

Pemanfaatan Drone dalam Pemetaan Kontur Tanah

Utilization of Drones in Land Contour Mapping

Andrew Stefano*

Program Studi Teknologi Geomatika, Politeknik Pertanian Negeri Samarinda, Indonesia

*Correspondence Author: andrew.stefano@politansamarinda.ac.id

ABSTRAK

Sejak tahun 2016 pemerintah melaksanakan percepatan pendaftaran tanah sistematis lengkap hingga pada tahun 2025 seluruh bidang tanah di Indonesia telah terdaftar. Pada tahun 2018 saja pemerintah menargetkan 7 juta bidang, dan tahun 2019 menargetkan 9 juta. Untuk mencapai target tersebut diperlukan teknologi yang bisa mengatasi hal tersebut. Drone, yang lebih dikenal *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* atau teknologi pesawat tanpa awak sebagai solusi untuk pemetaan tanah dengan target yang banyak, fleksibilitas waktu dan areal pemotretan yang diinginkan, dan hasil pemotretan resolusi spasial yang detail serta biaya yang relatif lebih murah dibandingkan harga perekaman dengan satelit. Penggunaan drone untuk percepatan pemetaan tanah adalah pilihan yang tepat karena hasil pemotretan drone punya resolusi spasial yang tinggi sehingga sesuai dengan aturan pemetaan bidang tanah dan harganya murah.

Kata kunci: Drone, Pemetaan, Bidang Tanah

ABSTRACT

Since 2016, the government has implemented a complete systematic acceleration of land registration until by 2025 all land parcels in Indonesia have been registered. In 2018 alone the government targets 7 million sectors, and in 2019 it targets 9 million. To achieve this target, technology is needed to overcome this. Drones, better known as Unmanned Aerial Vehicle (UAV) or unmanned aircraft technology as a solution for ground mapping with multiple targets, the flexibility of the desired shooting time and area, and detailed spatial resolution shooting results and relatively cheaper costs than the recording price. with satellite. The use of drones for accelerated land mapping is the right choice because the results of drone shots have high spatial resolution so that they comply with the rules for mapping land parcels and it is also cheap.

Password: Drone, Mapping, Land Contour

Pemetaan Bidang Tanah

Kebutuhan pengukuran dan pemetaan bidang tanah di Indonesia masih sangat tinggi dimana masih banyak bidang-bidang tanah yang belum terpetakan (Africa *et al.*, 2020; Bradter *et al.*, 2019; Brenner *et al.*, 2012). Sejak tahun 2016 pemerintah melaksanakan percepatan pendaftaran tanah sistematis lengkap hingga pada tahun 2025 seluruh bidang tanah di Indonesia telah terdaftar. Pada tahun 2018 saja pemerintah menargetkan 7 juta bidang, dan tahun 2019 menargetkan 9 juta (Permen ATR/BPN No. 25 Tahun 2015). Untuk itu dibutuhkan metode pengukuran dan pemetaan bidang tanah yang efektif dan efisien untuk menunjang terlaksananya pemetaan bidang tanah tersebut (Brown *et al.*, 2013; Chen *et al.*, 2019; Cobb & Oliver, n.d.).

Pengukuran dan pemetaan bidang tanah yang efektif dalam pengambilan data yang akurat sesuai posisi dan sesuai

dengan ketentuan pemetaan, dan efisien dalam biaya maupun waktu pelaksanaan pengukuran dan pemetaan bidang tanah (Doyle *et al.*, 1998; Gad & Kusky, 2006; García-álvarez *et al.*, 2019). Akan tetapi Kementerian ATR/BPN masih menyisakan permasalahan masa lalu terkait dengan Infrastruktur Keagrarian yang sampai saat ini belum terselesaikan, yaitu terdapat 24 (dua puluh empat) juta bidang tanah dari 44 (empat puluh empat) bidang tanah terdaftar (lebih dari 50%) bidang tanah terdaftar yang belum dipetakan di Peta Pendaftaran (BPN, 2016).

Teknologi Drone

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk pengambilan data secara efektif dan efisien adalah dengan menggunakan drone yang biasa disebut pesawat tanpa awak (*Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*) (Hobbs & Chan, 1990; Hossain & Meng, 2020; Kabiri *et*

al., 2018). Drone adalah wahana yang dilengkapi sistem pengendali terbang melalui gelombang, navigasi presisi (*Ground Positioning System (GPS)*), dan elektronik kontrol penerbangan sehingga mampu terbang sesuai perencanaan terbang (*autopilot*) (Koshkarev et al., 2008; Lu et al., 2011; Malczewski, 2004). Drone ini memungkinkan untuk melakukan pelacakan posisi dan orientasi dari sensor yang diimplementasikan dalam sistem lokal atau koordinat global (Mason et al., 2013; P. Mitchell et al., 2018; P. J. Mitchell et al., 2018). Dengan drone sendiri mengefisienkan waktu karena dapat memiliki citra suatu wilayah kapan pun kita mau tldak tergantung waktu seperti citra satelit waktu perekamannya yang sudah diatur (proide ulang perekaman daerah yang sama) (Ottosen et al., 2020; Petrognani & Robert, 2020; Pühr et al., 2014).

Drone biasanya juga dilengkapi dengan peralatan kamera resolusi tinggi dapat melakukan pemotretan foto udara. Penggunaan drone menghasilkan gambar/citra dengan resosuli spasial yang besar, tidak terkendala awan, karena pengoperasiannya pada ketinggian di bawah awan (Rafaelli et al., 2001; Ryu et al., 2014; Smith, 2016). Melalui drone, skala kedetailan data menjadi sangat tinggi dan proses pengumpulan datanya menjadi lebih mudah (Steiniger & Hunter, 2013; Thomas et al., 2015; Wang, 2005) Drone merupakan pesawat tanpa pilot. Pesawat ini dikendalikan secara otomatis melalui program komputer yang dirancang (Werner et al., 2020; Yu et

al., 2015; Zaslavsky et al., 2003). Drone pertama dikembangkan untuk kepentingan militer.

Drone digunakan sebagai pengintai musuh dan mengurangi korban manusia (*pilot*) (Yu et al., 2015; Zaslavsky et al., 2003; Zeilhofer & Piazza, 2008). Penggaunaan drone untuk misi militer sejak perang dunia pertama dan perang dunia kedua sebagai prototibe (Thomas et al., 2015; Wang, 2005; Werner et al., 2020). Penggunaan drone sekarang lebih banyak tidak hanya militer saja, aplikasi drone untuk pertanian, aplikasi drone untuk pemetaan vegetasi perkotaan, aplikasi drone untuk tanah longsor, aplikasi drone untuk tutupan lahan (Ryu et al., 2014; Smith, 2016; Steiniger & Hunter, 2013).

Klasifikasi drone atas dasar sayapnya dibagi menjadi dua, yaitu *multicopter* dan *fixed wing* (Petrognani & Robert, 2020; Pühr et al., 2014; Rafaelli et al., 2001). *Fixed wing* memiliki bentuk seperti pesawat terbang biasa yang dilengkapi sistem sayap. Sedangkan *multicopter* yaitu jenis drone yang memanfaatkan putaran baling-baling untuk terbang (P. Mitchell et al., 2018; P. J. Mitchell et al., 2018; Ottosen et al., 2020). *Multicopter* dibagi lagi menjadi dua yaitu *single-rotor* dan *multi-rotor*. Tipe *single-rotor* berbentuk seperti helikopter menggunakan baling-baling tunggal, sedangkan *multi-rotor* menggunakan 3 sampai 8 baling-baling (Lu et al., 2011; Malczewski, 2004; Mason et al., 2013). Klasifikasi drone secara internasional yang dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Kategori UAV Internasional

No	Kategori	Berat (Kg)	Jangkauan (Km)	Tinggi terbang (m)	Daya Tahan (jam)
1	Mikro	<5	<10	250	1
2	mini	<250/30/150	<10	150/250/300	<2
3	Jangkauan sempit	25-150	10-30	3000	2-4
4	Jangkauan menengah	50-250	30-70	3000	3-6
5	Jangkauan jauh	>250	>70	>3000	>6

Sumber: Ahmad, 2011

Pengendalian pengoperasian drone di Indonesia tidak boleh sembarangan. Saat ini pengendalian pengoprasian drone telah diatur dalam Peraturan Menteri Perhubungan No 90 Tahun 2015 tentang Pengendalian

Pengoprasian Pesawat Udara Tanpa Awak Di Ruang Udara Dilayani di Indonesia.

Dalam rangka keselamatan oprasional penerbangan di ruang udara, pengendalian pengoprasian pesawat udara tanpa awak tidak boleh beroprasi dikawasan sebagai

berikut (Hossain & Meng, 2020; Kabiri *et al.*, 2018; Koshkarev *et al.*, 2008).

- Kawasan udara terlarang
- Kawasan udara terbatas
- Kawasan keselamatan operasi penerbangan (KOP) suatu Bandar udara.

Sebuah pesawat udara tanpa awak pada ruang udara kurang dari 500 ft (150 meter). Dalam kondisi khusus untuk kepentingan patrol batas wilayah negara, patrol wilayah laut negara, pantauan cuaca, pengamatan aktivitas hewan dan tumbuhan di taman nasional, survai dan pemetaan, sebuah pesawat udara tanpa awak boleh dioperasikan di ketinggian dari 500 ft (150 meter) dengan izin yang diberikan Direktur Jendral Perhubungan Udara (Gad & Kusky, 2006; García-álvarez *et al.*, 2019; Hobbs & Chan, 1990).

Pemetaan Bidang Tanah

Peta sebagai gambaran sebagian atau seluruh wilayah permukaan bumi dengan berbagai kenampakan pada suatu bidang datar yang diperkecil dengan menggunakan skala tertentu (Chen *et al.*, 2019; Cobb & Oliver, n.d.; Doyle *et al.*, 1998). Sedangkan pemetaan adalah proses, cara, perbuatan membuat peta. Pemetaan bidang tanah merupakan bagian dari pendaftaran tanah

secara sistematis lengkap (Bradter *et al.*, 2019; Brenner *et al.*, 2012; Brown *et al.*, 2013).

Pemetaan bidang tanah adalah kegiatan menggambarkan hasil pengukuran bidang tanah secara sistematis maupun sporadik dengan suatu metode tertentu pada media tertentu seperti lembaran kertas, drafting film atau media lainnya sehingga letak dan ukuran bidang tanahnya dapat diketahui dari media tempat pemetaan bidang tanah tersebut (Africa *et al.*, 2020; Bradter *et al.*, 2019; Brenner *et al.*, 2012).

Dalam pemetaan bidang tanah menurut Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional No.3 tahun 1997 memerlukan peta dasar berupa:

- Peta foto udara (baik dari wahana pesawat udara atau *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)/drone*),
- Peta Citra satelit resolusi tinggi (CSRT) atau
- Peta garis

Peta dasar pendaftaran dibuat dengan skala 1:1.000 atau lebih besar untuk daerah pemukiman, 1:2.500 atau lebih besar untuk daerah pertanian dan 1:10.000 untuk daerah perkebunan besar. Untuk mendapatkan peta yang baik maka diperlukan sumber pemetaan peta dengan ketelitian yang tinggi (Brown *et al.*, 2013; Chen *et al.*, 2019).

Tabel 2. 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	50	50	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	5	5	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.

Tabel 3. 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 ketelitian kelas 1	2,5 x ketelitian kelas 1

Sumber: Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014

Spesifikasi Peta Dasa yang dapat digunakan sebagai peta kerja menurut Direktorat Jenderal Infrastruktur Keagrariaan Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional tahun 2016 ketelitian geometrik dari peta kerja yang digunakan adalah:

1. Daerah pemukiman, daerah komersial dan/atau daerah industri, ketelitian yang digunakan adalah 0,3mm x skala peta;
2. Daerah non-pemukiman, daerah non-komersial dan/atau daerah nonindustri, ketelitian yang digunakan adalah 0,5mm x skala peta.

Sedangkan ketelitian geometris menurut Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, menentukan standar ketelitian geometri Peta RBI yang dihasilkan tertera pada tabel 2. Nilai ketelitian di setiap kelas diperoleh melalui ketentuan seperti tertera pada tabel 3.

Nilai ketelitian posisi peta dasar pada Tabel 2 adalah nilai CE90 untuk ketelitian horizontal dan LE90 untuk ketelitian vertikal, yang berarti bahwa kesalahan posisi peta dasar tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%.

Ketelitian Citra Dihasilkan Drone

Drone yang biasa digunakan sebagai pemetaan umumnya menggunakan DJI Phantom 3 profesional atau spesifikasi setingkatnya atau lebih janggih. Penggunaan drone DJI Phantom 3 profesional. Penggunaan jenis drone ini dengan alasan karena foto yang dihasilkan mempunyai resolusi spasial yang tinggi dan harga relatif terjangkau.

Adapun spesifikasi DJI Phantom 3 profesional dapat dilihat pada Tabel 4 di bawah.

Tabel 4. Spesifikasi DJI Phantom 3 Profesional

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Berat	1280 g
2	Maksimum kecepatan terbang	16 m/s (ATTI mode)
3	Maksimum waktu terbang	23 menit
4	Dilengkapi Sistem penentuan posisi satelit	GPS/GLONASS
5	Sensor kamera	Sony Exmor 1/2.3" CMOS Effective pixels: 12.4 M (total pixels: 12.76 M)
6	Mode Fotografi	<ul style="list-style-type: none"> • Single Shot • Burst Shooting: 3/5/7 frames • Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 bracketed frames at 0.7 EV Bias • Timelapse
7	Format Gambar	JPEG, DNG (RAW)
8	Format Video	MP4, MOV (MPEG-4 AVC/H.264)
9	File duport sistem	FAT32 (≤32 GB); exFAT (>32 GB)
10	Sistem Operasi	Bisa dioperasikan pada <ul style="list-style-type: none"> • iOS 8.0 or later • Android 4.1.2 or later

Sumber: DJI, 2015

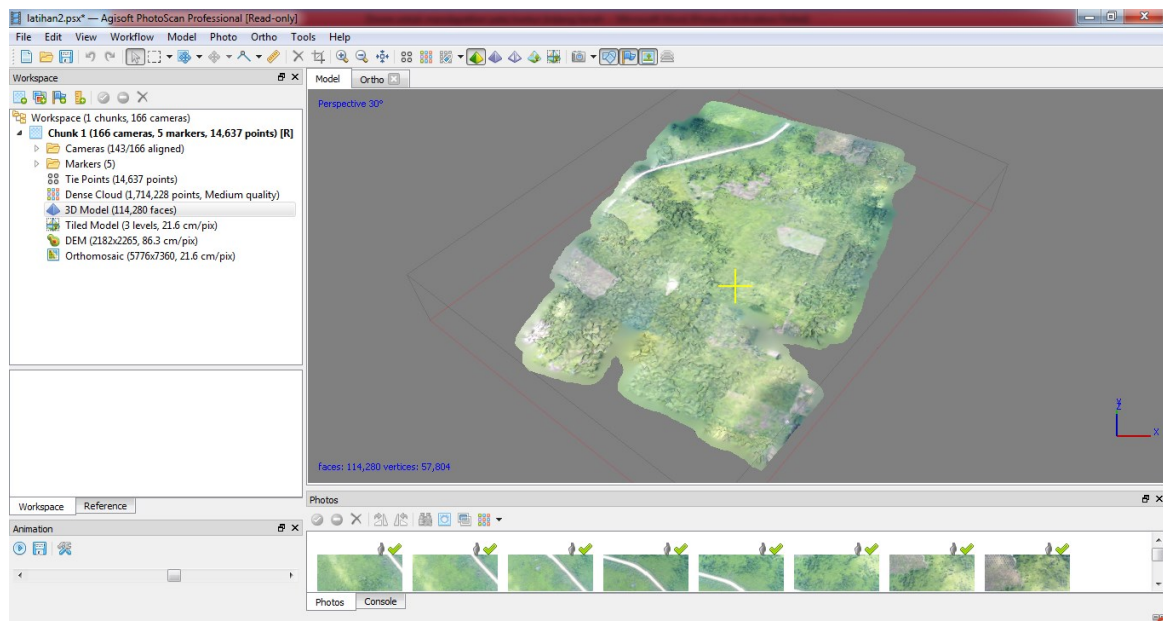
Ketelitian citra foto dihasilkan dari drone atau UAV sesuai standar geometri yang dipersyaratkan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar maupun yang dipersyaratkan

Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional No.3 tahun 1997 tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 Tentang Pendaftaran Tanah.

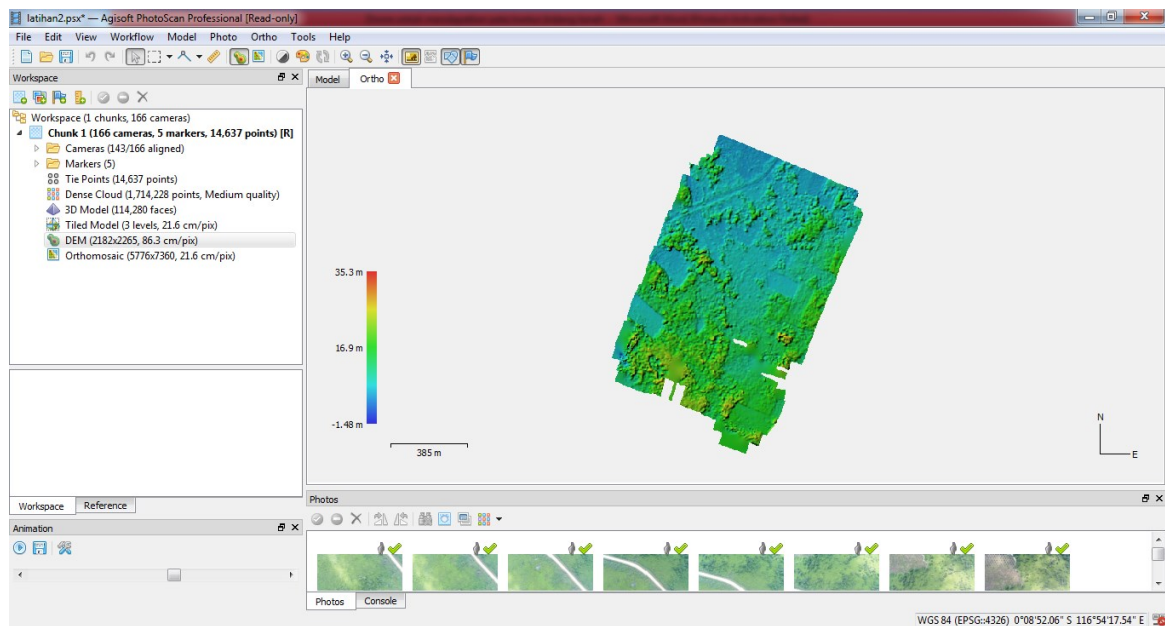
Ketelitian citra foto dihasilkan dari drone telah diuji hasilnya menunjukkan persentase akurasi data UAV keseluruhan sampel rata-rata mencapai 96, 2 %. Kedua peneliti menggunakan sensor kamera digital dengan resolusi 12 Mega Pixels (MP), walaupun menggunakan menggunakan produk drone berbeda.

Pengujian lain dilakukan menggunakan juga sensor kamera digital dengan resolusi 12 Mega Pixels hasilnya diuji secara statistic (uji statistika F), Adi dan teman-temanya ingin menguji perbedaan hasil pemotretan drone DJI Phantom 3 Professional, dan hasil yang didapatkan tidak terdapat perbedaan ketelitian geometri yang signifikan antara orthofoto yang dihasilkan. Hasil semua hitungan F atau F hitung lebih kecil dari nilai F tabel dengan tingkat kepercayaan 90%.

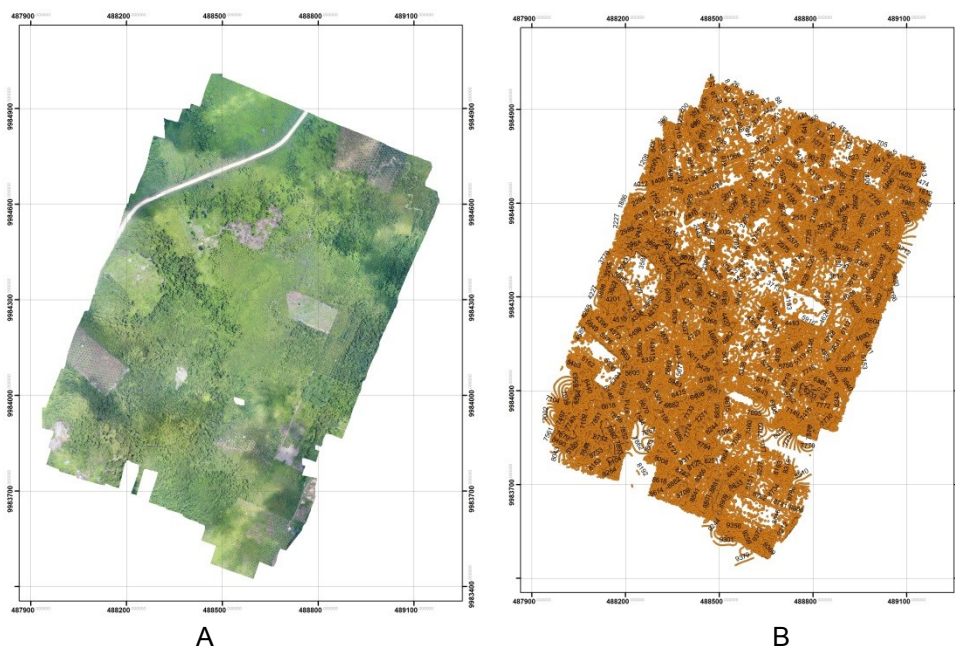
Peta yang dihasilkan menggunakan sensor kamera digital dengan resolusi 12 Mega Pixels skala 1: 500 dengan ketelitian memiliki ketelitian geometri peta kelas 1, hal ini karena horozontalnya tidak melebihi 0,2 meter dan ketelitian vertikalnya 0,2 meter, bahkan hasil evaluasi yang dilakukan oleh dengan mengganti sensor kamera dengan 21 Mega Pixels menghasilkan akurasi peta 1:200 dengan kontur 0,145 meter. Cryderman dan kawan-kawannya menggunakan tingkat kepercayaan 95 %. Hasil pemetaan data drone diolah dengan menggunakan software Argisoft PhotoScan (Gambar 1). Di tombol workflow pilih *build Digital Elevation Model (DEM)* berfungsi untuk membuat kontur (Gambar 2). Garis kontur dapat dibuat dengan menggunakan software ArcGIS pada tombol arctoolbox pilih raster surfaces maka terbentuklah kontur (Gambar 3).



Gambar 1. Software Argisoft PhotoScan



Gambar 2. Digital Elevation Model (DEM)



Gambar 3. Hasil pemotretan drone, A. Orthomosaic. B. kontur

Citra Drone Versus Citra Satelit

Biaya pemotretan dengan menggunakan drone kecil (<13,6 kg), lengkap dengan ground station dan peluncur, berkisar dari ratusan ribu rupiah sampai satu jutaan (Africa *et al.*, 2020; Bradter *et al.*, 2019; Brenner *et al.*, 2012). Jika dibandingkan dengan citra satelit

yang biasa dipergunakan untuk aplikasi inderaja di pemetaan bidang tanah, seperti Geoeye, Ikonos, Quickbird, Pleiades dan Worldview-2 maka citra drone ini relatif lebih murah. Tabel 5 berikut menunjukkan perbandingan deskripsi teknis dan biaya citra satelit dan drone.

Tabel 5. Deskripsi Teknis Dan Perkiraan Biaya Beberapa Citra Satelit Dan Drone

No	Jenis Citra	Resolusi			Biaya	Keterangan
		Spasial	Spektral	Temporal		
1	Citra Drone	0,15-0,25 m	R, G dan NIR	Fleksibel	Rp. 13.000.000	Spesifikasi setingkat dengan Drone DJI Phantom 3 profesional
2	Geoeye	0.46 m	VNIR	3 hari	\$ 25 per km ² untuk perekaman baru atau setara Rp. 33.462.500 *)	Luas Pemesanan Minimum 100 km ² untuk perekaman baru
3	Ikonos	0.82 m	VNIR	3 hari	\$ 25 per km ² untuk perekaman baru atau setara Rp. 33.462.500 *)	Luas Pemesanan Minimum 100 km ² untuk perekaman baru
4	Quickbird	0.65 m	VNIR	1-3 hari	\$ 25 per km ² untuk perekaman baru atau setara Rp. 33.462.500 *)	Luas Pemesanan Minimum 100 km ² untuk perekaman baru
5	Worldview-2	0.46 m	VNIR	1.1-3.7 hari	\$ 25 per km ² untuk perekaman baru atau setara Rp. 33.462.500 *)	Luas Pemesanan Minimum 100 km ² untuk perekaman baru
6	Pleiades	0,5 m	VNIR	1 hari	\$ 17 per km ² untuk perekaman baru atau setara Rp. 22.754.500 *)	Luas Pemesanan Minimum 100 km ² untuk perekaman baru

Sumber: Lapan . 2017 (dengan olahan)

Catatan: *) Nilai Tukar Rupiyah Rp. 13.385,00 (Bank Mandiri, Update 23 Okt 17 08:28 WIB)

Perbandingan harga citra yang dihasilkan drone rata-rata lebih murah 61,16 % (Rp. 20.462.500,-) jika pemesanan citra menggunakan luasan minimum pemesanan 100 km² kecuali citra Pleiades relative lebih murah sekitar 42,87 % (Rp. 9.754.500,-). Dengan demikian penggunaan drone sebahai wahana pemetaan bidang tanah sangat efisien biaya pemotretan dengan menggunakan drone.

Kesimpulan

Pesawat tanpa awak (UAV) atau drone merupakan piranti yang berguna untuk berbagai aplikasi pemetaan bidang tanah, walaupun masih banyak kekurangan.

Peralatan yang relatif murah dan mudah digunakan sangat diperlukan untuk percepatan pemetaan bidang tanah. penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan drone untuk percepatan pemetaan tanah adalah pilihan yang tepat karena hasil pemotretan drone punya resolusi spasial yang tinggi sehingga sesuai dengan aturan pemetaan bidang tanah dan harganya murah.

Disarankan dalam pemetaan bidang tanah dengan skala besar, seperti skala 1:1000 atau lebih besar menggunakan drone minimal dengan sensor kamera 12 mega pixel agar ketelitian geometrik foto yang dihasilkan sesuai dengan harapan.

Daftar Pustaka

- Africa, S., Gyamfi-ampadu, E., Gebreslasie, M., & Mendoza-ponce, A. (2020). Remote Sensing Applications: Society and Environment Mapping natural forest cover using satellite imagery of Nkandla forest. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 18(March), 100302. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2020.100302>
- Ahmad, Anuar. 2011. Digital Mapping Using Low Altitude UAV. Malaysia: Jurnal Pertanika J. Sci. & Technol. Vol. 19, 51 – 58.
- Bradter, U., Connell, J. O., Kunin, W. E., Boffey, C. W. H., Ellis, R. J., & Benton, T. G. (2019). Classifying grass-dominated habitats from remotely sensed data: the influence of spectral resolution, acquisition time and the vegetation classification system on accuracy and thematic resolution. *Science of the Total Environment*, 134584. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134584>
- Brenner, J. C., Christman, Z., & Rogan, J. (2012). Segmentation of Landsat Thematic Mapper imagery improves buffelgrass (*Pennisetum ciliare*) pasture mapping in the Sonoran Desert of Mexico. *Applied Geography*, 34, 569–575. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2012.02.008>
- Brown, M., Sharples, S., & Harding, J. (2013). Introducing PEGI: A usability process for the practical evaluation of Geographic Information. *Journal of Human Computer Studies*, 71(6), 668–678. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2013.01.004>
- Chen, S., Wang, W., & Liang, H. (2019). Evaluating the effectiveness of fusing remote sensing images with significantly different spatial resolutions for thematic map production. *Physics and Chemistry of the Earth*, 110(September 2018), 71–80. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2018.09.002>
- Cobb, D. A., & Oliver, A. (n.d.). *Online GE Service*. 0, 484–497.
- DJI. 2015. Phantom 3 Professional Specs. (online): <https://www.dji.com/phantom-3-pro/info>
- Doyle, S., Dodge, M., & Smith, A. (1998). *THE POTENTIAL OF WEB-BASED MAPPING AND VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES FOR MODELLING URBAN ENVIRONMENTS*. 22(2), 137–155.
- Gad, S., & Kusky, T. (2006). *Lithological mapping in the Eastern Desert of Egypt , the Barramiya area , using Landsat thematic mapper (TM)*. 44, 196–202. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2005.10.014>
- García-álvarez, D., Lloyd, C. D., Delden, H. Van, Teresa, M., & Olmedo, C. (2019). Computers , Environment and Urban Systems Thematic resolution in fl uence in spatial analysis . An application to Land Use Cover Change (LUCC) modelling calibration. *Computers, Environment and Urban Systems*, 78(April), 101375. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.101375>
- Hobbs, F., & Chan, C. (1990). *AutoCAD as a cartographic training tool : a case study*. 22(3).
- Hossain, M. K., & Meng, Q. (2020). Computers , Environment and Urban Systems A thematic mapping method to assess and analyze potential urban hazards and risks caused by flooding. *Computers, Environment and Urban Systems*, 79(August 2019), 101417. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2019.101417>
- Kabiri, K., Rezai, H., & Moradi, M. (2018). Mapping of the corals around Hendorabi Island (Persian Gulf), using WorldView-2 standard imagery coupled with fi eld observations. *Marine Pollution Bulletin*, 129(1), 266–274. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.02.045>
- Koshkarev, A. V., Antipov, A. N., Batuyev, A. R., Yermoshin, V. V., & Karakin, V. P. (2008). *Geo-portals as part of spatial data infrastructures : Russian Academy-supported resources and geoservices*. 29, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.gnr.2008.04.005>

- Lapan. 2017. Data Citra Satelit. (online): <http://pusfatekgan.lapan.go.id/data/>
- Lu, D., Li, G., Moran, E., Batistella, M., & Freitas, C. C. (2011). ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing Mapping impervious surfaces with the integrated use of Landsat Thematic Mapper and radar data : A case study in an urban – rural landscape in the Brazilian Amazon. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 66(6), 798–808. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2011.08.004>
- Malczewski, J. (2004). *GIS-based land-use suitability analysis : a critical*. 62, 3–65. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2003.09.002>
- Mason, P. J., London, I. C., Partnership, H. M. E., & Clacton, G. (2013). REMOTE SENSING | GIS ☆. In *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences* (Issue April). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.02955-9>
- Mitchell, P., Downie, A., & Diesing, M. (2018). How good is my map? A tool for semi-automated thematic mapping and spatially explicit confidence assessment. *Environmental Modelling and Software*. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.07.014>
- Mitchell, P. J., Downie, A., & Diesing, M. (2018). Environmental Modelling & Software How good is my map ? A tool for semi-automated thematic mapping and spatially explicit confidence assessment. *Environmental Modelling and Software*, 108(October 2017), 111–122. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2018.07.014>
- Ottosen, T., Hanson, M., & Skjøth, C. A. (2020). *Int J Appl Earth Obs Geoinformation Tree cover mapping based on Sentinel-2 images demonstrate high thematic accuracy in Europe*. 84(June 2019). <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.101947>
- Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.
- Petrognani, S., & Robert, E. (2020). Journal of Archaeological Science: Reports Dating without dates: Stylistic and thematic chronologies in the Paleolithic painted caves of Les Bernoux and Saint-Front (Dordogne , France). *Journal of Archaeological Science: Reports*, 31(February), 102260. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2020.10.2260>
- Puhr, K., Schultz, S., Pikelj, K., Petricioli, D., & Bakran-petricioli, T. (2014). Science of the Total Environment The performance , application and integration of various seabed classification systems suitable for mapping *Posidonia oceanica* (L .) Delile meadows. *Science of the Total Environment, The*, 470–471, 364–378. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.09.103>
- Rafaelli, S. G., Montgomery, D. R., & Greenberg, H. M. (2001). *A comparison of thematic mapping of erosional intensity to GIS-driven process models in an Andean drainage basin*. 244, 33–42.
- Ryu, J., Choi, J., & Lee, Y. (2014). Ocean & Coastal Management Potential of remote sensing in management of tidal flats: A case study of thematic mapping in the Korean tidal flats. *Ocean and Coastal Management*, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.03.003>
- Smith, D. A. (2016). Computers , Environment and Urban Systems Online interactive thematic mapping: Applications and techniques for socio-economic research. *CEUS*, 57, 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2016.01.002>
- Steiniger, S., & Hunter, A. J. S. (2013). Computers , Environment and Urban Systems The 2012 free and open source GIS software map – A guide to facilitate research , development , and adoption. *Computers, Environment and Urban Systems*, 39, 136–150. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2012.10.003>
- Thomas, R. F., Kingsford, R. T., Lu, Y., Cox,

- S. J., Sims, N. C., & Hunter, S. J. (2015). *Mapping inundation in the heterogeneous floodplain wetlands of the Macquarie Marshes , using Landsat Thematic Mapper*. 524, 194–213. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.02.029>
- Wang, X. (2005). *Integrating GIS , simulation models , and visualization in traffic impact analysis*. 29, 471–496. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2004.01.002>
- Werner, R., Agnol, D., Michelon, G. K., Bazzi, C. L., Sérgio, P., Magalhães, G., Godoy, E., Souza, D., Miguel, N., & Sobjak, R. (2020). Web applications for spatial analyses and thematic map generation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 172(October 2019), 105374. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105374>
- Yu, L., Shi, Y., & Gong, P. (2015). *Land cover mapping and data availability in critical terrestrial ecoregions: A global perspective with Landsat thematic mapper and enhanced thematic mapper plus data*. 190, 34–42. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.05.009>
- Zaslavsky, I., Diego, S., & Diego, S. (2003). *Online Cartography with XML*. 1998.
- Zeilhofer, P., & Piazza, V. (2008). *GIS and ordination techniques for evaluation of environmental impacts in informal settlements : A case study from Cuiaba central Brazil*. 28, 1–15. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2007.07.009>