

ANALISA PENGUKURAN LAHAN MENGGUNAKAN UAV (*UNMANNED AERIAL VEHICLE*) DAN *TOTAL STATION*

Puthut Omar Satriawan^{1*}, Faizatus Sholikhah², Ainin Bashiroh²

¹Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Cahaya Surya

²Dosen Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Majapahit

Abstract

Kondisi topografi pembangunan gedung yang variatif membutuhkan pekerjaan galian dan timbunan. Tujuan dari penelitian ini untuk menganalisis perbandingan pengukuran horizontal (X,Y) dan volume galian timbunan (Z) menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dan total station. Metode pengukuran fotogrametri menggunakan UAV dan terrestrial menggunakan total station. Hasil analisis berupa koreksi pengukuran koordinat (X,Y) UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dan total station sebesar 0,01860867 m atau 1,87 cm. Hasil koreksi tersebut memenuhi untuk ketelitian pengukuran menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) sebesar 5 cm. Hasil perhitungan galian, volume menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) sebesar 8753,089 m³ sedangkan menggunakan total station sebesar 8813,276 m³, untuk presentase perbedaan volume galian didapatkan sebesar 0,682 %. Hasil perhitungan timbunan, volume yang didapatkan menggunakan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) sebesar 287911.287 m³ sedangkan menggunakan total station sebesar 289268,688 m³, untuk presentase perbedaan volume timbunan didapatkan sebesar 0,455 %. Berdasarkan presentase perhitungan volume galian dan timbunan menunjukkan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) bisa menjadi alternatif untuk pengukuran lahan yang lebih luas.

Copyright © University of Islamic Majapahit Mojokerto, East Java Indonesia

ARTICLE INFO:

Article history :

Received 1 July 2024

Received in revised form 18 July 2024

Accepted 31 December 2024

Available online 13 January 2025

Keywords:

UAV, total station, volume

1. Pendahuluan

Universitas Jember Kampus Bondowoso mempunyai luas lahan mencapai 9,6 hektar yang memiliki kondisi topografi elevasi bervariasi. Dalam upaya perencanaan pembangunan diperlukan pekerjaan galian dan timbunan yaitu melakukan pengukuran luasan, beda tinggi, dan perhitungan volume tanah untuk pekerjaan galian maupun timbunan tersebut. Perencanaan perhitungan volume galian dan timbunan tanah menggunakan data hasil survei dan pengukuran lahan dengan cara terrestrial menggunakan alat ukur total station sedangkan pengukuran dengan cara fotogrametri menggunakan wahana pesawat tanpa awak atau

* Corresponding author.

E-mail addresses: puthutomarsatriawan@yahoo.com

UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) (Abidin, 2007).

Metode pengukuran menggunakan UAV, Global Positioning System (GPS) dan pengukuran teristris untuk menganalisis volume Brown Canyon. Dilakukan dengan menganalisis volume menggunakan data DEM (Digital elevation Model) hasil dari foto UAV. Pembentukan data DEM diperoleh dari data foto udara yang diolah menggunakan prinsip fotogrametri, kemudian diubah menjadi bentuk point cloud, kemudian diubah menjadi data DEM. GPS digunakan untuk memverifikasi hasil analisis perubahan volume untuk mendapatkan data yang lebih realistis (Setiawan & Prasetyo, 2016).

Tujuan dari penelitian ini untuk memberi informasi mengenai analisis ketelitian pengukuran horizontal (X,Y) dan volume (Z) galian timbunan dari hasil pengukuran menggunakan UAV dengan total station di Universitas Jember Kampus Bondowoso.

2. Metode

Lokasi Penelitian

Pengukuran dilakukan di Universitas Jember Kampus Bondowoso, Jl. Diponegoro, Poncogati, Curah Dami, Kabupaten Bondowoso, Jawa Timur. Lokasi masterplan Universitas Jember Kampus Bondowoso. Lokasi seperti pada (Gambar 1) berikut.



Gambar 1. Lahan Universitas Jember Kampus Bondowoso

Peralatan dan Bahan

Pengukuran menggunakan UAV diperlukan beberapa komponen seperti pada Tabel 1 yaitu perangkat keras yang diperlukan, kemudian pada Tabel 2 yaitu perangkat lunak yang digunakan, serta pada Tabel 3 yaitu spesifikasi UAV.

Tabel 1. Perangkat keras yang digunakan

No	Perangkat	Fungsi
1.	<i>DJI Mavic MINI</i>	<i>aircraft</i>
2.	Lenovo AMD E1	Pengolahan Data
3.	<i>Smartphone</i>	Pendukung & GPS

Tabel 2. Perangkat lunak yang digunakan

No	Perangkat	Fungsi
1.	Aplikasi <i>DJI FLY</i>	Kalibrasi UAV
2.	Aplikasi <i>dronelink</i>	Perencanaan Data

Tabel 3. Spesifikasi UAV

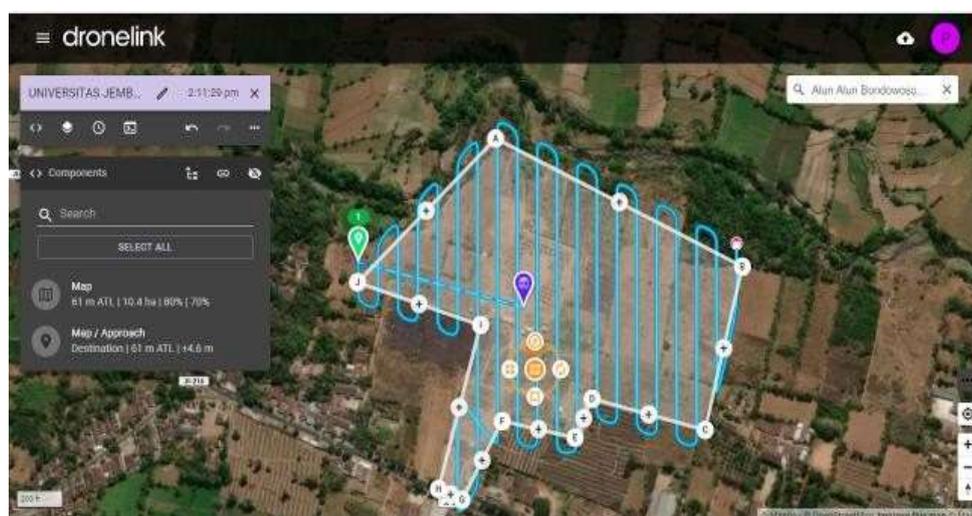
No	Nama	Jenis
1.	<i>DJI Mavic MINI</i>	Quadcopter
2.	<i>Satellite</i>	GPS-GLONASS
3.	<i>Max speed wind</i>	10 m/s
4.	Baterai	5870 mAh
5.	Stabilisasi Gimbal	3 axis
6.	Kamera	12 P

Metode Pengukuran UAV

Adapun metode pengukuran menggunakan UAV yaitu :

1. Pembuatan Jalur Terbang

Pemotretan foto udara diperlukan perencanaan jalur terbang atau *mission flight*. *Mission flight* menggunakan *dronelink* yang merupakan aplikasi berbasis *android* untuk pengambilan data. Jalur terbang dibuat mengikuti bentuk lahan Universitas Jember Kampus Bondowoso. Perencanaan jalur terbang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Jalur terbang

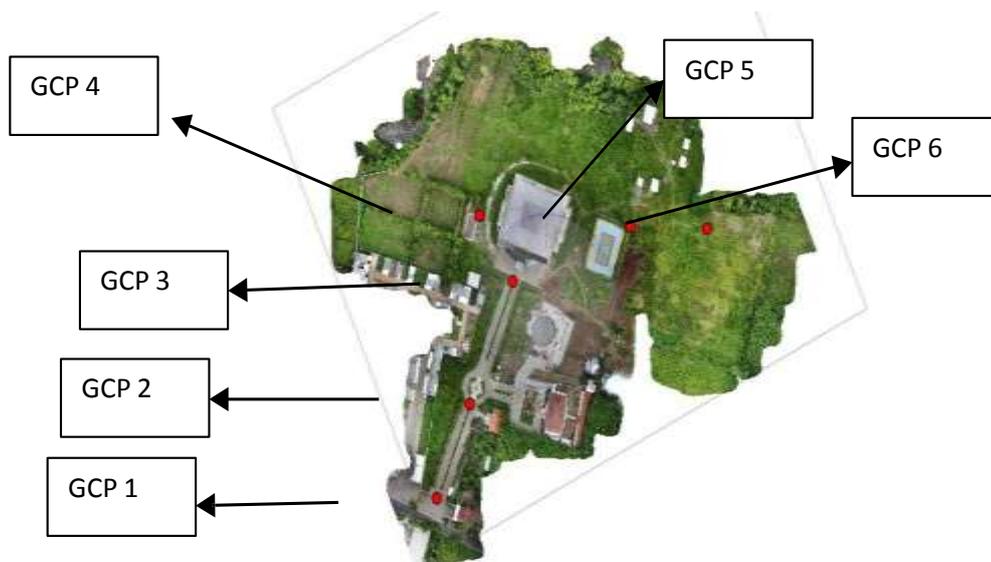
* Corresponding author.

E-mail addresses: puthutomarsatriawan@yahoo.com

Pengaturan kriteria pengambilan data pada UAV dengan ketentuan overlap 70% dan sidelap 80%, dengan tinggi 60 m. Estimasi nilai Ground Distance Sampling (GSD) sebesar 2,13 cm/pixel data GSD tersebut diperoleh secara otomatis dari software dronelink. Jadi, setiap pixel pada gambar mewakili 2. pada kondisi asli. Apabila UAV terbang lebih dari 120 m, maka diwajibkan izin di ruang pengguna udara sekitar lokasi (Direktoral Jendral Infrastruktur Keagrariaan, 2017).

2. Perencanaan GCP

GCP (*Ground Control Point*) digunakan untuk koreksi geometrik dan penentuan elevasi dari data yang dihasilkan oleh UAV (Maulana, 2019). Posisi penempatan GCP dibuat sesuai dengan syarat mudah diketahui posisi letak koordinatnya. Penempatan tanda untuk GCP digunakan untuk koreksi geometrik dan penentuan nilai elevasi dari data yang dihasilkan oleh UAV. Penempatan tanda dilakukan dengan menggunakan terpal berwarna putih yang berukuran 1,5 m × 1,5 m. Titik koordinat di ukur menggunakan GPS Alpine Quest. Letak GPC koordinat yang diambil yaitu pada patok BM (GCP 1,2,3,6) di lokasi pengukuran, pojok lapangan volley (GCP 4), pojok lapangan futsal (GCP 5). Berikut seperti pada Gambar 3 persebaran titik GCP.



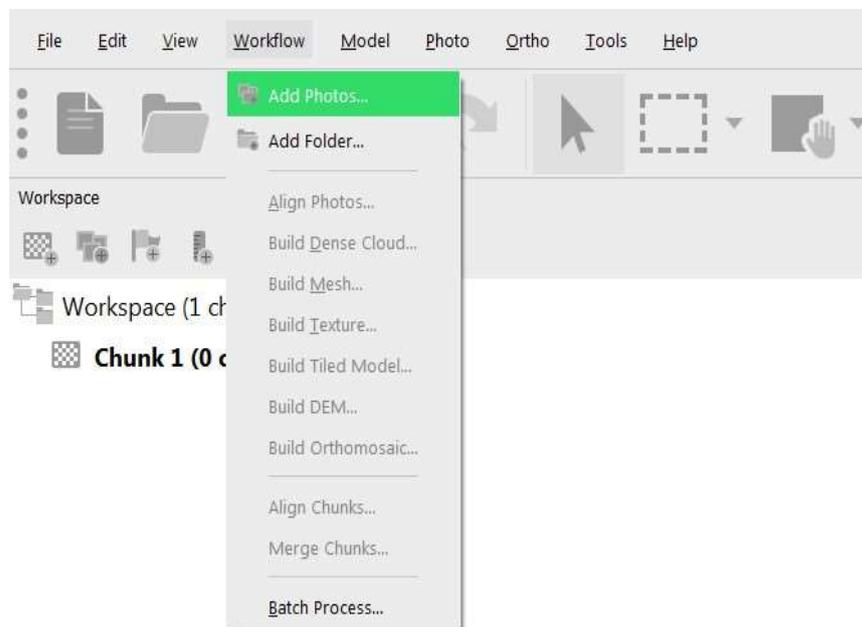
Gambar 3. Letak GCP Koordinat

3. Pembentukan Orthophoto

Digital Elevation Model (DEM) adalah data digital yang menggambarkan geometri dari bentuk permukaan bumi yang terdiri dari himpunan titik koordinat hasil sampling dari permukaan dengan algoritma yang mendefinisikan permukaan tersebut menggunakan titik koordinat (Tempfli, 1991). Penggabungan konversi foto udara menggunakan *software Agisoft Metashape Pro* dengan data GCP untuk memberikan informasi detail kondisi topografi dari Universitas Jember Kampus Bondowoso. Langkah

pengolahan menggunakan *software Agisoft Metashape Pro* dapat dilihat pada Gambar 4 yaitu *add photos, align photos, build dense cloud, build mesh, build texture, build field model, build DEM*, dan yang terakhir adalah *build orthomosaic*.

Hasil foto yang diolah menjadi bentuk *Orthofoto* menghasilkan data DSM (*Digital Surface Model*) yaitu model permukaan bumi dengan menggambarkan seluruh objek yang terlihat, dalam hal ini permukaan vegetasi di lokasi penelitian berbentuk seperti semak semak, dan pepohonan. Permukaan vegetasi sangat berpengaruh terhadap perhitungan volume galian timbunan. Oleh karena itu data DSM tersebut dirubah menjadi data DTM (*Digital Terrain Model*) menggunakan *software PCI Geomatic* guna menyelaraskan permukaan vegetasi dan meminimalisir kesalahan perhitungan volume galian timbunan.



Gambar 4. Urutan pengolahan data foto udara

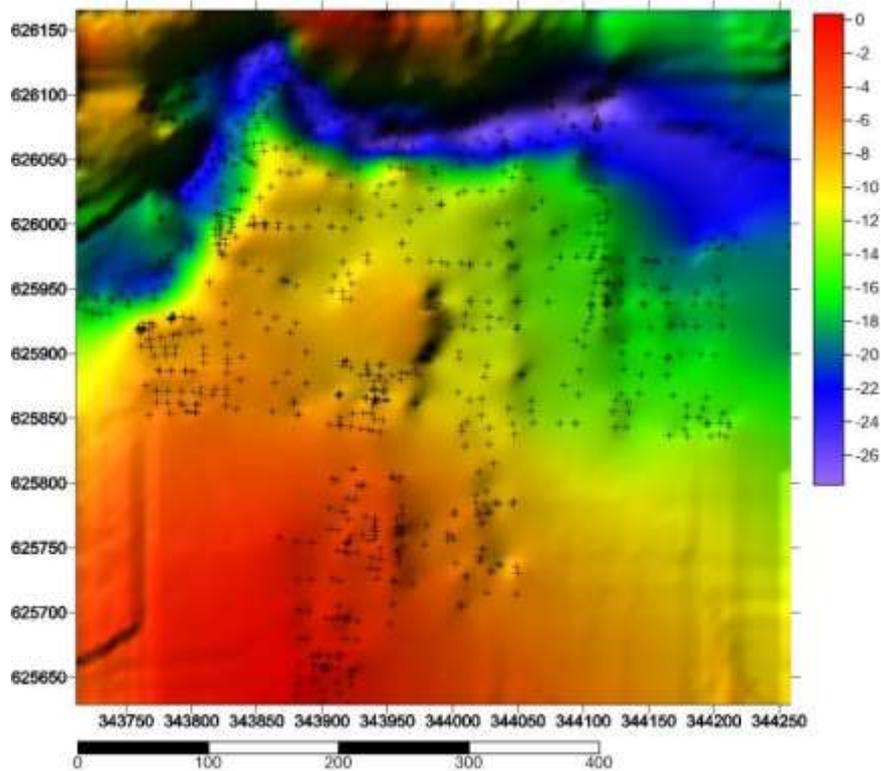
4. Akusisi Data *Total Station*

Data penelitian total station merupakan data sekunder yang didapatkan dari Badan Perencanaan Pembangunan Universitas Jember Kampus Bondowoso. Data yang diperoleh yaitu data koordinat titik tembakan X,Y, dan Z. menggunakan alat total station.

Data tersebut selanjutnya diolah menggunakan software Global Mapper untuk mengetahui bentuk 2D, 3D serta perhitungan volume. Pengolahan titik koordinat ditunjukkan pada Gambar 5 berikut.

* Corresponding author.

E-mail addresses: puthutomarsatriawan@yahoo.com



Gambar 5. Pengolahan titik koordinat

5. Perhitungan Pengukuran Horizontal (X,Y)

Hasil pengukuran koordinat yang dilakukan dengan *UAV* dan *total station* didapatkan koordinat tiap titik koreksi dan diambil sebanyak 6 titik. Kemudian, menghitung selisih koreksi menggunakan RMSE. RMSE (*Root Mean Square Error*) yaitu akar dari selisih antara nilai koordinat kuadrat *total station* dan *UAV* untuk memperoleh koreksi ketelitian dan mengetahui pengukuran menggunakan *UAV* dan *total station* bisa digunakan untuk pengukuran horizontal (X,Y) (Akbar, 2019). Selanjutnya, mencari hasil dari perhitungan RMSE tersebut dengan standar deviasi untuk mengetahui hasil akhir koreksi (Direktoral Jendral Infrastruktur Keagrariaan, 2017). Berikut pada Persamaan 1 RMSE dan pada Persamaan 2 standart deviasi.

$$RMSE = \sqrt{[X (total\ station) - X(UAV)]^2 + [Y (total\ station) - Y(UAV)]^2} \quad (1)$$

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum d}{(n - 1)}} \quad (2)$$

Keterangan :

RMSE = *Root Mean Square Error*

X = koordinat X

Y = koordinat Y

Sd = standar deviasi

$\sum d$ = jumlah total titik koordinat RMSE

n = jumlah titik koordinat acuan (Gio & Irawan, 2016)

6. Perhitungan Volume Galian dan Timbunan (Z)

Pada penelitian ini *software* yang digunakan untuk perhitungan volume adalah *Global Mapper* dan *Agisoft Metashape Pro*. Pengolahan dan perhitungan data *UAV* menggunakan *Agisoft Metashape Pro*, sedangkan data dari *total station* menggunakan *Global Mapper*. Proses mengkalkulasi volume dilakukan secara otomatis menggunakan *software* tersebut hanya dengan menentukan lokasi area rencana. Metode perhitungan volume menggunakan *software Global Mapper* dan *Agisoft Metashape Pro* dengan mengeliminasi antara dua DEM sehingga didapatkan data volume berupa data galian dan data timbunan (Garcia & Oliveira, 2020). Data galian dan timbunan digunakan sebagai data deformasi dengan *fill* sebagai *uplift* (kenaikan muka tanah) dan data *cut* sebagai data *land subsidence* (penurunan muka tanah) (Setiawan & Prasetyo, 2016). Kemudian, dilakukan perhitungan volume sesuai dengan area yang telah ditentukan. Lokasi perhitungan volume terletak pada area sekitar gedung pusat Universitas Jember Kampus Bondowoso seperti pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Area pengolahan volume

* Corresponding author.

E-mail addresses: puthutomarsatriawan@yahoo.com

3. Hasil dan Analisa

a. Analisis Pengukuran Horizontal Koordinat (X, Y)

Koordinat horizontal (X,Y) *UAV* dan *total station* diperoleh dari hasil pengecekan koordinat yang diambil pada patok BM di lokasi pengukuran, pojok lapangan volley, pojok lapangan futsal seperti pada (Gambar 3). Terdapat 6 titik pengecekan koordinat dalam penelitian ini. Titik koordinat diambil dari hasil pengolahan data *UAV* menggunakan *Agisoft Metashape Pro* dan untuk *total station* diambil menggunakan *Global Mapper*. Kemudian, menghitung selisih koreksi menggunakan RMSE (*Root Mean Square Error*) yaitu selisih antara nilai koordinat kuadrat dari *total station* dan *UAV* untuk memperoleh koreksi ketelitian dan untuk mengetahui apakah pengukuran menggunakan *UAV* dan *total station* bisa digunakan untuk pengukuran horizontal (X,Y). Kemudian mencari hasil dari perhitungan RMSE tersebut dengan standar deviasi untuk mengetahui hasil akhir koreksi. Berikut tampilan Tabel 4 yang berisi rekapitulasi koordinat X dan Y dari *UAV* dan Tabel 5 berisi rekapitulasi koordinat X dan Y dari *total station*. Setiap titik koordinat dihitung sebagai sampling titik acuan dengan rumus RMSE (*Root Mean Square Error*) dan hasil perhitungannya ditabelkan pada Tabel 6.

Tabel 4. Rekapitulasi koordinat X dan Y dari *UAV*

TITIK	KOORDINAT	KONDISI			DESIMAL
		Derajat	Menit	Detik	
1	X	113	48	14.05	113.8039028
	Y	7	54	14.05	7.9039028
2	X	113	48	15.26	113.8042389
	Y	7	54	11.36	7.9031556
3	X	113	48	16.81	113.8046694
	Y	7	54	7.86	7.9021833
4	X	113	48	15.63	113.8043417
	Y	7	54	5.97	7.9016583
5	X	113	48	21.06	113.8058500
	Y	7	54	6.31	7.9017528
6	X	113	48	23.84	113.8066222
	Y	7	54	6.4	7.9017778

Tabel 5. Rekapitulasi koordinat X dan Y dari *total station*

TITIK	KOORDINAT	KONDISI			DESIMAL
		Derajat	Menit	Detik	
1	X	113	48	18.82	113.8052278
	Y	7	54	13.87	7.9038528
2	X	113	48	15.13	113.8042028
	Y	7	54	11.52	7.9032000
3	X	113	48	16.51	113.8045861
	Y	7	54	8	7.9022222
4	X	113	48	15.64	113.8043444
	Y	7	54	5.93	7.9016472
5	X	113	48	20.95	113.8058194
	Y	7	54	6.51	7.9018083
6	X	113	48	23.42	113.8065056
	Y	7	54	5.9	7.9016389

Rekapitulasi hasil perhitungan titik RMSE dan Standart Deviasi pada Tabel 6.

Tabel 6. koreksi selisih koordinat X dan Y

TITIK RMSE	SELISIH KOREKSI
1	0.001325943
2	0.000057265
3	0.000091961
4	0.000011453
5	0.000063404
6	0.000181387
TOTAL ($\sum d$)	0.001731413
STANDART DEVIASI (Sd)	0.018608673 m

Hasil dari perhitungan akhir menunjukkan bahwa hasil koreksi ketelitian pengukuran koordinat (X,Y) dari *UAV* dan *total station* sebesar 0,01860867 m atau 1,87 cm. Hasil koreksi tersebut memenuhi ketelitian pengukuran menggunakan *UAV* sebesar 5 cm.

* Corresponding author.

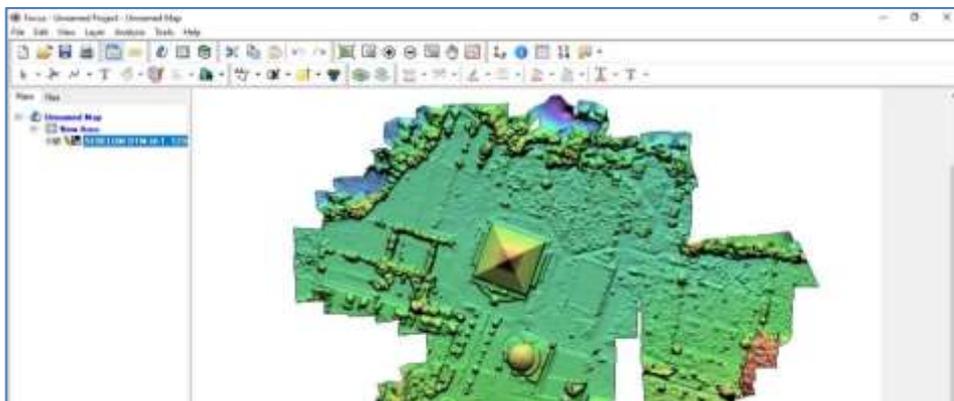
E-mail addresses: puthutomarsatriawan@yahoo.com

b. Analisis Perhitungan Elevasi (Z) dari UAV dan total station

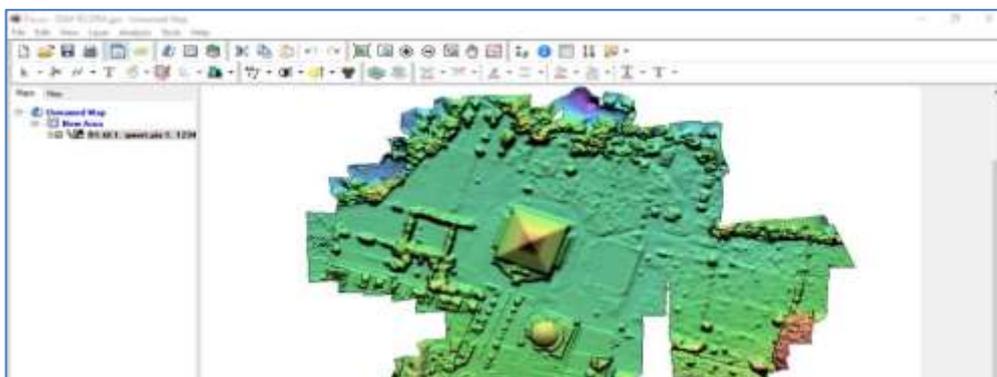
Elevasi acuan untuk perhitungan volume galian timbunan adalah base surface dari lantai Gedung Pusat Universitas Jember Kampus Bondowoso. Elevasi lantai gedung pusat berkisar -8m dari titik 0m yang berada di jalan raya dekat gerbang pintu masuk Universitas Jember Kampus Bondowoso. Kemudian mencari area yang akan dihitung volume galian dan timbunan yang berlokasi di sebelah timur dan barat dari gedung pusat Universitas Jember Kampus Bondowoso. Area rencana perhitungan volume masih banyak tertutup vegetasi alami seperti semak semak, pohon dll. Hal tersebut berpengaruh terhadap perhitungan volume yang mengacu pada elevasi tanah asli.

Pengolahan data DTM guna menyelaraskan permukaan vegetasi dan meminimalisir kesalahan perhitungan volume galian timbunan. Gambar 7 merupakan data DSM. Data DSM tersebut dirubah menjadi data DTM (Digital Terrain Model) menggunakan software PCI Geomatic. Berikut data DTM seperti pada Gambar 8.

Gambar 8 menunjukkan perubahan permukaan vegetasi yang semula terlihat berbentuk asli sesuai kondisi riil kemudian menjadi terlihat terminimalisir dan rata dengan kondisi tanah asli. Hasil data DTM di export kembali menjadi bentuk (.tiff) untuk dilakukan perhitungan volume galian timbunan menggunakan software Agisoft Methashape.



Gambar 7. Data DSM



Gambar 8. Data DTM

Hasil perhitungan volume disajikan dalam bentuk tabel seperti Tabel 7 dan Tabel 8 berikut.

Tabel 7. Hasil perhitungan menggunakan UAV

JENIS	NILAI	SATUAN
CUT VOLUME	8,753,089	m ³
FILL VOLUME	287911.287	m ³

Hasil perhitungan menggunakan *total station* dilakukan dengan *software Global Mapper*. Proses mengkalkulasi volume dilakukan secara otomatis menggunakan *software* tersebut sesuai lokasi area rencana. Didapatkan hasil perhitungan volume seperti pada tabel 8 berikut.

Tabel 8. Hasil perhitungan menggunakan *total station*

JENIS	NILAI	SATUAN
CUT VOLUME	8,813,276	m ³
FILL VOLUME	289,268,688	m ³

Pada hasil perhitungan bagian galian volume terdapat perbedaan hasil menggunakan UAV sebesar 8753,089 m³ sedangkan menggunakan *total station* sebesar 8813,276 m³, untuk presentase perbedaan volume galian didapatkan sebesar 0,682 %. Hasil timbunan volume yang didapatkan menggunakan UAV sebesar 287911.287 m³ sedangkan menggunakan *total station* sebesar 289268,688 m³, untuk presentase perbedaan volume timbunan didapatkan sebesar 0,455 %.

4. Kesimpulan

Pengukuran horisontal (X,Y) menunjukkan hasil koreksi ketelitian koordinat UAV dan *total station* sebesar 0,01860867 m atau 1,87 cm serta perhitungan presentase perbedaan volume (Z) galian sebesar 0,682 %. dan timbunan sebesar 0,455 % menunjukkan bahwa pengukuran menggunakan UAV bisa menjadi alternatif untuk pengukuran lahan.

Penelitian serupa diharapkan menggunakan *software* lain dan menggunakan UAV jenis *fix wing's* guna mengetahui perbedaan hasil akhir.

* Corresponding author.

E-mail addresses: puthutomarsatriawan@yahoo.com

Daftar Kepustakaan

- [1]. Abidin, H. Z. (2007). Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. In *Jakarta: PT Pradnya Paramita*.
- [2]. Akbar, F. R. (2019). *Pemetaan 3d Kampus Universitas Lampung Menggunakan Wahana Udara Tanpa Awak MULTI COPTER DJI PHANTOM 3 PRO*.
- [3]. Direktorat Jendral Infrastruktur Keagrariaan, K. A. dan T. R. (2017). Badan Pertanahan Nasional. *Petunjuk Teknis, Pembuatan Peta Kerja Dengan Menggunakan Pesawat UAV/Nirawak*.
- [4]. Eka Ningsih, A., Awaluddin, M., Darmo Yuwono, B., & Putra Wijaya, A. (2014). *Kajian Pengukuran dan Pemetaan Bidang Tanah Metode DGPS Post Processing dengan Menggunakan Receiver Trimble GeoXT 3000 Series*. Fakultas Teknik Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.
- [5]. Garcia, M. V. Y., & Oliveira, H. C. (2020). The Influence of Ground Control Points Configuration and Camera Calibration for DTM and Orthomosaic Generation Using Imagery Obtained from a Low-Cost Uav. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 1, 239–244.
- [6]. Gio, P. U., & Irawan, D. E. (2016). *Belajar Statistika dengan R*. USU Press.
- [7]. Maulana, F. (n.d.). *Peta Perencanaan Perumahan Menggunakan UAV dan Geodetic untuk Uji Akurasi serta Studi Komparasi Biaya Pengukuran dengan Theodolite TS* (p. 2019). Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Jember.
- [8]. Putri, K. M., Subiyanto, S., & Suprayogi, A. (2016). Pembuatan Peta Wisata Digital 3 Dimensi Obyek Wisata Brown Canyon Secara Interaktif Dengan Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 84-92.
- [9]. Robby, R. F., Sukmono, A., & Bashit, N. (2020). Pengaruh Kelas Kelerengan Tanah Terhadap Presentase Selisih Perhitungan Volume Data Terrestrial Laser Scanner dan Foto Udara Unmanned Aerial Vehicle. *Jurnal Geodesi Undip*, 9(2), 43-52.
- [10]. Setiawan, T. F., & Prasetyo, Y. (2016). Analisis Deformasi dan Volumetrik Menggunakan Metode Pengamatan 3 Dimensi Unmanned Aerial Vehicle (UAV)(Studi Kasus: Brown Canyon, Semarang). *Jurnal Geodesi Undip*, 5(4), 82–90.
- [11]. Tempfli, K. (1991). DTM and Differential Modeling, dalam Suharyadi, R., dkk. 2012. *Petunjuk Praktikum Sistem Informasi Geografis: Pedoman Spatial*. Yogyakarta: Univesitas Gajah Mada.