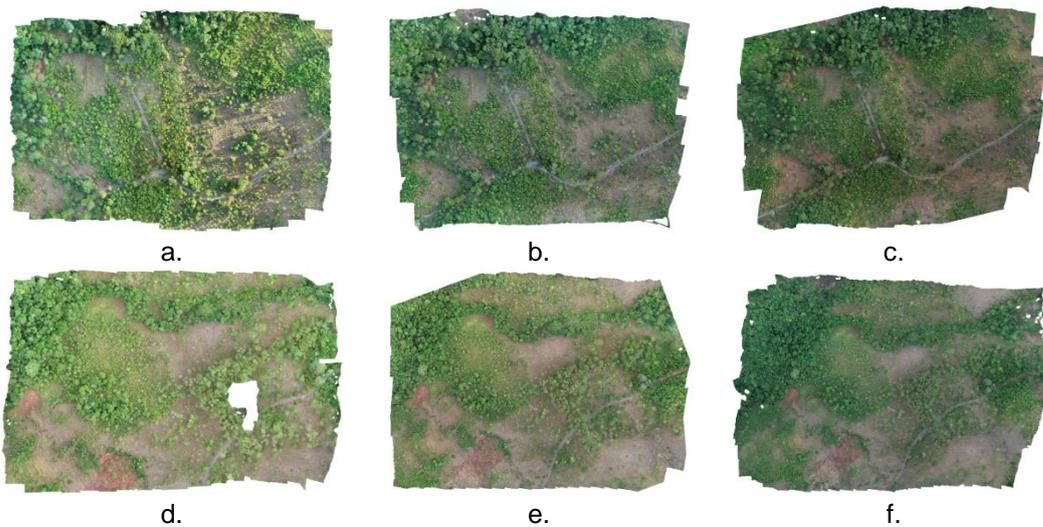
Keterangan :

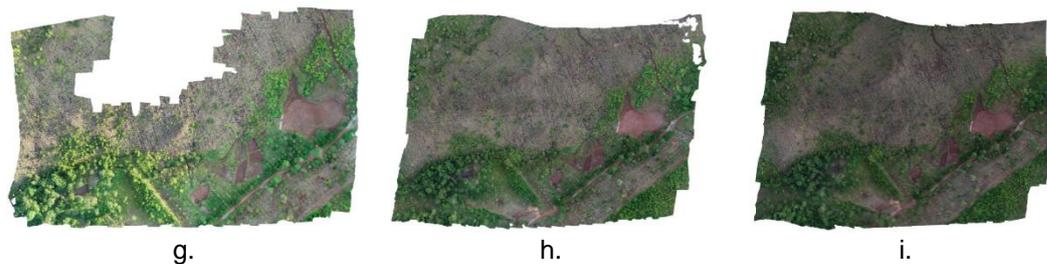
- a. Ketinggian 50 m
- b. Ketinggian 100 m
- c. Ketinggian 150 m

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis pemotretan orthophoto tutupan lahan dapat dilihat pada Gambar 3 dan Tabel 1 dibawah ini.

Hasil Analisis Pemotretan Orthophoto Tutupan Lahan





Gambar 3. Hasil Analisis Orthophoto Tutupan Lahan

Keterangan :

- a. Lokasi 1 ketinggian 50 m
- b. Lokasi 1 ketinggian 100 m
- c. Lokasi 1 ketinggian 150 m
- d. Lokasi 2 ketinggian 50 m
- e. Lokasi 2 ketinggian 100 m
- f. Lokasi 2 ketinggian 150 m
- g. Lokasi 3 ketinggian 50 m
- h. Lokasi 3 ketinggian 100 m
- i. Lokasi 3 ketinggian 150 m

Tabel 1. Perbandingan Hasil Analisis Orthophoto dengan Luasan 10 Ha.

No	Keterangan	Jumlah Hasil Foto		
		50 m	100 m	150 m
1	Lokasi 1	396	109	51
2	Lokasi 2	368	109	100
3	Lokasi 3	365	110	51

Hasil analisis dari pengambilan foto udara sampai dengan proses orthophoto pada lokasi 1 terlihat pada gambar 6 – 8 memiliki perbandingan yang signifikan dari total foto berdasarkan perbedaan level ketinggian terbang *drone*. Untuk luas area 10 ha pemotretan dengan level ketinggian terbang 50 m menghasilkan 396 foto, level ketinggian terbang 100 m menghasilkan 109 foto, dan level ketinggian terbang 150 m menghasilkan 51 foto.

Hasil analisis dari pengambilan foto udara sampai dengan proses orthophoto pada lokasi 2 terlihat pada gambar 9 – 11 memiliki perbandingan yang signifikan dari total foto berdasarkan perbedaan level ketinggian terbang *drone*. Untuk luas area 10 ha pemotretan dengan level ketinggian terbang 50 m menghasilkan 368 foto, level ketinggian terbang 100 m menghasilkan 109 foto, dan level ketinggian terbang 150 m menghasilkan 100 foto.

Hasil analisis dari pengambilan foto udara sampai dengan proses orthophoto pada lokasi 3 terlihat pada gambar 12 – 14

memiliki perbandingan yang signifikan dari total foto berdasarkan perbedaan level ketinggian terbang *drone*. Untuk luas area 10 ha pemotretan dengan level ketinggian terbang 50 m menghasilkan 365 foto, level ketinggian terbang 100 m menghasilkan 110 foto, dan level ketinggian terbang 150 m menghasilkan 51 foto.

Terlihat dari jumlah pengambilan foto udara untuk setiap lokasi pada ketinggian 50 m memiliki rata rata jumlah sebesar 376 foto, level ketinggian 100 m memiliki rata rata jumlah sebesar 109 foto, dan level ketinggian 150 m memiliki rata rata jumlah sebesar 67 foto.

Berdasarkan dari jumlah foto yang terambil dari *drone*, terdapat perbedaan jumlah foto pada setiap level ketinggian, terlihat pada lokasi 1, 2, dan 3 memiliki perbandingan hasil foto 3 kali lipat pada setiap penambahan tinggi 50 m. Hal ini dikarenakan cakupan area pada kamera saat *drone* diterbangkan pada setiap penambahan tinggi hasil foto jadi lebih sedikit, begitu pula sebaliknya semakin

rendah tinggi terbang *drone* hasil foto jadi lebih banyak. Ini terbukti pada hasil penerbangan dengan luas 10 ha pada setiap lokasi dengan ketinggian terbang 50 m saja itu memerlukan 2 kali penerbangan, sedangkan untuk ketinggian terbang 100 dan 150 m hanya 1 kali penerbangan. Adapun terlihat pada gambar 11 pada lokasi 2 dengan ketinggian 150 m memiliki hasil jumlah foto yang berbeda dari lokasi lainnya, ini dikarenakan pada kondisi cuaca di lokasi yang berangin saat melakukan penerbangan sehingga mengakibatkan kecepatan terbang *drone* jadi terganggu dan sampai mempengaruhi jumlah hasil foto pemotretan tidak sesuai dengan jumlah foto yang telah ditetapkan dari aplikasi.

Terlihat dari hasil analisis segmentasi atau ortomosaic pada Gambar 9 dan 12 terdapat beberapa foto yang berlubang, ini

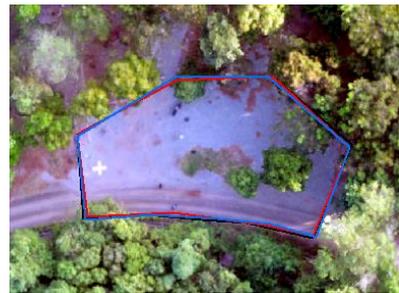
disebabkan beberapa foto tersebut gagal proses pada tahap *Align Photo* yang mengakibatkan foto dihapus agar tidak mempengaruhi saat mau dilakukannya proses selanjutnya yaitu *Dense Cloud*. Hal ini dikarenakan terdapat proses *Geotagging* yaitu perlakuan foto yang diberi koordinat saat pemotretan, jadi foto yang tidak terproses kemungkinan dipermasalahkan dari hasil foto tidak sesuai dengan koordinat sebenarnya sehingga foto tidak dapat terproses. (Al Ayyubi, 2017).

Hasil Akurasi dan Kalkulasi Pemotretan Orthophoto Tutupan Lahan

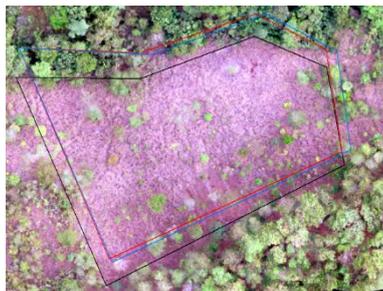
Hasil perbandingan akurasi dan kalkulasi pemotretan orthophoto tutupan lahan dapat dilihat pada Gambar 4 dan Tabel 2 dibawah ini.



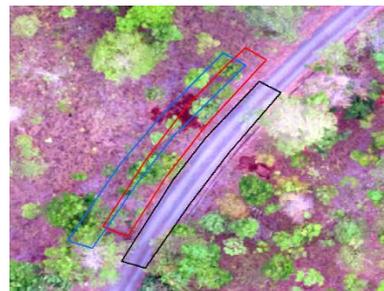
a.



b.



c.



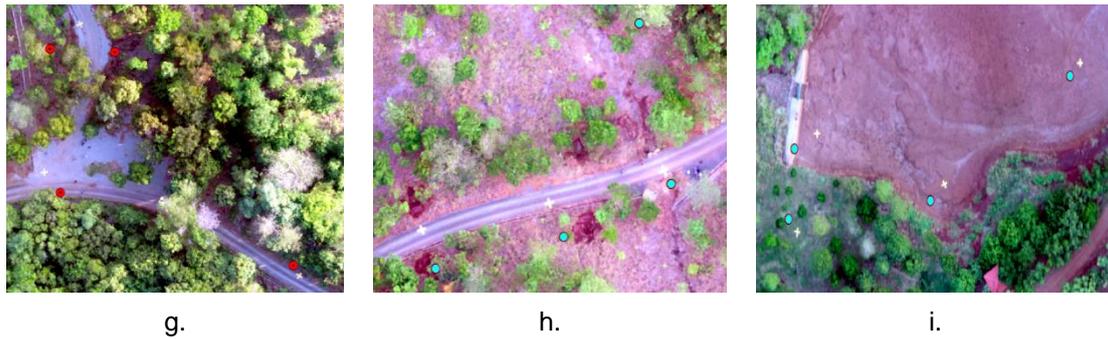
d.



e.



f.



Gambar 4. Pengukuran Akurasi dan Kalkulasi Orthophoto Tutupan Lahan

Keterangan :

- a. Validasi luas dan jarak tutupan lahan sampel 1 di lokasi 1
- b. Validasi luas dan jarak tutupan lahan sampel 2 di lokasi 1
- c. Validasi luas dan jarak tutupan lahan sampel 1 di lokasi 2
- d. Validasi luas dan jarak tutupan lahan sampel 2 di lokasi 2
- e. Validasi luas dan jarak tutupan lahan sampel 1 di lokasi 3
- f. Validasi luas dan jarak tutupan lahan sampel 2 di lokasi 3
- g. Perbandingan selisih orientasi GPS di lokasi 1
- h. Perbandingan selisih orientasi GPS di lokasi 2
- i. Perbandingan selisih orientasi GPS di lokasi 3

Tabel 2. Elemen Perbandingan Akurasi dan Kalkulasi Pemotretan Orthophoto Tutupan Lahan.

NO	ELEMEN YANG DIPERBANDINGKAN	LEVEL KETINGGIAN TERBANG DRONE								
		50m			100m			150m		
		LOKASI 1			LOKASI 2			LOKASI 3		
1	HASIL ANALISIS DIGITASI	2062.18	2050.18	2110.76	5507.80	5487.35	5645.26	2920.95	2796.92	2868.66
	PERBANDINGAN LUAS (m ²)	350.34	340.87	344.71	87.03	89.55	87.15	454.67	442.04	450.38
2	HASIL ANALISIS DIGITASI	1.6	1.5	1.7	5.5	5.4	5.6	1.5	1.6	1.4
	PERBANDINGAN JARAK (m ²)	1.3	1.4	1.2	5.3	5.1	5.2	1.1	1.3	1.2
3	PERBANDINGAN ORIENTASI GPS (m)	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	
	PERBANDINGAN LUAS PIKSEL (cm)	-3.53	3.106	-2.7	2.509	3.612	2.091			
4		1.52	2.92	4.31	1.53	3.00	4.09	1.24	2.52	3.81

Tabel diatas memperlihatkan bahwa ada perbedaan luas dan jarak yang signifikan pada lokasi 1 disetiap penambahan level ketinggian terbang dari *drone* untuk setiap sampel validasi hasil analisis pemotretan foto udara tutupan lahan. Untuk selisih luas dengan tinggi 50 m pertama sebesar 12 m² dan -60.58 m² dengan selisih jarak antar poligon 1.6 m dan tinggi 50 m kedua sebesar 9.48 m² dan -3.85 m² dengan selisih jarak antar poligon 1.3 m. Tabel diatas memperlihatkan bahwa ada perbedaan luas dan jarak yang signifikan pada lokasi 2 disetiap penambahan level ketinggian terbang dari *drone* untuk setiap sampel validasi hasil analisis pemotretan foto udara tutupan lahan. Untuk selisih luas

dengan tinggi 50 m pertama sebesar 20.45 m² dan -157.91 m² dengan selisih jarak antar poligon 5.5 m dan tinggi 50 m kedua sebesar -2.53 m² dan 2.41 m² dengan selisih jarak antar poligon 5.2 m. Tabel diatas memperlihatkan bahwa ada perbedaan luas dan jarak yang signifikan pada lokasi 3 disetiap penambahan level ketinggian terbang dari *drone* untuk setiap sampel validasi hasil analisis pemotretan foto udara tutupan lahan. Untuk selisih luas dengan tinggi 50 m pertama sebesar 124.03 m² dan -71.74 m² dengan selisih jarak antar poligon 1.6 m dan tinggi 50 m kedua sebesar 12.63 m² dan -8.34 m² dengan selisih jarak antar poligon 2.2 m.

Berdasarkan penjelasan dari tabel selisih digitasi luas dan jarak terlihat memiliki besar nilai luasan dan jarak yang sangat berbeda disetiap penambahan ketinggian terbang *drone*. Menurut (Ahmad, et al., 2017) hal ini disebabkan oleh gejala pergeseran (*displacement*) koordinat sebenarnya dilapangan yang diakibatkan karena foto yang terlalu miring maupun karena variasi topografi. Perbedaan luasan dan jarak dari hasil foto yang telah diambil oleh *drone* kemungkinan disebabkan dari beberapa gejala seperti pengaruh angin yang cukup kencang hingga dapat mengganggu *drone* saat sedang melakukan prosedur pemotretan foto udara.

Berdasarkan tabel diatas memperlihatkan bahwa ada selisih nilai koordinat X dan Y yang ada dipeta dengan koordinat X dan Y yang diambil dilapangan menggunakan GPS. Untuk lokasi 1 dari 4 titik koordinat GPS terlihat total selisih koordinat dipeta dan dilapangan pada X sebesar -14.120 m dengan rata rata selisih sebesar -3.530 m dan Y sebesar 12.423 dengan rata rata selisih sebesar 3.106 m. Untuk lokasi 2 dari 4 titik koordinat GPS terlihat total selisih koordinat dipeta dan dilapangan pada X sebesar -10.801 m dengan rata rata selisih sebesar -2.700 m dan Y sebesar 10.035 dengan rata rata selisih sebesar 2.509 m. Untuk lokasi 3 dari 4 titik koordinat GPS terlihat total selisih koordinat dipeta dan dilapangan pada X sebesar 14.449 m dengan rata rata selisih sebesar 3.612 m dan Y sebesar 8.362 dengan rata rata selisih sebesar 2.091 m.

Menurut (Zuhdi. 2018) alasan selisih antara koordinat X dan Y bernilai negatif adalah dikarenakan garis bujur selisihnya ke arah barat diberi nilai negatif dan disebut bujur barat (*west longitude*) serta disingkat BB. Sedangkan garis bujur yang selisihnya ke arah timur diberi nilai positif dan disebut bujur timur (*east longitude*) disingkat BT. Nilai kordinatnya didasarkan atas besarnya sudut yang terbentuk dari bujur 0 ke garis bujur tersebut melalui pusat bumi.

Tabel diatas memperlihatkan bahwa ada perbedaan selisih luas per piksel yang signifikan pada setiap lokasi dari hasil analisis pemotretan foto udara tutupan lahan dengan setiap level ketinggian terbang dari *drone*. Untuk selisih luas per piksel dilokasi 1 dengan tinggi 50 m pertama sebesar 1.40 cm dan tinggi 50 m kedua sebesar 1.39 cm. Untuk lokasi 2 selisih luas per piksel dengan tinggi 50 m pertama sebesar 1.47 cm dan

tinggi 50 m kedua sebesar 1.09 cm. Untuk lokasi 3 selisih luas per piksel dengan tinggi 50 m pertama sebesar 1.28 cm dan tinggi 50 m kedua sebesar 1.29 cm.

Berdasarkan tabel diatas menjelaskan bahwa dapat diketahui rata rata luas per piksel dengan penambahan tinggi setiap 50 m pertama yaitu sebesar 1.38 cm dan penambahan tinggi 50 m kedua sebesar 1.26 cm. Menurut (Hadiwijaya et al., 2018) hasil analisis foto udara dapat dikategorikan memiliki resolusi yang bagus itu dilihat dari hasil segmentasi atau tinggi penerbangan saat mengoperasikan *drone*, semakin kecil nilai segmentasi maka semakin detail objek hasil identifikasi yang didapatkan, begitupun sebaliknya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian tentang Analisis Akurasi Luas Tutupan Lahan Menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) ULM di Mandiangin adalah sebagai berikut:

Berdasarkan perbandingan hasil analisis pemotretan dapat disimpulkan untuk pengambilan foto udara pada level ketinggian terbang 50 m menghasilkan rata – rata jumlah foto sebesar 376 foto yang lebih banyak dari ketinggian 100 m dan 150 m, untuk hasil akurasi dan kalkulasi pemotretan dapat disimpulkan pada elemen selisih digitasi sampel luas dan jarak memiliki perbandingan selisih yang sangat signifikan berbeda dari tiap level ketinggian terbang yaitu luas sebesar $\pm 200 \text{ m}^2$ dan jarak sebesar $\pm 4 \text{ m}$, pada elemen selisih orientasi GPS memiliki rata – rata perbandingan selisih yang berkaitan dengan ketelitian alat GPS yang dipakai yaitu sebesar 3 m, dan pada elemen selisih luas per piksel memiliki perbandingan rata – rata ketelitian hasil piksel yang serasi disetiap penambahan level ketinggian terbang *drone* yaitu sebesar $\pm 1.5 \text{ cm}$.

Berdasarkan tingkat hasil resolusi piksel dari analisis pemotretan dapat dikategorikan memiliki resolusi piksel yang bagus dan detail itu dilihat dari tinggi penerbangan saat mengoperasikan *drone*, semakin rendah

level ketinggian terbang *drone* maka objek yang dihasilkan semakin detail.

Saran

Sesuai prosedur pemotretan terlebih dahulu harus memperhatikan kondisi lokasi yang akan diambil foto udara seperti topografi tertinggi, akses jalan, ketersediaan area terbuka, serta cuaca baik agar terhindar dari kecelakaan pada saat pemotretan.

Sebelum melakukan pemotretan dengan menggunakan wahana *drone* sebaiknya dilakukan pengecekan *software* pada wahana yang digunakan untuk memaksimalkan kinerja *drone* tersebut.

Pemotretan foto udara menggunakan wahana pesawat tanpa awak (*drone*) alangkah baiknya memakai titik kontrol atau GCP yang banyak dan tersebar agar meminimalisir kesalahan geometrik.

Pemotretan sebaiknya dilaksanakan pada saat pagi hari dan sore hari demi meminimalisir gangguan saat menerbangkan *drone*.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmad. S. Sawitri. S. & Andri. S. 2017. Pengaruh Variasi Tinggi Terbang Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Quadcopter Dji Phantom 3 Pro Pada Pembuatan Peta Orthofoto. Semarang. Universitas Diponegoro.

Al Ayyubi. A. S. 2017. Analisa Planimetrik Hasil Pemetaan Foto Udara Skala 1:1000 Menggunakan Wahana Fix Wing UAV. Departemen Teknik Geomatika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Aldyan. 2018. Kajian Tutupan Lahan Berbasis Obyek Menggunakan Data UAV Trimble UX5 (wilayah studi: Desa Pagak, Kab. Purworejo Jawa Tengah). Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Bandung.

Eisenbeiß. H. & Zurich. E. T. H. 2009. UAV photogrammetry. Institute of Photogrammetry and Remote Sensing. <https://doi.org/doi:10.3929/ethz-a-005939264>. (diakses 10 Desember 2019).

Hadiwijaya. S. L. Restu. A. A. N. & Terry. K. L. 2018. Pemetaan Dinamika Hutan Mangrove Menggunakan Drone dan Penginderaan Jauh di P. Rambut, Kepulauan Seribu : Pusat Riset Kelautan, Badan Riset dan Sumberdaya Manusia Kelautan dan Perikanan, KKP Kompleks Bina Samudera.

Kushardono. 2014. Platform Unmanned Aerial Vehicle untuk Aerial Photography Aeromodelling And Payload Telemetry Research Group (APTRG), Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014, Bogor.

Setyasaputra. Fajar. N. S. Riyadhi., F. Suharmin. B. Ikhsan. D. R. & Burhanuddin. D. 2014. Platform Unmanned Aerial Vehicle untuk Aerial Photography Aeromodelling And Payload Telemetry Research Group (APTRG), Prosiding Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014, Bogor.

Shofiyati. R. 2011. Teknologi Pesawat Tanpa Awak Untuk Pemetaan dan Pemantauan Tanaman Dan Lahan Pertanian. Informatika Pertanian, Vol. 20 No.2, Desember 2011: 58 – 64.

Zuhdi. M. 2018. Sistem Koordinat Geografik. Jambi. Agriculture Faculty of Jambi University.