

Analisis Tingkat Ketelitian Penggunaan Foto Udara Format Kecil (FUFK) untuk Estimasi Perhitungan Volume Galian dan Timbunan

Amsor Chairuddin (*)

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Gunadarma. Email: amsor.chair@gmail.com

Haryono Putro

Program Studi Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Universitas Gunadarma. Email: haryono_putro@staff.gunadarma.ac.id

Abstrak

Pembangunan infrastruktur dapat diawali dengan pemilihan lahan yang tersedia, pemilihan meliputi berbagai pertimbangan seperti lokasi, akses, harga, hingga kontur lahan. Kontur lahan berpengaruh terhadap banyaknya biaya penyiapan lahan yang berkaitan dengan galian dan timbunan. Kontur lahan dapat diketahui dengan melakukan pengukuran terestris menggunakan theodolite, total station, atau RTK/GNSS. Namun, Biaya dan waktu yang diperlukan untuk pengukuran terestris tidak efisien untuk digunakan saat studi awal pemilihan lahan. Teknologi Foto Udara Format Kecil (FUFK) menjadi salah satu yang sedang dikembangkan karena lebih efisien dari sisi waktu dan biaya. FUFK diolah menjadi sebuah data DEM melalui metode stereo-plotting sehingga didapat gambaran ukuran dan kontur lahan. Namun, hasil dari ekstraksi FUFK memiliki keterbatasan ketelitian sehingga perlu dianalisa lebih lanjut ketelitiannya. Studi ini dilakukan untuk menganalisa ketelitian hasil ekstraksi FUFK secara geometrik dan menghitung kesalahan peta kontur yang dihasilkan jika dibandingkan dengan pengukuran terestris untuk pekerjaan galian dan timbunan. Studi dilakukan pada 2 lokasi dengan 9 kali percobaan tinggi terbang dan overlap yang berbeda-beda. Hasil dari studi ini secara keseluruhan ketelitian peta yang dihasilkan memiliki nilai ketelitian geometrik horizontal CE90 0,400 hingga CE90 0,158 dan nilai ketelitian vertikal LE90 0,648 hingga LE90 0,223 dan perhitungan galian dan timbunan memiliki kesalahan absolut 3.39% hingga 14.21%.

Kata-kata Kunci: Foto udara format kecil (FUFK), galian, kontur, timbunan.

Abstract

Infrastructure development can be initiated by the selection of available land, the selection includes various considerations such as location, access, price, to land contours. The contours of the land affect the many costs of land preparation related to cut and fill work. The contours can be known by taking theestris measurements using theodolite, total station, or RTK/GNSS. However, the cost and time required for the measurement of terestris are not efficient to use during land selection. Small Format Aerial Photography (SFAP) technology is one that is being developed because it is more efficient. SFAP is processed into a DEM data through stereo-plotting methods so that an overview of the size and contours of the land is obtained. However, the results of SAPF extraction have limitations in accuracy. This study was conducted to analyze the accuracy of SAPF extraction results. The study was conducted in 2 locations with 9 experiments with different flying heights and overlaps. The results of this study as a whole had a horizontal geometric accuracy value of CE90 0.400 to CE90 0.158 and a vertical accuracy value of LE90 0.648 to LE90 0.223 and calculations of cut and fill volumes had absolute errors of 3.39% to 14.21%.

Keywords: Contours, cut, fill, small format aerial photography (SFAP).

1. Pendahuluan

Pengukuran tanah diperlukan untuk menentukan posisi bangunan baik secara horizontal maupun vertikal yang akan mempengaruhi beberapa hal penting seperti desain infrastruktur, biaya, metode, peraturan, dan hal-hal terkait lainnya. Sejak dekade terakhir, pengukuran tanah menggunakan pesawat tanpa awak atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) atau biasa disebut drone telah menjadi perhatian sebagai teknologi baru untuk pemetaan topografi (Blom, 2006). UAV menjadi

perhatian karena murah, proses yang cepat, tidak memerlukan banyak partisipan, dan cocok untuk memetakan area yang sulit atau berbahaya untuk dijangkau manusia (Saadatseresht, Hashempour dan Hasanlou, 2015). Ditinjau dari efisiensi biaya pada pemetaan menggunakan metode foto udara sangat dipengaruhi oleh jenis kamera dan wahana yang digunakan. Untuk luas area yang relatif lebih kecil (± 100 Ha) pemotretan menggunakan kamera metrik menjadi tidak optimal, karena biaya operasional yang dikeluarkan tidak sebanding dengan kecilnya volume

* Penulis Korespondensi: amsor.chair@gmail.com

pekerjaan. Salah satu metode alternative adalah penggunaan kamera standar non-metrik berformat kecil sebagai instrumen pemotretan udara, metode ini dikenal dengan Small Format Aerial Photography (SFAP) (Gularso, Subiyanto dan L.M.Sabri, 2013). Perlu diteliti mengenai kemampuan FUFK untuk membuat peta kontur yang dijadikan dasar untuk menghitung volume galian dan timbunan suatu pekerjaan infrastruktur. Hasil penelitian ini dapat dijadikan acuan pra-survey dalam pembangunan infrastruktur untuk mengetahui kontur lahan baik secara visual maupun angka. Hal ini diharapkan akan memudahkan pengambilan keputusan sebelum pengukuran terestris dan perancangan sebuah infrastruktur dilakukan. Akurasi foto udara format kecil (FUFK) berada pada level sub-meter (Ahmad, 2011), sehingga perlu dianalisa kesalahannya secara geometrik dan absolut jika digunakan untuk estimasi pekerjaan galian dan timbunan.

2. Kerangka Berpikir

Permasalahan yang dibahas adalah bagaimana ketelitian geometrik peta kontur yang dihasilkan dari ekstraksi FUFK dan bertujuan untuk mengetahui nilai kesalahannya jika digunakan untuk mengestimasi pekerjaan galian dan timbunan.

Kerangka berfikir dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Terdapat pengaruh ketinggian UAV dan overlap pengambilan FUFK terhadap nilai ketelitian geometrik (CE90 dan LE90)
2. Terdapat pengaruh ketinggian UAV dan overlap pengambilan FUFK terhadap nilai kesalahan absolut estimasi perhitungan volume galian timbunan yang dihasilkan.
3. Penelitian ini dibatasi oleh variabel yang diperhitungkan dalam penelitian adalah ketinggian terbang UAV saat pengambilan foto udara 70m, 80m, dan 90m, serta overlap pengambilan FUFK 60%, 70%, dan 80%. Selain ketinggian UAV dan overlap pengambilan FUFK, variabel lain seperti kecepatan angin, jumlah cahaya, dan lainnya diasumsikan sama.

3. Landasan Teori

3.1 Penelitian terdahulu

Penelitian terdahulu berjudul “Digital Mapping using Low Altitude UAV” yang bertujuan untuk mengetahui akurasi foto udara kamera non-metrik jika digunakan untuk pemetaan digital, menggunakan UAV fix wing dan metode pola terbang tanpa GCP menghasilkan bahwa akurasi foto udara kamera non-metrik berada dibawah akurasi foto dengan kamera metrik. Akurasi foto udara non-metrik berada pada level sub-meter. (Ahmad, 2011)

Eko Artanto dalam jurnalnya yang berjudul “Pemanfaatan Pesawat Udara Nir-Awak (PUNA) Sebagai Metode Alternatif Pengumpulan Data Geospasial Pulau-pulau Kecil Terluar” yang bertujuan

untuk menguji sejauh mana ketelitian hasil pemotretan menggunakan PUNA untuk inventarisasi data geospasial khususnya di pulau kecil terluar, menggunakan UAV fix wing dan metode pola terbang overlap 80% dan GCP dengan GPS Statik menghasilkan ketelitian hingga kurang dari 20cm. (Artanto, 2014)

Penelitian Taufik Hery Purwanto yang berjudul “Pemanfaatan Foto Udara Format Kecil (FUFK) untuk Ekstraksi Digital Elevation Model (DEM) dengan Metode Stereo-plotting” yang bertujuan untuk menghitung akurasi FUFK dalam membentuk DEM dengan metode stereo-plotting untuk menghitung volume galian bukit. Hasil dari penelitian ini adalah DEM yang dihasilkan memiliki akurasi horizontal 0,121m dan akurasi vertikal 0,793m pada tingkat kepercayaan 90% dan volume bukit Jering yang digali sebesar 55.953,813m³. (Purwanto, 2017)

3.2 Stereo-plotting

Stereo-plotting adalah ekstraksi data dari sumber data berupa data radar menjadi data vektor yang dilakukan dengan cara digitasi 3 dimensi secara stereoskopis (Arfaini dan Handayani, 2016). Tahapan *stereo-plotting* dilaksanakan secara digital menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan. Agisoft dengan algoritma yang disebut *SIFT invariant* akan melakukan identifikasi titik-titik dengan kesamaan nilai *pixel* dan membentuknya menjadi model tiga dimensi. (Gularso, Rianasari dan Silalahi, 2015) Hasil dari *stereo-plotting* berupa *mass point* yang memuat informasi koordinat x, y, dan z.

Agisoft PhotoScan adalah *software* pemodelan 3D berbasis gambar yang ditunjukkan untuk menciptakan konten 3D profesional dari gambar foto. Berdasarkan teknologi rekonstruksi 3D terbaru “*multi-view*” maka memungkinkan untuk mengolah gambar dari posisi apapun baik dalam kondisi terkontrol maupun tidak terkontrol. Foto bisa diambil dari sudut manapun asalkan objek yang akan direkonstruksi setidaknya terdiri dari minimal dua foto. Penyelarasan gambar dan rekonstruksi model 3D sepenuhnya dapat dilakukan otomatis dengan perangkat lunak ini. (Agisoft, 2018)

Agisoft dapat memodelkan DEM berdasarkan *point cloud* yang diidentifikasi melalui titik-titik yang mempunyai piksel sama atau disebut sebagai *tie point*. Selanjutnya dapat dilakukan pemodelan geometri dengan membentuk *texture*, *orthomosaic*, hingga terbentuk DEM.

3.3 Ground control point

Ground Control Point (GCP) atau titik control tanah adalah titik yang terdapat pada lapangan dan dapat diidentifikasi pada foto yang mempunyai koordinat di kedua system, yaitu koordinat system tanah dan koordinat system foto. GCP diperlukan untuk kegiatan transformasi koordinat dari system koordinat tertentu ke system koordinat tanah. (Azmi, Ahmad dan Ahmad, 2014). *Independent Check Point* (ICP) pada dasarnya serupa dengan GCP tetapi ICP tidak dilibatkan dalam proses kegiatan transformasi koordinat/*georeferencing*.

ICP diperlukan untuk titik uji kesesuaian data yang dianggap lebih benar dengan data yang diuji.

GCP dan ICP yang diukur ditandai (*pre-mark*) kemudian ditempatkan pada lokasi-lokasi diatas tanah langsung yang mudah terlihat dari udara dan masuk kedalam jalur terbang UAV. *Pre-mark* dapat berbentuk tanda plus (+), X, lingkaran, dan sebagainya yang memudahkan mencari titik tengah dari *pre-mark* tersebut agar ketelitian saat pengolahan data dapat ditingkatkan. Contoh *pre-mark* dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut.

3.4 RMSE dan uji ketelitian peta dasar

Root Mean Square Error (RMSE) adalah akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai koordinat data dan nilai koordinat yang akurasi lebih tinggi dari sumber independent. RMSE digunakan untuk menggambarkan akurasi meliputi kesalahan random dan sistematis (Daramola *et al.*, 2017). Berikut persamaan RSME:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(N_i - N_j)^2}{n}} \quad (1)$$

dimana,

N_i : Nilai yang diuji

N_j : Nilai Patokan Uji yang dianggap lebih benar

n : Jumlah Data.

Pengujian ketelitian posisi dan ketinggian mengacu pada perbedaan koordinat (X, Y, Z) antara titik uji pada gambar atau peta dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada permukaan tanah. Pengukuran akurasi menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE) atau *circular error* untuk posisi horizontal dan *linear error* untuk posisi vertikal. Pada pemetaan dua dimensi yang perlu diperhitungkan adalah koordinat (X, Y, Z) titik uji dan posisi sebenarnya di lapangan. Analisis akurasi posisi menggunakan *root mean square error* (RMSE), yang menggambarkan nilai perbedaan antara titik uji dengan titik sebenarnya. Berikut rumus RMSE horizontal dan RMSE vertikal:

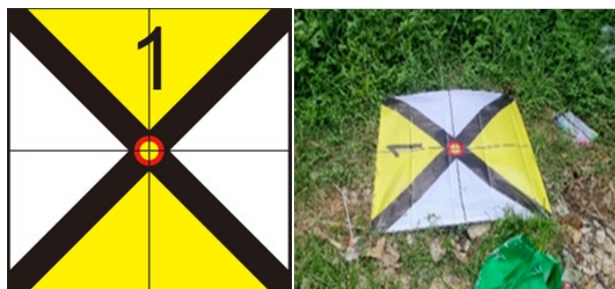
1. RSME Horizontal

$$RSMEr = \sqrt{\frac{\sum(X_d - X_c)^2 + (Y_d - Y_c)^2}{n}} \quad (2)$$

dimana,

X_d : Nilai koordinat X acuan

Y_d : Nilai koordinat Y acuan



Gambar 1. Premark GCP

X_c : Nilai koordinat X yang diuji

Y_c : Nilai koordinat Y yang diuji

n : Jumlah Data.

2. RSME Vertikal

$$RSMEz = \sqrt{\frac{\sum(Z_{data} - Z_{cek})^2}{n}} \quad (3)$$

dimana,

Z_{data} : Nilai koordinat Z acuan

Z_{cek} : Nilai koordinat Z yang diuji

n : Jumlah Data.

Ketelitian peta adalah nilai yang menggambarkan tingkat kesesuaian antara posisi dan atribut sebuah objek di peta dengan posisi dan atribut sebenarnya (BIG, 2014). Ketelitian Peta Dasar meliputi: ketelitian geometri dan ketelitian atribut.

Ketelitian Geometri adalah nilai yang menggambarkan ketidakpastian koordinat posisi suatu objek pada peta dibandingkan dengan koordinat posisi objek yang dianggap posisi sebenarnya. Komponen ketelitian geometri terdiri atas: *Circular Error 90%* (CE90) dan *Linear Error 90%* (LE90). Mengacu kepada standar sebagai-berikut US-NMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) sebagai berikut:

$$CE90 = 1,5175 \times RMSEr \quad (4)$$

$$LE90 = 1,6499 \times RSMEz \quad (5)$$

dengan,

RMSEr : RSME pada posisi x dan y

RSMEz : RSME pada posisi z

3.5 Galian dan timbunan

Perhitungan volume galian dan timbunan dilakukan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak Civil 3D by Autodesk. Civil 3D memungkinkan untuk melakukan analisa perhitungan volume galian dan timbunan per-*section* pada dua kontur yang berbeda, yaitu kontur rencana dan kontur eksisting. (Autodesk Civil 3D, 2020). Perhitungan volume per-*section* pada Civil 3D mempunyai tiga opsi metode perhitungan, yaitu sebagai berikut:

1. *Average end area* digunakan jika area galian dan timbunan diantara stasiun yang diperhitungkan memiliki bentuk yang mirip. Metode *Average end area* dihitung dengan menambahkan area galian/timbunan pada dua stasiun yang dihitung lalu dikalikan dengan jarak diantara stasiun (L) dibagi dengan jumlah stasiun yang dihitung. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$V = L/2 \times (A_1 + A_2) \quad (6)$$

2. *Prismoidal* digunakan jika kontur memiliki perbedaan yang besar diantara stasiun-stasiun yang dihitung. Secara matematis dirumuskan sebagai berikut:

$$V = L/3 \times (A_1 + (A_1 \times A_2)^{0.5} + A_2) \quad (7)$$

3. Metode *composite* menggunakan permukaan sebenarnya dan tidak menggunakan rumus perhitungan untuk menginterpolasi perhitungan volume diantara dua garis segmen. Untuk menghitung volume, Civil 3D membuat *polygon* diantara dua garis stasiun lalu menghitung volume dari *polygon* tersebut. *Polygon* dibuat dengan menggabungkan dua garis stasiun seperti yang digambarkan pada ilustrasi berikut:

4. Metode Penelitian

4.1 Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan pada dua lokasi, yaitu perumahan dan waduk. Lokasi pertama dilakukan di Perumahan Kota Baru Keandra, Jl. Nyi Ageng Serang, Sindangjawa, Dukupuntang, Sumber, Kabupaten Cirebon Provinsi Jawa Barat. Perumahan Kota Baru Keandra memiliki lahan total 30,81 Ha yang akan dibangun kawasan hunian bersubsidi. Penelitian ini akan menggunakan sebagian lahan yang ada di kawasan ini dengan luas lahan yang akan didiagnosis foto udaranya adalah ±3 Ha serta luas lahan yang dihitung galian dan timbunannya adalah ±1,77 Ha.

Lokasi kedua penelitian dilakukan di Waduk Lebak Bulus, Kecamatan Lebak Bulus, Jakarta Selatan, DKI Jakarta. Waduk Lebak Bulus memiliki luas total ±4 Ha. Penelitian ini akan menggunakan keseluruhan lahan yang ada di kawasan ini dengan luas lahan yang akan didiagnosis foto udaranya adalah ±6 Ha, meliputi area waduk, sungai inlet dan sungai outlet waduk.

4.2 Teknik pengumpulan data

Data primer dalam penelitian ini diperoleh dari kegiatan pengambilan gambar lapangan langsung menggunakan UAV. Pengumpulan data primer memerlukan alat bantu berupa perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan berupa UAV DJI sebagai alat utama untuk melakukan akuisisi data dan *Handphone* sebagai display serta pemroses aplikasi perangkat lunak. Sedangkan perangkat

lunak yang digunakan adalah Pix4D sebagai *software* penginput pola terbang UAV. Berikut bagan alir untuk memperoleh data primer tersebut (**Gambar 4**) :

Data sekunder berasal dari berbagai laporan yang diterbitkan oleh instansi yang berwenang, publikasi (textbooks, jurnal ilmiah dan sejenisnya) termasuk laporan studi terkait lainnya. Data-data yang dibutuhkan terkait dengan penelitian antara lain:

1. Data peta kontur, koordinat *ground control points* (GCP) hasil pengukuran terestris menggunakan *totalstation/geodetic* dari masing-masing lokasi.
2. Data Rencana Galian dan Timbunan dari masing-masing lokasi hasil pengukuran terestris menggunakan *totalstation/geodetic*.

4.3 Teknik pengolahan data

Teknik pengolahan data yang digunakan dalam penelitian ini akan digambarkan dengan bagan alir/*flowchart* untuk memudahkan proses analisis ke tahap berikutnya. Adapun bagan alir penyusunan penelitian ini adalah sebagai berikut (**Gambar 5**) :

5. Hasil dan Pembahasan

5.1 Stereo-plotting dan ekstraksi kontur

Tahapan yang dilakukan sebelum akuisisi foto udara dan pengoperasian UAV adalah marking GCP yang akan menjadi acuan tambahan dalam melakukan *stereo-plotting* dan ICP yang akan menjadi acuan tambahan perhitungan ketelitian hasil *stereo-plotting*. Data koordinat dari GCP dan ICP lokasi perumahan didapat melalui pengolahan pengukuran terestris yang dilakukan oleh PT. Tulus Asih Group sebagai pengembang Kawasan Kota Baru Keandra dan lokasi waduk dilakukan oleh PT. Abipraya KSO. Titik koordinat GCP dan ICP dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2** berikut ini:

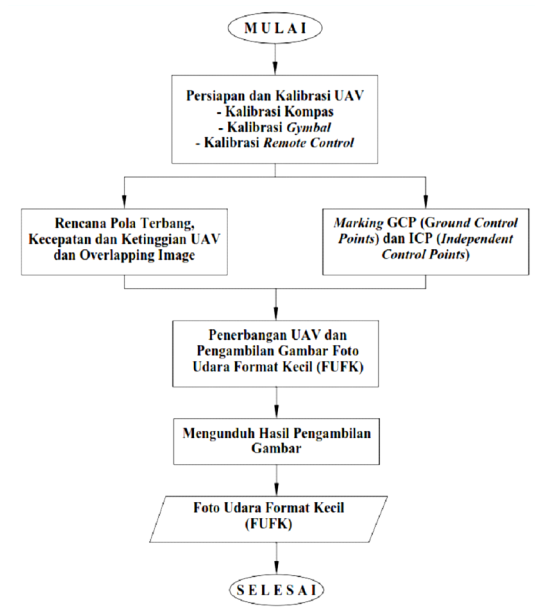
Stereo-plotting merupakan proses akuisisi data elevasi/kontur dari data foto dua dimensi. Dalam penelitian ini *stereo-plotter* atau alat yang digunakan untuk



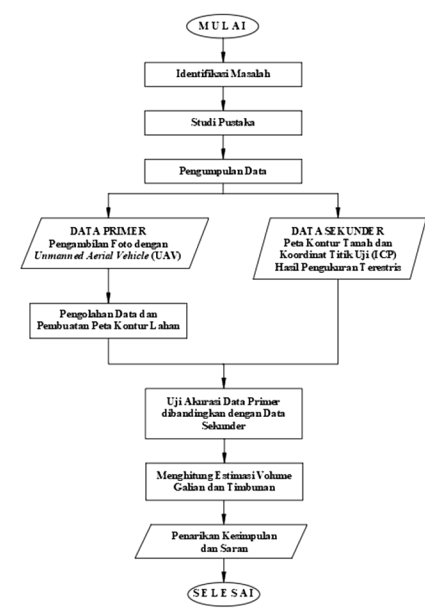
Gambar 2. Lokasi penelitian perumahan



Gambar 3. Lokasi penelitian waduk



Gambar 4. Bagan alir pengambilan data primer



Gambar 5. Bagan alir pengolahan data

melakukan *stereo-plotting* adalah sebuah *personal computer* (PC) dengan perangkat lunak *stereo-plotter* didalamnya. Perangkat lunak yang digunakan dalam pengolahan data Foto Udara Format Kecil (FUFK) penelitian ini adalah Agisoft PhotoScan. Berikut langkah-langkah akusisi data elevasi/kontur menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan. Berikut contoh hasil *stereo-plotting* pada Gambar 6 dan Gambar 7.

5.2 Analisis ketelitian geometrik peta

Perhitungan *Root Mean Square Error* (RMSE) dilakukan untuk menganalisis kesalahan atau residu dari koordinat GCP dan ICP hasil *stereo-plotting* dibandingkan dengan koordinat GCP dan ICP pengukuran terestris yang

dianggap lebih teliti. RMSE adalah akar kuadrat dari rata-rata kuadrat selisih antara nilai koordinat data dan nilai koordinat yang akurasinya lebih tinggi dari sumber *independent*. RMSE akan menghasilkan nilai mutlak rata-rata kesalahan pada peta dan kontur baik secara horizontal (RMSE_h) maupun vertikal (RMSE_v).

1. RMSE Horizontal

Contoh perhitungan berdasarkan **Persamaan (2)** RMSE horizontal untuk variasi ketinggian 70meter dan overlap 60% lokasi perumahan sebagai berikut:

$$RMSE_h = \sqrt{\frac{\sum dx^2 + dy^2}{n}}$$

$$RMSE_h = \sqrt{\frac{0.168}{9}} = \sqrt{0.019} = 0.137$$

2. RMSE Vertikal

Contoh perhitungan berdasarkan **Persamaan (3)** RMSE vertikal untuk variasi ketinggian 70meter dan overlap 60% lokasi perumahan sebagai berikut:

$$RMSE_v = \sqrt{\frac{\sum dz^2}{n}}$$

$$RMSE_v = \sqrt{\frac{0.529}{9}} = \sqrt{0.059} = 0.242$$

Residu koordinat X dan Y (RMSE_h) akan menjadi acuan perhitungan ketelitian horizontal (CE90), sedangkan residu koordinat Z (RMSE_v) akan menjadi acuan perhitungan ketelitian vertikal (LE90). Berikut contoh perhitungan CE90 dan LE90 berdasarkan **Persamaan (4)** dan **Persamaan (5)** pada RMSE variasi

Tabel 1. Koordinat titik GCP dan ICP lokasi perumahan

Titik	Terestris (m)		
	Easting	Northing	Altitude
GCP_1	218809.916	9251150.903	135.775
GCP_2	218879.846	9251057.275	128.624
GCP_3	218809.796	9250993.012	133.062
GCP_4	218753.647	9250999.178	135.373
GCP_5	218662.351	9251066.510	152.932
GCP_6	218702.212	9251150.019	148.986
ICP_1	218782.730	9251096.810	136.829
ICP_2	218838.194	9251053.867	132.771
ICP_3	218794.940	9251039.969	135.095

Tabel 2. Koordinat titik GCP dan ICP lokasi waduk

Titik	Terentris (m)		
	Easting	Northing	Altitude
BM_1	697804.277	9303212.402	34.161
BM_2	697879.461	9303200.453	35.160
BM_4	698042.653	9303269.448	33.606
BM_5	698030.407	9303228.129	32.671
MK_1	697918.197	9303120.907	34.252
MK_5	697871.414	9303339.860	33.325
MK_8	697714.155	9303208.334	33.201

pola terbang ketinggian 70meter dan Overlap 60% lokasi perumahan:

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

$$CE90 = 1,5175 \times 0,137 = 0,208$$

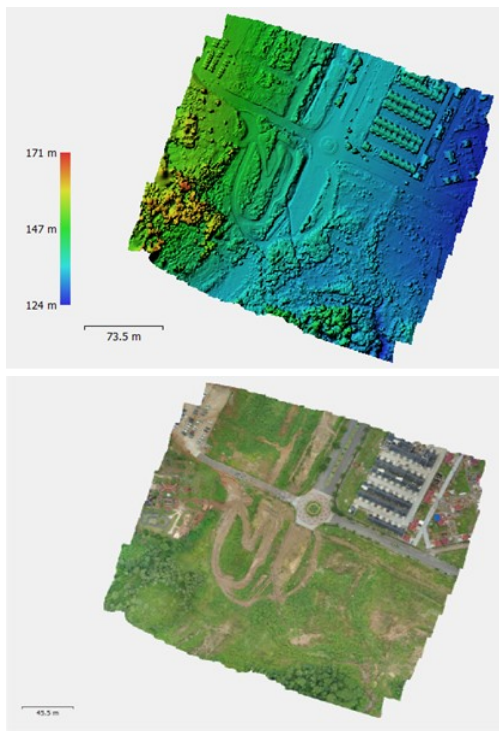
$$LE90 = 1,6499 \times RMSEz$$

$$LE90 = 1,6499 \times 0,242 = 0,400$$

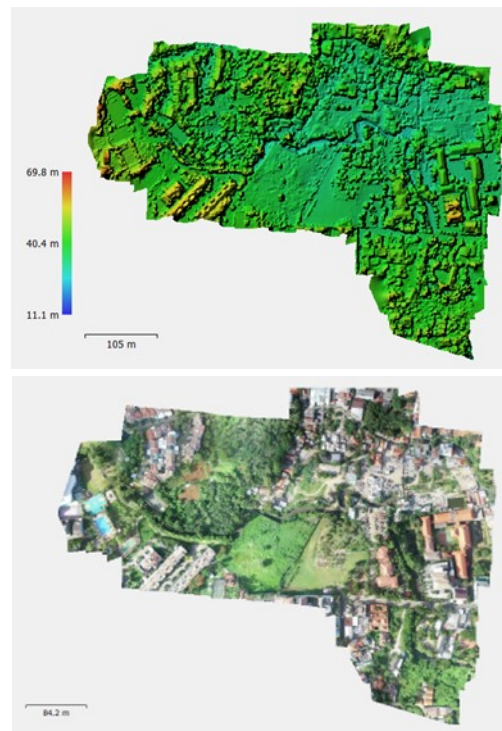
5.3 Pengaruh pola terbang terhadap ketelitian

Pola terbang berbeda memberikan hasil ketelitian geometri yang berbeda-beda pula. Berikut disajikan **Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar 11** pengaruh perbedaan pola terbang overlap foto dan ketinggian UAV terhadap ketelitian geometrik.

Gambar 8, Gambar 9, Gambar 10 dan Gambar 11 menunjukkan bahwa ketelitian geometrik horizontal (CE90) pada pola terbang dengan overlap foto yang lebih besar memberikan ketelitian yang lebih baik, pada pola terbang dengan ketinggian 70m lokasi perumahan misalnya, overlap 80% memberikan nilai CE90 0.158, yang mana lebih baik jika dibandingkan dengan overlap 70% dan 60% dengan nilai berturut-turut 0.191 dan 0.208. Sedangkan pada pola terbang dengan ketinggian UAV lebih tinggi memberikan ketelitian geometri yang lebih rendah, pada pola terbang dengan overlap 60% lokasi perumahan misalnya, ketinggian UAV 90m menghasilkan CE90 sebesar 0.336 yang mana lebih rendah jika dibandingkan ketinggian UAV 80m dan 70m dengan nilai CE90 berturut-turut 0.322 dan 0.208.



Gambar 6. Hasil DEM dan orthomosaic lokasi perumahan



Gambar 7. Hasil DEM dan orthomosaic lokasi waduk

Tabel 3. RMSEr variasi ketinggian 70m – overlap 60% lokasi perumahan

Titik	X acuan	Y acuan	X ortho	Y ortho	dX	dY	dX ²	dY ²	dX ² +dY ²
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
GCP_1	218809.916	9251150.903	218809.930	9251150.724	-0.014	0.180	0.000	0.032	0.032
GCP_2	218879.846	9251057.275	218879.870	9251057.237	-0.024	0.037	0.001	0.001	0.002
GCP_3	218809.796	9250993.012	218809.895	9250993.138	-0.100	-0.125	0.010	0.016	0.026
GCP_4	218753.647	9250999.178	218753.590	9250999.290	0.057	-0.111	0.003	0.012	0.016
GCP_5	218662.351	9251066.510	218662.337	9251066.557	0.014	-0.047	0.000	0.002	0.002
GCP_6	218702.212	9251150.019	218702.148	9251150.019	0.064	0.000	0.004	0.000	0.004
ICP_1	218782.730	9251096.810	218782.503	9251096.781	0.227	0.029	0.052	0.001	0.052
ICP_2	218838.194	9251053.867	218838.359	9251053.837	-0.165	0.030	0.027	0.001	0.028
ICP_3	218794.940	9251039.969	218794.964	9251040.039	-0.024	-0.070	0.001	0.005	0.005
Jumlah									0.168
Rata-Rata									0.019
RMSEr									0.137

Tabel 4. RMSEz variasi ketinggian 70m – Overlap 60% lokasi perumahan

Titik	Z acuan	Z ortho	dZ	dZ ²
a	b	c	d	e
GCP_1	135.775	135.747	0.028	0.001
GCP_2	128.624	128.648	-0.024	0.001
GCP_3	133.062	133.013	0.049	0.002
GCP_4	135.373	135.507	-0.134	0.018
GCP_5	152.932	152.792	0.141	0.020
GCP_6	148.986	148.319	0.667	0.445
ICP_1	136.829	136.723	0.106	0.011
ICP_2	132.771	132.777	-0.007	0.000
ICP_3	135.095	134.921	0.174	0.030
			Jumlah	0.529
			Rata-Rata	0.059
			RMSEz	0.242

Ketelitian vertikal (LE) yang ditunjukkan pada **Gambar 12, Gambar 13, Gambar 14 dan Gambar 15** menunjukkan bahwa pada pola terbang dengan overlap foto yang lebih besar memberikan ketelitian yang lebih baik. Pada ketinggian UAV 90m lokasi perumahan misalnya, overlap foto 80% memberikan nilai LE90 0.309, yang mana lebih baik jika dibandingkan dengan overlap foto 70% dan 60% dengan nilai LE90 berturut-turut 0.324 dan 0.400. Sedangkan pola terbang dengan ketinggian UAV yang lebih tinggi menghasilkan nilai ketelitian yang lebih rendah, pada pola terbang overlap foto 80% lokasi perumahan misalnya, ketinggian UAV 90m menghasilkan LE90 0.309, yang mana lebih rendah jika dibandingkan dengan ketinggian UAV 80m dan 70m dengan nilai LE90 berturut-turut 0.252 dan 0.223.

Tabel 5. Rekap hasil perhitungan RMSEr dan RMSEz lokasi perumahan

No	Variasi		RMSE	
	Ketinggian	Overlap	RMSEr	RMSEz
1	70 meter	60%	0.137	0.242
2	70 meter	70%	0.126	0.157
3	70 meter	80%	0.104	0.135
4	80 meter	60%	0.212	0.225
5	80 meter	70%	0.171	0.163
6	80 meter	80%	0.156	0.153
7	90 meter	60%	0.221	0.229
8	90 meter	70%	0.190	0.196
9	90 meter	80%	0.169	0.187

Tabel 6. Rekap hasil perhitungan RMSEr dan RMSEz lokasi waduk

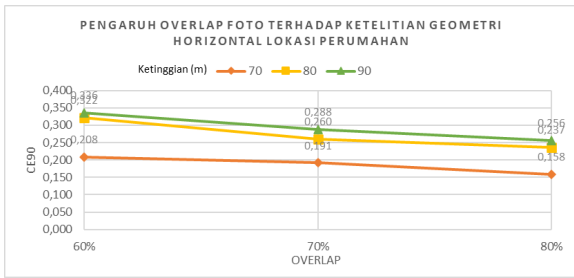
No	Variasi		RMSE	
	Ketinggian	Overlap	RMSEr	RMSEz
1	70 meter	60%	0.163	0.292
2	70 meter	70%	0.155	0.262
3	70 meter	80%	0.139	0.241
4	80 meter	60%	0.204	0.296
5	80 meter	70%	0.158	0.244
6	80 meter	80%	0.163	0.277
7	90 meter	60%	0.186	0.393
8	90 meter	70%	0.202	0.382
9	90 meter	80%	0.193	0.386

Tabel 7. Rekap perhitungan ketelitian geometri lokasi perumahan

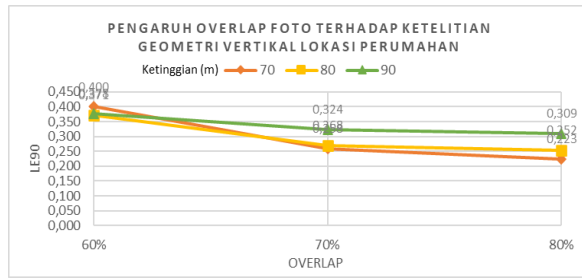
No	Variasi		RMSE		Ketelitian Geometri	
	Ketinggian	Overlap	Horizontal	Vertikal	CE90	LE90
1	70 meter	60%	0.137	0.242	0.208	0.400
2	70 meter	70%	0.126	0.157	0.191	0.258
3	70 meter	80%	0.104	0.135	0.158	0.223
4	80 meter	60%	0.212	0.225	0.322	0.371
5	80 meter	70%	0.171	0.163	0.260	0.268
6	80 meter	80%	0.156	0.153	0.237	0.252
7	90 meter	60%	0.221	0.229	0.336	0.378
8	90 meter	70%	0.190	0.196	0.288	0.324
9	90 meter	80%	0.169	0.187	0.256	0.309

Tabel 8. Rekap perhitungan ketelitian geometri lokasi waduk

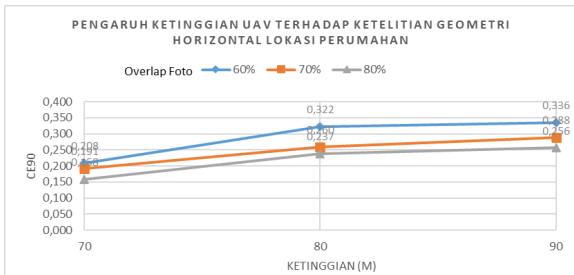
No	Variasi		RMSE		Ketelitian Geometri	
	Ketinggian	Overlap	Horizontal	Vertikal	CE90	LE90
1	70 meter	60%	0.163	0.292	0.247	0.482
2	70 meter	70%	0.155	0.262	0.235	0.432
3	70 meter	80%	0.139	0.241	0.211	0.397
4	80 meter	60%	0.204	0.296	0.309	0.488
5	80 meter	70%	0.158	0.244	0.240	0.403
6	80 meter	80%	0.163	0.277	0.248	0.457
7	90 meter	60%	0.186	0.393	0.282	0.648
8	90 meter	70%	0.202	0.382	0.307	0.630
9	90 meter	80%	0.193	0.386	0.292	0.637



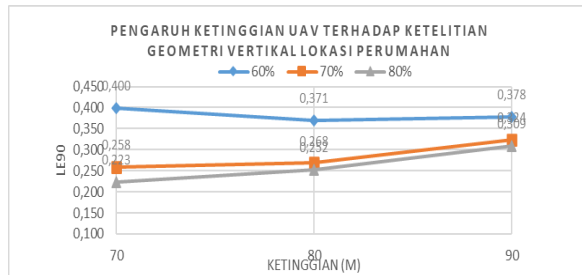
Gambar 8. Pengaruh overlap foto terhadap ketelitian geometri horizontal lokasi perumahan



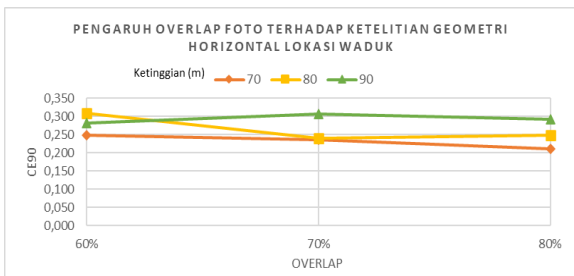
Gambar 12. Pengaruh overlap foto terhadap ketelitian geometri vertikal lokasi perumahan



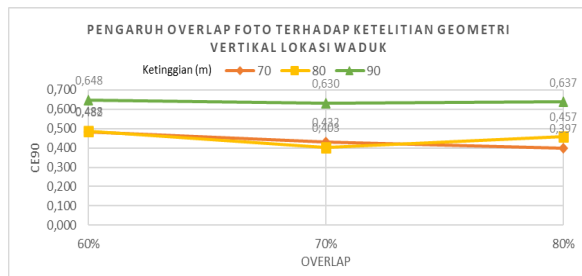
Gambar 9. Pengaruh ketinggian UAV terhadap ketelitian geometri horizontal lokasi perumahan



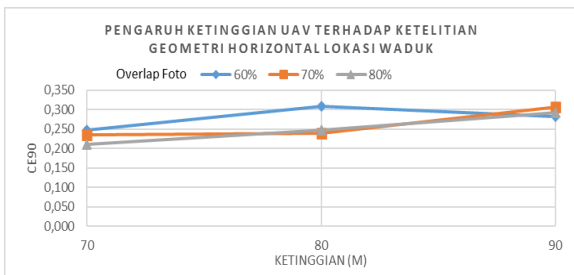
Gambar 13. Pengaruh ketinggian UAV terhadap ketelitian geometri vertikal lokasi perumahan



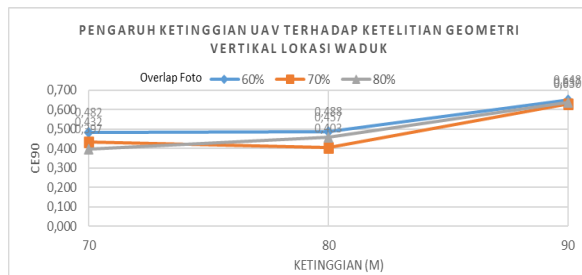
Gambar 10. Pengaruh overlap UAV terhadap ketelitian geometri horizontal lokasi waduk



Gambar 14. Pengaruh overlap foto terhadap ketelitian geometri vertikal lokasi waduk



Gambar 11. Pengaruh ketinggian UAV terhadap ketelitian geometri horizontal lokasi waduk



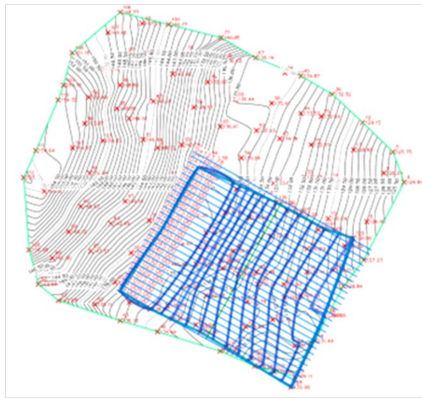
Gambar 15. Pengaruh overlap foto terhadap ketelitian geometri vertikal lokasi waduk

5.4 Perhitungan volume galian dan timbunan

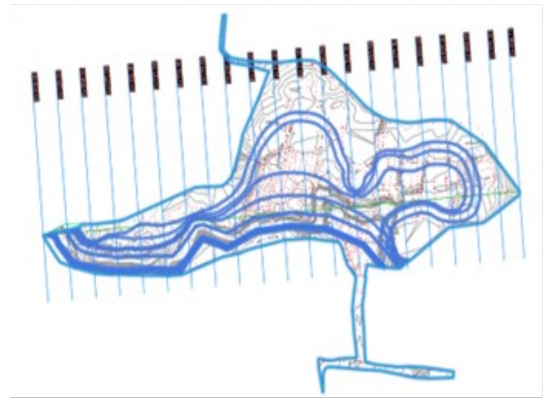
Analisis volume galian dan timbunan dilakukan dengan memotong garis kontur eksisting dengan kontur rencana. Setiap pola terbang UAV baik perbedaan ketinggian atau overlap foto memiliki ketelitian dan output kontur eksisting yang berbeda-beda, sehingga akan menghasilkan nilai volume galian dan timbunan yang berbeda-beda. Titik koordinat kontur rencana kemudian disandingkan dengan kontur-kontur hasil *stereo-plotting*. Berikut gambar yang

menunjukkan kontur rencana yang akan memotong kontur eksisting hasil pengukuran terestris:

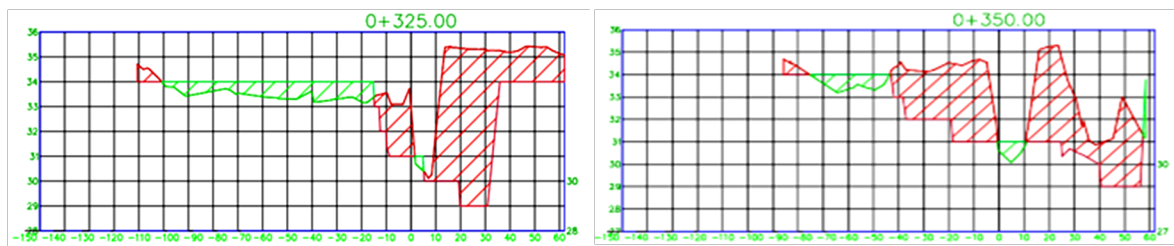
Perhitungan volume galian dan timbunan menggunakan metode *average end area* dengan pertimbangan bentuk kontur rencana yang mirip antara stasiun satu dengan lainnya. Gambar 18 merupakan contoh perpotongan area kontur rencana dan eksisting terestris pada STA 0+325 dan STA 0+350 lokasi waduk misalnya, garis merah menunjukkan area galian dan garis hijau menunjukkan area timbunan.



Gambar 16. Kontur rencana (biru) dan kontur eksisting (abu-abu) lokasi perumahan



Gambar 17. Kontur rencana (biru) dan kontur eksisting (abu-abu) lokasi waduk



Gambar 18. Contoh area galian dan timbunan

Tabel 9. Volume galian dan timbunan pada kontur terestris lokasi perumahan

STA	Area Galian	Area Timbunan	Volume Galian	Volume Timbunan	Volume Galian Kumulatif	Volume Timbunan Kumulatif
0+000	0.30	10.96	-	-	-	-
0+005	9.12	107.96	23.54	289.80	23.54	289.80
0+010	10.22	101.89	48.35	503.07	71.89	792.87
0+015	12.41	80.38	56.58	431.73	128.47	1,224.60
0+020	17.76	59.01	75.42	332.32	203.89	1,556.92
0+025	34.98	47.17	131.85	260.64	335.74	1,817.56
0+030	58.09	38.16	232.67	216.33	568.41	2,033.89
0+035	73.72	22.21	329.51	156.48	897.92	2,190.37
0+040	74.75	4.46	371.18	70.19	1,269.10	2,260.56
0+045	85.00	-	399.39	11.80	1,668.49	2,272.36
0+050	95.36	-	450.92	-	2,119.41	2,272.36
0+055	98.81	-	485.43	-	2,604.84	2,272.36
0+060	93.18	-	479.98	-	3,084.82	2,272.36
0+065	83.47	0.05	441.64	-	3,526.46	2,272.36
0+070	79.19	0.91	406.66	1.38	3,933.12	2,273.74
0+075	80.54	4.22	399.34	9.86	4,332.46	2,283.60
0+080	83.41	8.96	409.89	28.66	4,742.35	2,312.26
0+085	84.20	13.57	419.05	51.95	5,161.40	2,364.21
0+090	82.64	17.86	417.10	74.45	5,578.50	2,438.66
0+095	79.14	21.98	404.44	96.02	5,982.94	2,534.68
0+100	71.40	26.86	376.34	119.00	6,359.28	2,653.68
0+105	60.53	32.14	329.82	144.14	6,689.10	2,797.82
0+110	49.27	36.65	274.50	168.04	6,963.60	2,965.86
0+115	40.55	40.49	224.55	188.66	7,188.15	3,154.52
0+120	10.60	43.17	127.89	205.33	7,316.04	3,359.85
0+123	-	11.76	20.05	102.08	7,336.09	3,461.93

Perhitungan volume galian dan timbunan menggunakan metode *average end area* Persamaan (7) pada Gambar 18 sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{galian}} &= L/2 \times (A_1 + A_2) \\
 V_{\text{galian}} &= 25/2 \times (204,44 + 235,00) \\
 V_{\text{galian}} &= 5493,07 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Tabel 10. Volume galian dan timbunan pada kontur terestris lokasi waduk

STA	Area Galian	Area Timbunan	Volume Galian	Volume Timbunan	Volume Galian Kumulatif	Volume Timbunan Kumulatif
0+000	-	-	-	-	-	-
0+025	51.62	-	645.31	-	645.31	-
0+050	43.30	41.73	1,186.59	521.64	1,831.90	521.64
0+075	40.00	49.03	1,041.25	1,134.49	2,873.15	1,656.13
0+100	33.76	37.51	921.93	1,081.78	3,795.08	2,737.91
0+125	51.63	26.60	1,067.28	801.38	4,862.35	3,539.28
0+150	43.71	36.38	1,191.74	787.26	6,054.09	4,326.54
0+175	51.85	19.09	1,194.59	693.42	7,248.68	5,019.96
0+200	85.89	12.48	1,721.78	394.57	8,970.46	5,414.53
0+225	238.26	3.17	4,051.90	195.55	13,022.36	5,610.08
0+250	317.34	19.49	6,944.99	283.25	19,967.35	5,893.33
0+275	287.86	42.69	7,564.94	777.31	27,532.29	6,670.64
0+300	290.75	18.78	7,232.65	768.39	34,764.94	7,439.02
0+325	204.44	49.04	6,189.93	847.71	40,954.87	8,286.74
0+350	235.00	24.39	5,493.07	917.89	46,447.94	9,204.63
0+375	150.50	-	4,818.77	304.90	51,266.71	9,509.52
0+400	155.52	0.03	3,825.23	0.41	55,091.95	9,509.93
0+425	163.02	4.51	3,981.73	56.83	59,073.67	9,566.76
0+450	1.95	74.48	2,062.04	987.42	61,135.71	10,554.18
0+475	12.93	1.38	185.91	948.27	61,321.62	11,502.45
0+496	-	-	136.60	14.60	61,458.21	11,517.05

Tabel 11. Rekap nilai volume galian dan timbunan hasil ekstaksi FUFK lokasi perumahan

No	Variasi		Volume (m3)		Error Volume (m3)	
	Ketinggian	Overlap	Galian	Timbunan	Galian	Timbunan
	Pengukuran Terestris		7,336.09	3,461.93		
1	70 meter	60%	7130.35	3419.56	205.74	42.37
2	70 meter	70%	7370.92	3563.77	-34.83	-101.84
3	70 meter	80%	7326.17	3394.17	9.92	67.76
4	80 meter	60%	7490.85	3504.25	-154.76	-42.32
5	80 meter	70%	7507.76	3385.38	-171.67	76.55
6	80 meter	80%	7325.21	3374.65	10.88	87.28
7	90 meter	60%	7533.58	3427.83	-197.49	34.10
8	90 meter	70%	7424.81	3352.15	-88.72	109.78
9	90 meter	80%	7445.95	3415.13	-109.86	46.80

Tabel 12. Rekap nilai kesalahan volume galian dan timbunan hasil ekstaksi FUFK lokasi perumahan

No	Variasi		(%) Error		(%) Error ²		Jumlah	Absolute Error
	Ketinggian	Overlap	Galian	Timbunan	H ²	I ²	J+K	√L
A	B	C	H	I	J	K	L	M
1	70 meter	60%	2.80%	1.22%	0.08%	0.01%	0.09%	3.06%
2	70 meter	70%	-0.47%	-2.94%	0.00%	0.09%	0.09%	2.98%
3	70 meter	80%	0.14%	1.96%	0.00%	0.04%	0.04%	1.96%
4	80 meter	60%	-2.11%	-1.22%	0.04%	0.01%	0.06%	2.44%
5	80 meter	70%	-2.34%	2.21%	0.05%	0.05%	0.10%	3.22%
6	80 meter	80%	0.15%	2.52%	0.00%	0.06%	0.06%	2.53%
7	90 meter	60%	-2.69%	0.98%	0.07%	0.01%	0.08%	2.87%
8	90 meter	70%	-1.21%	3.17%	0.01%	0.10%	0.12%	3.39%
9	90 meter	80%	-1.50%	1.35%	0.02%	0.02%	0.04%	2.02%

$$V_{\text{timbunan}} = L/2 \times (A_1 + A_2)$$

$$V_{\text{timbunan}} = 25/2 \times (49,04 + 24,39)$$

$$V_{\text{timbunan}} = 917,89 \text{ m}^3$$

Maka volume galian diantara STA 0+325 dan STA 0+350 sebesar 5493,07 m³ dan volume timbunannya adalah 917,89 m³. Berikut Tabel 9 hasil perhitungan

volume galian dan timbunan pada kontur terestris secara keseluruhan masing-masing lokasi:

Rekap perhitungan volume galian dan timbunan pada setiap pola terbang dan besar kesalahannya terhadap pengukuran terestris disajikan dalam Tabel 11:

Tabel 13. Rekap nilai volume galian dan timbunan hasil ekstraksi FUFK lokasi waduk

No	Variasi		Volume (m ³)		Error Volume (m ³)	
	Ketinggian	Overlap	Galian	Timbunan	Galian	Timbunan
	Pengukuran Terestris		61,458.21	11,517.05		
1	70 meter	60%	58,268.89	12,961.34	3,189.32	-1,444.29
2	70 meter	70%	59,157.23	12,573.28	2,300.98	-1,056.23
3	70 meter	80%	62,719.48	10,804.28	-1,261.27	712.77
4	80 meter	60%	64,723.32	10,088.85	-3,265.11	1,428.20
5	80 meter	70%	59,000.41	12,542.00	2,457.80	-1,024.95
6	80 meter	80%	59,568.41	12,324.09	1,889.80	-807.04
7	90 meter	60%	58,376.78	13,047.81	3,081.43	-1,530.76
8	90 meter	70%	64,378.58	10,131.65	-2,920.37	1,385.40
9	90 meter	80%	58,784.24	12,860.67	2,673.97	-1,343.62

Tabel 14. Rekap nilai kesalahan volume galian dan timbunan hasil ekstraksi FUFK lokasi waduk

No	Variasi		(% Error		(% Error ²		Jumlah	Absolute Error
	Ketinggian	Overlap	Galian	Timbunan	H ²	I ²	J+K	√L
1	70 meter	60%	5.19%	-12.54%	0.27%	1.57%	1.84%	13.57%
2	70 meter	70%	3.74%	-9.17%	0.14%	0.84%	0.98%	9.91%
3	70 meter	80%	-2.05%	6.19%	0.04%	0.38%	0.43%	6.52%
4	80 meter	60%	-5.31%	12.40%	0.28%	1.54%	1.82%	13.49%
5	80 meter	70%	4.00%	-8.90%	0.16%	0.79%	0.95%	9.76%
6	80 meter	80%	3.07%	-7.01%	0.09%	0.49%	0.59%	7.65%
7	90 meter	60%	5.01%	-13.29%	0.25%	1.77%	2.02%	14.21%
8	90 meter	70%	-4.75%	12.03%	0.23%	1.45%	1.67%	12.93%
9	90 meter	80%	4.35%	-11.67%	0.19%	1.36%	1.55%	12.45%

Berdasarkan tabel perhitungan kesalahan absolut dari volume galian dan timbunan didapatkan bahwa kesalahan absolut berkisar antara 1,96% hingga 3,39% untuk lokasi perumahan, sedangkan pada lokasi waduk kesalahan absolut berkisar antara 6,52% hingga 14,21%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ketelitian perhitungan galian dan timbunan menggunakan kontur ekstraksi dari FUFK pada lokasi perumahan (minim vegetasi dan noise) memiliki kesalahan dibawah 5%, sedangkan pada lokasi waduk (banyak vegetasi dan noise) memiliki kesalahan dibawah 15%.

6. Kesimpulan

- Secara keseluruhan, ketelitian geometri produk peta yang dihasilkan dari ekstraksi Foto Udara Format Kecil (FUFK) atau *Small Format Aerial Photography* (SFAP) dengan metode *stereo-plotting* pada lokasi perumahan mencapai nilai ketelitian horizontal CE90 0,336 hingga CE90 0,158 dan nilai ketelitian vertikal LE90 0,400 hingga LE90 0,223, sedangkan pada lokasi waduk memiliki nilai ketelitian horizontal CE90 0,211 hingga CE90 0,309 dan nilai ketelitian vertikal LE90 0,397 hingga LE90 0,648.
- Volume galian dan timbunan hasil perpotongan kontur rencana dengan kontur yang dihasilkan oleh ekstraksi FUFK lokasi perumahan berkisar antara 7130,35m³ hingga 7533,58m³ untuk galian dan 3352,15 m³ hingga 3563,77 m³ untuk timbunan. Nilai Volume tersebut memiliki kesalahan absolut 3,39% hingga 1,96% dari volume pengukuran terentris lokasi perumahan yaitu 7336,09 m³ untuk galian dan 3461,93 m³ untuk timbunan. Sedangkan pada lokasi

waduk, volume yang dihasilkan berkisar antara 64.719,48 m³ hingga 58,268.89 m³ untuk galian, dan 13.047,81 m³ hingga 10.088,85 m³ untuk timbunan. Nilai Volume tersebut memiliki kesalahan absolut 6,52% hingga 14,21% dari volume pengukuran terentris lokasi perumahan yaitu 61.458,21 m³ untuk galian dan 11.517,03 m³ untuk timbunan.

- Penggunaan FUFK untuk membuat peta kontur dan menghitung volume galian dan timbunan dimungkinkan jika diberikan toleransi kesalahan dan kesempatan untuk pekerjaan tambah kurang lebih 5% sampai dengan 15% bergantung dengan keadaan vegetasi dan noise di lokasi dengan kepercayaan derajat kepercayaan 90%.

Daftar Pustaka

- Agisoft (2018) "Agisoft PhotoScan User Manual: Professional Edition," Copyright © 2018 Agisoft LLC, (Version 1.4). doi: 10.1016/j.bjps.2011.05.024.
- Ahmad, A. (2011) "Digital mapping using low altitude UAV," *Pertanika Journal of Science and Technology*, 19(SPEC. ISSUE).
- Arfaini, J. dan Handayani, H. H. (2016) "Analisa Data Foto Udara untuk DEM dengan Metode TIN, IDW, dan Kriging," *Jurnal Teknik ITS*, 5(2). doi: 10.12962/j23373539.v5i2.17382.
- Artanto, E. (2014) "Pemanfaatan Puna (Uav) Sebagai Metode Alternatif Pengumpulan Data

- Geospasial Pulau-Pulau Kecil Terluar (Utilization of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) As an Alternative Method for Collecting Geospatial Data of the Outermost Small Islands),* Badan Informasi Geospasial, 16(1), hal. 1–8.
- Autodesk Civil 3D (2020) *About Analyzing Sectional Volume Methods*. Tersedia pada: <https://help.autodesk.com/view/CIV3D/2020/ENG/?guid=GUID-1E3A9CD9-DFD6-4455-9EB1-D8E46721A0B4>.
- Azmi, S. M., Ahmad, B. dan Ahmad, A. (2014) “*Accuracy assessment of topographic mapping using UAV image integrated with satellite images,*” IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 18(1), hal. 0–6. doi: 10.1088/1755-1315/18/1/012015.
- BIG (2014) “*Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar,*” in. Bogor, Indonesia.
- Blom, J. D. (2006) *Unmanned Aerial Systems: A Historical Perspective, Human Factors in Aviation*. US Army Combined Arms Center. doi: 10.1016/B978-0-12-374518-7.00016-X.
- Daramola, O. et al. (2017) “*Assessing the geometric accuracy of UAV-based orthophotos,*” South African Journal of Geomatics, 6(3). doi: 10.4314/sajg.v6i3.9.
- Gularso, H., Rianasari, H. dan Silalahi, F. E. S. (2015) “*Penggunaan Foto Udara Format Kecil Menggunakan Wahana Udara Nir-Awak Dalam Pemetaan Skala Besar (Small Format Aerial Photography Application using UAV for Large Scale Mapping),*” Jurnal Ilmiah Geomatika, 21 (1).
- Gularso, H., Subiyanto, I. S. dan L.M.Sabri (2013) “*Tinjauan Pemotretan Udara Format Kecil Menggunakan Pesawat Modelskywalker 1680 (Studi Kasus :Area Sekitar Kampus Undip),*” Jurnal Geodesi Undip, 2(2).
- Gullickson, A. (2011) “*Map Accuracy Standards,*” *United States Geological Survey (USGS)*, hal. 125–208. doi: 10.4135/9781412990097.d13.
- Purwanto, T. H. (2017) “*Pemanfaatan Foto Udara Format Kecil untuk Ekstraksi Digital Elevation Model dengan Metode Stereoplotting,*” *Majalah Geografi Indonesia*, 31(1), hal. 73. doi: 10.22146/mgi.24246.
- Saadatseresht, M., Hashempour, A. H. dan Hasanlou, M. (2015) “*UAV photogrammetry: A practical solution for challenging mapping projects,*” *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 40(1W5). doi: 10.5194/isprsarchives-XL-1-W5-619-2015.
- Suyudi, Bambang and Subroto, T. (2014) “*Fotogrametri dan Penginderaan jauh,*” in *Kementerian Agraria dan Tata Ruang/ Badan Pertanahan Nasional*, hal. 134.