

PENGOLAHAN HASIL MAPPING MENGGUNAKAN APLIKASI AGISOFT UNTUK MENENTUKAN DIGITAL ELEVATION MODEL (DEM)

Andria Kurniawan¹, Arik Triarso²

¹Mahasiswa D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya

²Dosen D4 Teknik Sipil, Fakultas Vokasi, Universitas Negeri Surabaya

E-mail : andria.20050@mhs.unesa.ac.id

Abstrak

Metode dalam melakukan kegiatan pemetaan pun semakin berkembang seiring dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan data geospasial di berbagai bidang di suatu wilayah. Dalam menggunakan teknologi UAV ini juga perlu bantuan penggunaan Ground Control Point sebagai pengikat titik koordinat agar produk foto udara memiliki akurasi tinggi. Tujuan dari pembahasan adalah untuk mengetahui cara pengambilan data mapping atau pemetaan menggunakan teknologi drone RTK serta pengolahan data mapping menggunakan aplikasi Agisoft. Metodologi yang digunakan untuk memperoleh data-data tersebut dilakukan dengan studi pustaka, studi observasi, wawancara, dan konsultasi dengan pihak kontraktor utama. Dalam proses pengambilan dan pengolahan data mapping pada proyek dilakukan di Bandara Dhoho Internasional Airport Kediri. Pada saat pelaksanaan mapping menggunakan drone RTK di mulai penentuan dan penyebaran GCP, di lanjut dengan tahap pengolahan mulai dari tahap filltering sampai dengan orthophoto. Setelah itu, hasil olah data foto udara akan dijadikan kontur dan DEN juga akan dijadikan peta sebagai dasar perhitungan cut and fill.

Kata Kunci: Mapping, Agisoft, DEM

Abstract

Methods for carrying out mapping activities are also developing along with the increasing need for geospatial data in various fields in a region. In using UAV technology, it is also necessary to help the use of Ground Control Points as a coordinate point binder so that aerial photography products have high accuracy. The purpose of the discussion is to find out how to take mapping data using RTK drone technology and process mapping data using the Agisoft application. The methodology used to obtain these data was carried out by literature study, observation study, interview, and consultation with the main contractor. In the process of taking and processing mapping data on the project carried out at Dhoho International Airport Kediri. At the time of the implementation of mapping using RTK drones, the determination and distribution of GCPs began, followed by processing stages starting from the filltering stage to orthophoto. After that, the results of the aerial photo data processing will be used as contours and the DEN will also be used as a map as a basis for cut and fill calculations.

Keywords: Mapping, Agisoft, DEM

PENDAHULUAN

Metode dalam melakukan kegiatan pemetaan pun semakin berkembang seiring dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan data geospasial di berbagai bidang di suatu wilayah. Perkembangan teknologi untuk menunjang kegiatan survei dan pemetaan yaitu pesawat terbang tanpa awak (PTTA) yang disebut juga dengan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) (Prayogo et al., 2020), merupakan salah satu kemajuan teknologi yang ditandai dengan semakin kompleksnya pekerjaan dan peralatan survei pemetaan.

Ground Control Point (titik kontrol tanah) diperlukan dalam keakuratan pengolahan data UAV sebagai pengikat titik koordinat agar fotografi penerbangan memiliki

kepresisi yang tinggi. Penetapan dan estimasi GCP diatur dalam SNI 19-6724-2002 dan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 6 Tahun 2018 tentang pedoman teknis ketelitian peta dasar Panduan Dasar. Untuk mengolah gambar dari UAV di perlukan bantuan dari Software *Agisoft Metashape* untuk kemudian di proses menjadi *Digital Elevation Model* (DEM). DEM sendiri merupakan model terkomputerisasi yang memberikan data keadaan permukaan bumi (topografi) dalam bentuk raster, vektor atau struktur informasi yang berbeda.. Tidak hanya itu DEM juga memuat informasi ketinggian dan kemiringan yang mempermudah interpretasi (Arfaini, 2016).

Dengan inovasi UAV yang sudah diketahui masyarakat umum, terdapat peluang untuk menggunakan inovasi ini

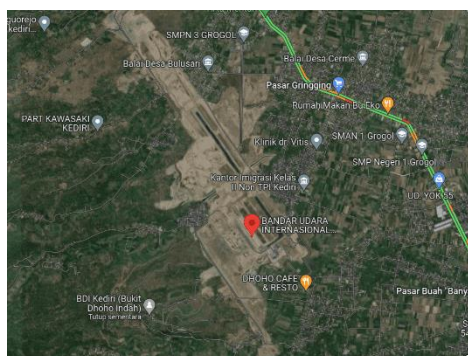
dalam pekerjaan fotogrametri, khususnya di bidang pengembangan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa dan membuat algoritma pengolahan data foto udara sehingga menjadi bentuk DEM.

METODE

Penyusunan penelitian ini menggunakan data primer dan metodologi yang digunakan untuk memperoleh data-data tersebut dilakukan dengan studi pustaka, studi observasi, wawancara, dan konsultasi dengan pihak kontraktor utama.

1. Waktu dan Lokasi

Lokasi pengambilan data berada di proyek *Dhoho International Airport* di kota Kediri, dapat di lihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Lokasi *Dhoho International Airport*.

Sumber: google

Bandara *Dhoho International Airport* merupakan bandara dengan pendanaan swasta pertama di Indonesia. Merupakan salah satu proyek yang direncanakan untuk membantu memperbaiki ekonomi wilayah selatan Jawa Timur.

2. Peralatan dan Bahan

1. Drone DJI Phantom 4 RTK
2. D - RTK 2 Mobile Station Combo
3. Titik GCP
4. Koneksi Internet
5. PC (Komputer)
6. *Software Agisoft Metashape*

3. Bagan Alir Penelitian

Tahapan dalam penelitian di jelaskan dengan diagram alir pada **Gambar 2**.

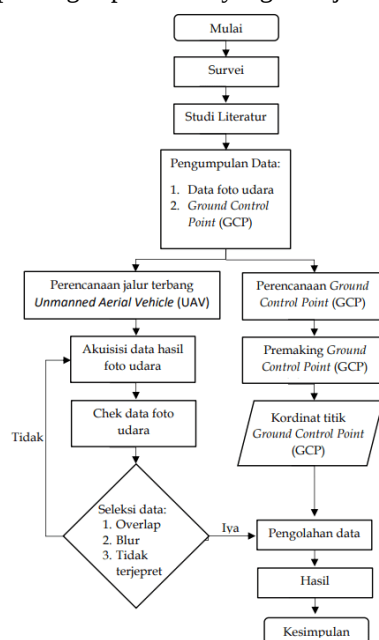
1. Persiapan

Tahap persiapan merupakan rangkaian tahap awal sebelum pelaksanaan pekerjaan dimulai. Persiapan yang matang kan membuat pekerjaan semakin terstruktur. Hal yang perlu di persiapkan adalah:

1. Pengecekan *Firmware*
2. Kalibraswi Drone
3. Pengecekan batrai
4. Pengecekan Base dan Rover
5. Pengecekan kondisi medan terban

2. Studi literatur

Studi literatur adalah tahap untuk mempelajari studi atau rangkaian kegiatan yang terkait atau serupa dengan penelitian yang dikerjakan.



Gambar 2. Diagram alir pelaksanaan

3. Survei

Survei merupakan tahapan awal yang dilakukan untuk mengetahui medan dan keadaan lokasi pekerjaan secara nyata.

4. Perencanaan Jalur terbang

Jalur terbang direncanakan menggunakan grid area supaya UAV dapat berjalan dengan autopilot serta membuat side overlap untuk memudahkan dalam pengolahan.

5. Perencanaan GCP

GCP merupakan titik dari hasil pengukuran geodetik yang akan menjadi acuan dalam pengolahan data. Titik *Ground Control Point* (GCP) berisi kordinat X dan kordinat Y yang memuat kordinat sumber dan titik kordinat. Koordinat GCP diperoleh melalui pengukuran titik kontrol tanah menggunakan perangkat keras berupa GNSS (Fikri Musoffa et al., 2021).

6. Akuisisi data

Akuisisi data dengan metode RTK. Karena titik GCP dan ICP sudah di tetapkan sehingga bisa menggunakan metode ini. Proses akuisisi data titik GCP dan ICP dilakukan setelah alat GPS RTK Base dan Rover sudah saling terintergrasi (Christovel Natar P et al., 2013).

7. Chek data

Chek data berfungsi untuk mengetahui apakah dalam pengambilan foto udara terjadi kegagalan atau tidak.

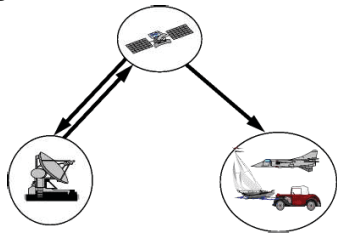
8. Pengolahan data foto udara menjadi *Digital Elevation Model* (DEM)

DEM adalah dokumen terkomputerisasi memuat kenaikan lanskap (elevasi) yang dibandingkan situasi di lapangan. Kemudian hasil DEM akan diekstrak ke dalam bentuk kontur. Hasil DEM juga dijadikan panduan. Oleh sebab itu, perlu dilaksanakan pengujian ketepatan geometris sesuai dengan standar yang berlaku (Fikri Musoffa et al., 2021).

HASIL DAN PEMBAHASAN

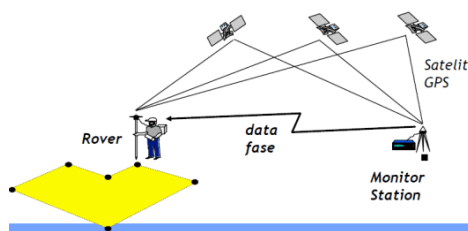
Strategi pengukuran GPS

Berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) nomor 19-6724-2002:48, GPS (*Global Positioning System*) adalah suatu sistem navigasi dan penentuan posisi yang berbasis satelit yang dimiliki serta dioperasikan oleh pemerintah Amerika Serikat. Pada dasarnya GPS terdiri dari tiga bagian utama, yaitu bagian luar angkasa yang terdiri dari satelit-satelit GPS, bagian sistem kendali yang terdiri dari stasiun-stasiun pengamatan dan pengatur satelit, dan bagian user yang terdiri dari klien GPS termasuk alat penerima dan pengelola signal GPS. Pada **Gambar 3**, terdapat ilustrasi yang menjelaskan ketiga bagian dari GPS secara skematis.



Gambar 3. Sistem GPS
(SNI 19-6724-2002:48)

Dalam pelaksanaan pengambilan data menggunakan drone (UAV), pemilihan dan pemahaman strategi yang di terapkan sangat berperan akan pencapaian kualitas. Metode yang di pakai dalam pengamatan ini menggunakan metode *Real-Time Kinematic (RTK)*.



Gambar 4. Metode RTK

Sumber: Abidin dkk, (2011)

Persebaran GCP (*Ground Control Point*)

Ground Control Point (GCP) merupakan titik ikat lapangan, titik GCP mengarahkan hasil penangan gambar ke area sebenarnya di lapangan, sehingga GCP mampu memberikan acuan arah 3D (XYZ) untuk tugas *Align Photo*. Hasil akusisi menggunakan drone untuk menentukan persebaran GCP sehingga

data yang belum dikoreksi secara geometric perlu dilakukan koreksi dengan titik ikat lapangan.



Gambar 5. *Ground Control Point*

Ground Control Point sangat diperlukan untuk mengoreksi kordinat X Y dari hasil pengolahan. Untuk foto udara, titik GCP memiliki garis dasar yang rapat. Berbeda dengan ICP, digunakan untuk proses orthorektifikasi citra satelit, dimana jarak antara mereka sekitar 2-4 km. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa foto udara menghasilkan kedalaman resolusi peta yang merupakan jenis peta detail. Namun tingkat akurasi GCP tergantung dengan GPS yang digunakan dan jumlah contoh GCP terhadap lokasi dan waktu pengambilan(Christovel Natar P et al., 2013).

Dalam pemetaan menggunakan foto udara, jarak antar baseline bisa disesuaikan dengan luas area survei dan penyebaran titik *Ground Control Point* (GCP). Penyesuaian ini penting untuk menghasilkan Model Elevasi Digital (DEM) dan Orthofoto yang akurat sesuai dengan standar yang diperlukan. Hal yang seharusnya diperhatikan dalam menempatkan point GCP sebagai berikut:

- Minimal harus ada 3 titik GCP yang terdapat dalam 2 gambar.
- Disarankan memiliki jumlah titik antara 10 hingga 15 untuk meningkatkan akurasi.
- Daerah dengan kondisi pencahayaan yang lebih baik dan struktur yang kompleks disarankan untuk memiliki jumlah titik yang lebih banyak. Penempatan titik-titik GCP harus merata untuk mengurangi kesalahan dalam skala dan orientasi.

1	9144919.968	603469.186	99.673
2	9144919.027	603469.5754	99.6732
3	9145004.896	603423.8829	99.5441
4	9145058.066	603392.1621	98.2074
5	9145206.42	603315.8522	100.944
6	9145216.195	603377.1755	99.59
7	9145291.595	603350.9972	91.9239
8	9145294.464	603129.903	77.9594
9	9145308.091	603206.529	77.0347
10	9145256.866	603198.0551	82.6203
11	9145209.565	603236.4312	99.5875
12	9145169.858	603171.0914	94.8572
13	9145152.44	603081.3634	91.5805
14	9145205.133	603019.5126	79.1612
15	9145257.486	603064.353	80.5822
16	9145350.65	602994.3059	84.0049
17	9145154.551	602868.4239	88.0427
18	9145203.062	602963.9443	86.0606
19	9145015.099	602879.8168	88.7101
20	9145061.538	602953.4501	88.0196
21	9145074.983	603041.8066	88.9184
22	9144959.458	603004.2481	115.0289
23	9144893.077	603067.8479	106.6122
24	9144820.248	603110.5425	109.5455
25	9144761.6	603022.0983	126.7796
26	9144700.38	603183.8995	111.7964
27	9144602.852	603251.0383	109.485
28	9144395.134	603270.708	104.0853
29	9144355.256	603335.6748	106.1287

Tabel 1. Koordinat GCP

Persebaran titik GCP dalam penelitian ini terdapat kurang lebih 29 titik.

Perencanaan Terbang

Perencanaan terbang merupakan salah satu langkah penting sebelum UAV diterbangkan. Dalam proses ini, ditentukan luas wilayah yang akan disurvei, durasi penerbangan, dan lokasi untuk lepas landas serta mendarat.

Selama pengambilan data, salah satu informasi yang sangat penting untuk diperhatikan adalah jalur terbang atau misi flight, karena kualitas peta bergantung pada bagaimana waypoint diatur, seberapa baik overlap setiap gambar, dan seberapa baik hasilnya. Langkah Langkah dalam perencanaan terbang:

- Luas area survei
- Jalur penerbangan
- Durasi penerbangan
- Jumlah baterai
- Kecepatan terbang
- Kemiringan medan
- Arah penerbangan
- Jumlah gambar yang akan diambil

Tidak hanya itu dalam pengoperasian UAV juga di perlukan kriteria, yang sebagai berikut :

1. Kondisi dimana dua atau lebih gambar drone bercampur satu sama lain, itu disebut "overlap". Untuk memastikan foto dapat distitching, overlap sangat penting dalam pemetaan menggunakan drone. Overlap depan disarankan 70% dan side overlap 60%, sehingga gambar 3D yang dihasilkan akan lebih baik.
2. Ketinggian terbang UAV, dalam penelitian ini drone dapat terbang hingga ketinggian 90 meter.
3. waktu yang di rekomendasikan dalam pengambilan data dengan jam efektif pukul 07.00 sampai dengan 10.00 dan pukul 14.00 sampai dengan 17.00 hal itu dikarenakan untuk menghindari eror dan pemuain pada alat saat *take off*.

Penentuan ketelitian foto udara

Ketepatan fotogrametri menunjukkan kerentanan posisi objek dibandingkan dengan posisi aslinya. Acuan keakuratan Peta Bumi Indonesia (RBI) dikeluarkan melalui Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 6 Tahun 2018 dalam perubahan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang pedoman teknis keakuratan peta dasar. Peraturan ini menjadi landasan bagi keakuratan fotografi udara. Sifat fokus GCP dan fokus ICP yang diperoleh di lapangan. **Tabel 2** menunjukkan nilai karakterisasi presisi matematis peta.

Ketelitian foto udara menunjukkan ketidakpastian posisi objek pada peta dibandingkan dengan posisi sebenarnya. Ketelitian foto udara didasarkan pada acuan yang ditetapkan dalam Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI),

yang diatur dalam Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 6 Tahun 2018. Peraturan ini menggantikan peraturan sebelumnya, yaitu Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 yang menetapkan pedoman teknis untuk ketelitian peta dasar. **Tabel 2** menunjukkan nilai klasifikasi ketelitian geometri peta.

No.	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas1		Kelas2		Kelas 3	
			Horizontal / CE90 (m)	Vertikal / LE90 (m)	Horizontal/ CE90 (m)	Vertikal/ LE90 (m)	Horizontal/ 1/ CE90 (m)	Vertika 1/ LE90 (m)
1.	1 : 1.000.000	400	200	200	300	300	500	500
2.	1 : 500.000	200	100	100	150	150	250	250
3.	1 : 250.000	100	50	50	75	75	125	125
4.	1 : 100.000	40	20	20	30	30	50	50
5.	1 : 50.000	20	10	10	15	15	25	25
6.	1 : 25.000	10	5	5	7,5	7,5	12,5	12,5
7.	1 : 10.000	4	2	2	3	3	5	5
8.	1 : 5.000	2	1	1	1,5	1,5	2,5	2,5
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	0,3a	0,3	0,5	0,5

Tabel 2 Geometri Ketelitian Peta

Kualitas geometri dibagi menjadi beberapa kategori sebagaimana tercantum dalam **Tabel 2**, berdasarkan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014. Pengujian ketepatan posisi dilakukan dengan membandingkan perbedaan susunan koordinat (X, Y, Z) antara titik uji pada gambar atau peta dengan posisi sebenarnya titik uji di permukaan tanah. Pengujian akurasi matematis dilakukan dengan memastikan nilai CE90 dan LE90 yang diperoleh sesuai dengan persamaan yang mengacu pada norma-norma yang menyertai US NMAS (US Public Guide Exactness Principles) sebagai berikut:

$$CE90 = 1.5175 \times RMSEr$$

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

Tahap pengolahan

Tahap *processing* merupakan tahapan untuk mengolah data *mapping* yang telah di ambil menggunakan drone RTK. Persyaratan, tahap pengolahan dilakukan untuk mengolah peta data yang telah diambil menggunakan drone RTK.

Pada langkah ini, data diproses untuk mencari data DEM menggunakan program Agisoft. Berikut tahapannya:

1. Tahap Filtering

Penyaringan data dilaksanakan guna menyingkirkan data yang tidak dibutuhkan ketika mengolah gambar. Prosesnya terjadi melalui pemilihan satu per satu gambar yang berkualitas dan dapat diolah lebih lanjut. Selain penyaringan data, pemeriksaan kualitas data dan kelengkapan data didalamnya juga diperlukan, seperti koordinat, waktu pengambilan, dan data penerbangan (Farid & Pi, 2019).

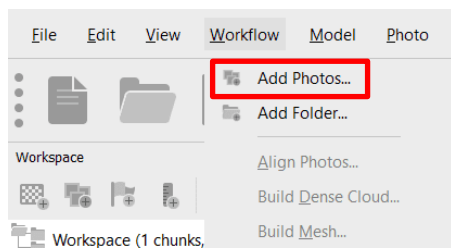
2. Tahap Orthophoto

Pada tahap ini, pengolahan data mapping dilakukan oleh software Agisoft sebagai berikut:

1) Add Photo

Menambahkan foto, pilih “**Add Photos**” di menu “**Workflow**” atau klik tombol perintah “**Add Photos**”

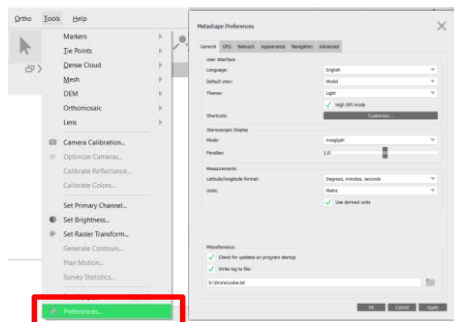
di toolbar "**Workspace**". Pada dialog perintah "**Add Photos**", pilih file yang akan diproses, lalu klik "**Open**".



Gambar 6 Add Photo

2) Preferences

Tahap ini di mulai dengan langkah langkah :

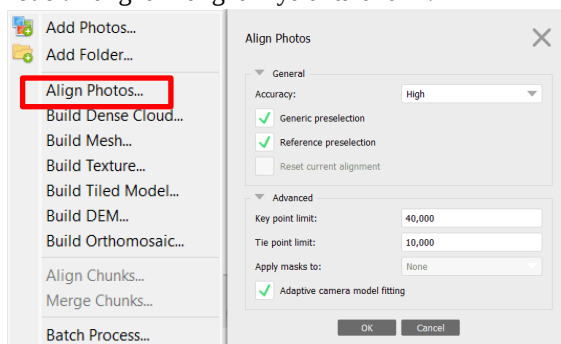


Gambar 7 Preferences

- **Stereoscopic Display** -> **Mode**: *anaglyph* (penggunaan Hardware).
- **Measurements** -> **Latitude/Longitude format** : Penulisan Sistem koordinat.
- **Write log to file**: menentukan penyimpanan file.
- **advanced** -> **Keep depth maps**: aktif.
- **Export/Import** -> **Strip file extensions from camera labels** dan **load camera calibration from XMP** meta data : aktif.
- **Miscellaneous** -> **Enable fine-level task subdivision** dan **Enable VBO support**: aktif.

3) Align Photos

Tahap ini berfungsi untuk memperkirakan posisi kamera dan mencocokkan point antar gambar yang tumpang tindih untuk membangun *sparse point cloud model*. Langkah-langkahnya antara lain :



Gambar 8 Align Photos

- Pilih **Align photo** pada **menu workflow**.
- Tentukan parameternya
- **Accuracy** : pilih **High** (Low: akurasi rendah, waktu pemrosesan lebih cepat, Medium: akurasi menengah,

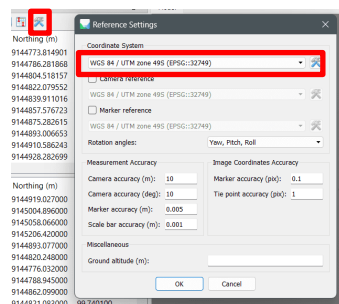
waktu pemrosesan sedang, dan High: akurasi tinggi, waktu pemrosesan lebih lama)

- **Reference preselection** : Pilih opsi "Referensi" saat posisi kamera telah diketahui.
- **Key point limit** : 40.000
- **Tie point limit** : 10.000

4) Koreksi geometri

- Optimize camera alignment

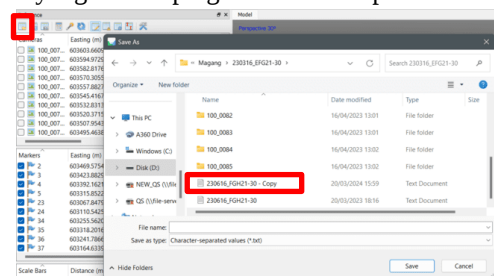
Tujuan dari tahap ini adalah untuk mendapatkan akurasi yang lebih baik. disarankan ketika koordinat GCP diketahui dengan tepat, dengan ketepatan beberapa cm berdasarkan penanda prosedur optimasi. Panel Referensi harus dipilih dengan menekan tombol Pengaturan. Kemudian, dalam menu Reference setting, pilih *coordinate system* sesuai dengan kordinat GCP..



Gambar 9 Penentuan Referensi

- Input GCP kordinat

Untuk mengimport koordinat, klik menu **Import** di toolbar **Referensi**, lalu pilih berkas yang memuat data kordinat data GCP pada dialog **Open**. Pembatasan ditampilkan sesuai dengan struktur *file* saat mengimpor dialog CSV. Selain itu, dapat dilihat bahwa karakter "#" digunakan untuk menunjukkan garis yang tidak dipergunakan dalam penomoran baris.

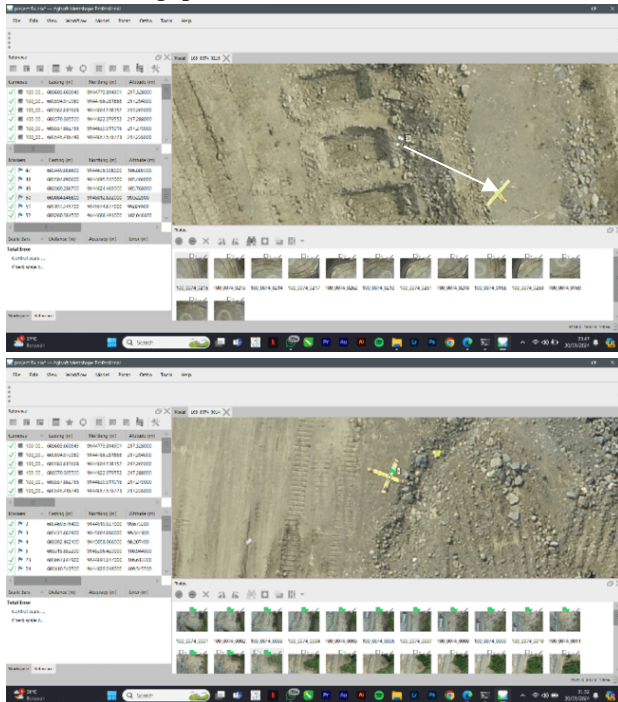


Gambar 10 input koordinat GCP

- Koreksi foto dengan data GPS geodetic

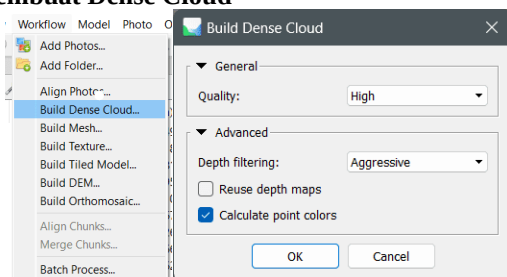
Setelah geometri selesai, klik dua kali pada panel **Foto** untuk membuka gambar yang menampilkan GCP dalam **Photos View**. Perbesar gambar untuk menemukan GCP dengan memilih buat **Marker** dari menu konteks foto. Menu ini bisa ditemukan dengan mengklik kanan pada foto yang sudah dibuka, lalu memilih opsi penanda pada bagian **Referensi**. Selanjutnya, *filter* gambar berdasarkan opsi penanda di panel **Referensi**. Buka setiap gambar di mana penanda terlihat. Sambil menekan tombol kiri *mouse*, perbesar

dan tarik penanda ke tempat yang benar. Untuk setiap GCP, ulangi prosedur ini.



Gambar 11 Koreksi foto Dengan Data GPS Geodetik

5) Membuat Dense Cloud

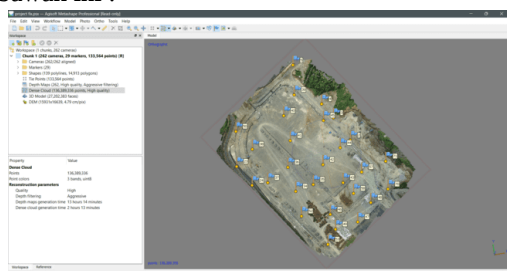


Gambar 12 Dense Cloud

Berdasarkan sudut pandang kamera, program ini mengolah informasi mengenai kedalaman untuk setiap kamera, lalu menggabungkannya menjadi satu kumpulan titik yang padat. Prosesnya ini dilakukan sebagai berikut:

- Pilih **“build dense cloud”** pada menu **“Workflow”**.
- Tentukan parameter untuk **“build dense cloud”**.
 - **Quality**: pilih low, meium atau hight
 - **Depth filtering** : **agresive**

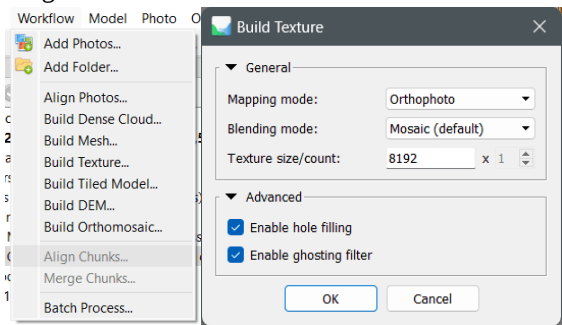
Untuk hasil dari *render dense cloud* seperti gambar di bawah ini :



Gambar 13 Dense Cloud

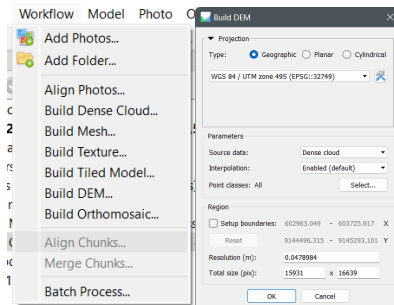
6) Membuat Textur

Langkah ini diperlukan untuk memeriksa model bertekstur sebelum di ekspor. Langkah-langkahnya sebagai berikut :



Gambar 14 Option Textur

- Pilih **“Build Textur”** di panel **“workflow”**
- Tentukan parameter untuk **Build Texture**.
 - **Mapping mode**: **orthophoto**
 - **Blending Mode**: **Mosaic**
 - **Teksture size/Count**: Tinggi dan lebar dari atlas tekstur dalam pixel.
- 7) **Enable color correction**: Centang
- 8) **Membuat DEM**

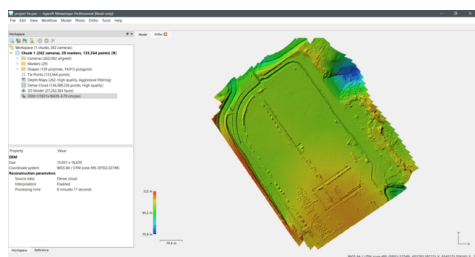


Gambar 15 Build DEM

Dense Cloud atau *Mesh* dapat digunakan untuk menghasilkan *Digital Elevation Model (DEM)* atau model elevasi digital. Cara yang dilakukan untuk membuat *Mesh* antara lain dengan memilih **“Build DEM”** pada menu **“Workflow”**. Secara aturan, kerangka arah harus sesuai dengan pengaturan referensi sebelumnya.

Hasil Pengolahan Menggunakan Software Agisoft

Hasil dari pekerjaan fotogrametri adalah model elevasi digital (DEM), citra yang sudah direktifikasi menjadi ortofoto, serta fitur-fitur yang telah diekstraksi dalam bentuk vektor (Fikri Musoffa et al., 2021). Menurut (Hadi, 2007), DEM merupakan file digital yang berisi elevasi medan yang sesuai dengan lokasinya di lapangan dengan interval horizontal yang teratur. Kemudian, hasil olah data foto udara akan dijadikan kontur dan DEM juga akan dijadikan peta, sehingga diperlukan ketelitian geometri. Berikut merupakan gambar hasil pengolahan **software agisoft**.



Gambar 16 DEM

Hasil pemrosesan DEM kemudian akan diuji keakuratannya secara geometris sesuai PerBIG No. 6 Tahun 2018 dengan menghitung nilai CE90 dan LE90. Hasil perhitungan CE90 dan LE90 dapat dilihat pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

TITK	(DX)	(DX) ²	(DY)	(DY) ²	(DX) ² + (DY) ²
2	0,011996	0,000144	-0,004290	0,000018	0,000162
3	0,026658	0,000711	0,007323	0,000054	0,000764
4	-0,029967	0,000898	0,014153	0,000200	0,001098
5	0,018122	0,000328	-0,035401	0,001253	0,001582
23	-0,001262	0,000002	-0,001652	0,000003	0,000004
24	0,007561	0,000057	-0,004595	0,000021	0,000078
34	-0,020079	0,000403	0,040169	0,001614	0,002017
35	0,022691	0,000515	-0,016692	0,000279	0,000794
36	-0,059066	0,003489	0,056388	0,003180	0,006668
37	-0,029804	0,000888	-0,0495	0,002450	0,003339
38	0,041732	0,001742	0,015112	0,000228	0,001970
39	-0,004719	0,000022	0,014656	0,000215	0,000237
40	0,006385	0,000041	-0,008514	0,000072	0,000113
41	0,037768	0,001426	-0,053541	0,002867	0,004293
42	-0,062522	0,003909	0,086996	0,007568	0,011477
43	0,010168	0,000103	0,01174	0,000138	0,000241
44	0,010525	0,000111	0,005066	0,000026	0,000136
45	0,046945	0,002204	-0,011461	0,000131	0,002335
46	0,024207	0,000586	-0,017392	0,000302	0,000888
47	-0,021545	0,000464	-0,029687	0,000881	0,001346
48	0,013107	0,000172	0,065433	0,004281	0,004453
49	-0,005424	0,000029	0,001835	0,000003	0,000033
50	-0,000485	0,000000	-0,012774	0,000163	0,000163
52	0,081861	0,006701	-0,079269	0,006284	0,012985
53	-0,029971	0,000898	0,002475	0,000006	0,000904
57	-0,010788	0,000116	-0,017243	0,000297	0,000414
58	-0,086189	0,007429	-0,022283	0,000497	0,007925
70	0,000844	0,000001	0,020813	0,000433	0,000434
71	0,013342	0,000178	-0,002488	0,000006	0,000184
Jumlah		0,067039			
Rata Rata		0,002312			
RMSEr		0,033974			
Akurasi CE90		0,05350905			

Tabel 3 Perhitungan CE90

Uji akurasi Horizontal (CE90):

$$CE\ 90 = 1,5175 \times RMSr$$

$$CE\ 90 = 1,5175 \times 0,033974$$

$$CE\ 90 = 0,05350905m$$

TITK	(D Z)	(D Z) ²
2	-0,016565	0,000274399

3	0,016025	0,000256801
4	-0,037743	0,001424534
5	0,043783	0,001916951
23	-0,005991	3,58921E-05
24	-0,001694	2,86964E-06
34	0,00046	2,116E-07
35	-0,017402	0,00030283
36	-0,001931	3,72876E-06
37	-0,014056	0,000197571
38	-0,010706	0,000114618
39	0,000735	5,40225E-07
40	0,013045	0,000170172
41	0,02824	0,000797498
42	-0,033285	0,001107891
43	-0,001926	3,70948E-06
44	0,014588	0,00021281
45	0,023565	0,000555309
46	0,017982	0,000323352
47	-0,02036	0,00041453
48	0,038295	0,001466507
49	-0,053312	0,002842169
50	0,005398	2,91384E-05
52	0,015904	0,000252937
53	0,067615	0,004571788
57	0,043159	0,001862699
58	-0,017082	0,000291795
70	-0,02298	0,00052808
71	-0,012624	0,000159365
Jumlah		0,020120698
Rata Rata		0,000693817
RMSEz		0,02634
Akurasi LE90		0,043458366

Tabel 4 Perhitungan LE90

Uji akurasi Vertikal (LE90):

$$LE\ 90 = 1,6499 \times RMSEz$$

$$LE\ 90 = 1,6499 \times 0,02634$$

$$LE\ 90 = 0,043458366m$$

Hasil dilakukannya uji ketelitian geometrik dengan cara menghitung CE90 dan LE90 dan di dapatkan hasil CE90 = 0,05350905m dan LE90 = 0,043458366m. Hal ini menunjukkan bahwa ketelitian geometrik sesuai dengan standar yang berlaku. Uji dilakukan pada skala 1:2500 kelas 1 dan peta skala 1:1000 kelas 1. Namun, hasil tersebut belum optimal karena perhitungan CE90 dan LE90 menggunakan nilai RMSE dari pengikatan GCP. Seharusnya, dalam menguji ketelitian peta, digunakan titik ICP agar hasilnya lebih akurat.

PENUTUP

Simpulan

Dari kegiatan yang dilakukan dan berdasarkan informasi yang di dapat dari uraian diatas, maka dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut:

1. *Ground Control Point* diperlukan untuk mengkoreksi sumbu XY dan koordinat dari hasil foto udara. Karena foto udara menghasilkan jenis peta detail dengan kedalaman resolusi yang lebih tinggi, point GCP dalam foto udara memiliki Garis dasar lebih rapat. Namun, akurasi GCP sangat bergantung pada jenis GPS yang digunakan, jumlah contoh GCP terhadap lokasi, dan waktu penyebaran. Dalam penelitian ini, terdapat kurang lebih 24 titik.
2. Dalam tahap pengolahan (*processing*) data mapping yang telah di ambil menggunakan drone RTK. Tahap ini dilaksanakan Ketika data UAV memenuhi. Pada tahap ini, data di olah menggunakan *software agisoft* untuk mencari data DEM. Tahap ini terbagi menjadi dua bagian, yaitu tahap *filtering data* dan tahap *orthophoto*.
3. Berdasarkan PerBIG No 6 Tahun 2018 dilakukan uji ketelitian geometrik dengan cara menghitung CE90 dan LE90 dan di dapatkan hasil CE90 = 0,05350905m dan LE90 = 0,043458366m.

DAFTAR PUSTAKA

- Arfaini, J. (2016). Pembuatan Dem (Digital Elevation Model) Menggunakan Metode Tin, Idw, Dan Kriging Dari Data Foto Udara. *Intitut Teknologi Sepuluh Novemner*, 5–21.
- Christovel Natar P, L.M. Sabri, & Awaluddin, M. (2013). analisis akurasi model 3 dimensi bangunan dari foto secara tegak dan miring (Studi Kasus : Gedung Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro). *Jurnal Geodesi*, 1(1), 1–45.
<https://doi.org/10.22437/jpb.v21i1.5101%0APENG>
- ARUH
- Farid, F., & Pi, S. (2019). Pedoman Praktikum Analisis Pemetaan Data Drone Menggunakan Agisoft. *Modul Praktikum*. <http://msp.trunojoyo.ac.id/wp-content/uploads/2018/07/PEDOMAN-PRAKTIKUM-ANALISIS-DATA-DRONEMENGGUNAKAN-AGESOFT.pdf>
- Fikri Musoffa, M., Sukmono, A., & Ulum, Z. (2021). Kajian pemanfaatan metode fotogrametri dengan UAV low coast untuk pekerjaan cut and fill pada pembangunan bandara Dhoho Kabupaten Kediri. *Prosiding FIT ISI*, 1, 332–339.
- Hadi, B. S. (2007). Dasar-Dasar Fotogrametri. *Dasar Dasar Fotogrametri*, 1–152.
- Prayogo, I. P. H., Manoppo, F. J., & Lefrandt, L. I. R. (2020). Pemanfaatan Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Quadcopter Dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka Ground Control Point (GCP). *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 10(1), 6.
- SNI 19-6724-2002 Jaring kontrol horizontal