



Digitalisasi Pemetaan Topografi Menggunakan Alat Drone dan Perhitungan Ketelitian dengan *Ground Control Point (GCP)*

(Studi Kasus: Area Pembangunan Perumahan Citraland Winangun)

Fenny Moniaga¹, I Gede Yohan Kafrain², Anatasya G. O. Piyoh³
Fakultas Teknik, Teknik Sipil, Universitas Katolik De La Salle, Manado ^{1,2,3}
E-mail: fmoniaga@unikadelasallemail.ac.id

Abstrak

Perkembangan teknologi telah mendorong penggunaan drone untuk pemetaan topografi yang hemat biaya dan waktu dibandingkan dengan metode konvensional yang memiliki nilai error cenderung lebih besar. Pada penelitian yang dilakukan di area pengembangan perumahan Citraland Winangun, dilakukan penentuan kondisi topografi dan keakuratan proses pemetaan menggunakan drone dengan Ground Control Point (GCP). Data yang diperlukan meliputi koordinat GCP yang diperoleh dari GPS dan foto udara yang diambil oleh drone. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Area tersebut telah mengalami proses pematanan lahan, dengan penyesuaian ketinggian yang dilakukan sesuai dengan rencana pembangunan perumahan. Elevasi tertinggi yang tercatat di area tersebut adalah 87,4 meter, sedangkan elevasi terendah adalah 67 meter. Elevasi GCP berkisar antara 72meter hingga 79,4 meter. Dari segi akurasi, data GCP yang dihitung dari peta yang dihasilkan drone memiliki nilai kesalahan (error) horizontal sebesar 0.000048 m dan nilai ketelitian vertikal sebesar 3.4meter jika dibandingkan dengan data GCP yang diperoleh dari pengambilan data di lapangan dengan menggunakan GPS.

Kata Kunci: Drone, Ground Control Point (GCP), Pemetaan.

Abstract

Technology development has encouraged the use of drones for topographic mapping, which is cost and time-effective compared to conventional methods with relatively larger error values. This research was conducted in the Citraland Winangun residential development area to determine the topographic conditions and accuracy of the mapping process using drones with Ground Control Points (GCPs). The required data includes GCP coordinates obtained from GPS and drone aerial photographs. The results show that the area has undergone a land settlement process, with elevation adjustments made by the residential development plan. The highest elevation recorded in the region is 87.4 meters, while the lowest elevation is 67 meters. GCP elevations ranged from 72 meters to 79.4 meters. Regarding accuracy, the GCP data calculated from the drone-generated map has a horizontal error value of 0.000048 m and a vertical accuracy value of 3.4 meters compared to the GCP data obtained from field data collection using GPS.

Keywords: Drone, Ground Control Point (GCP), Mapping.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan dan perubahan zaman serta percepatan pertumbuhan perekonomi di Indonesia, pembangunan infrastruktur baik dari pemerintah dan juga swasta



menjadi semakin marak. Dalam tiap pembangunan, efisiensi waktu dan biaya menjadi faktor yang perlu diperhatikan, kecepatan dan ketepatan waktu serta biaya akan sangat bermanfaat kepada semua pihak (Wulan, 2016). Adapun pada saat ini, Salah satu teknologi yang sedang berkembang untuk pemetaan topografi, yang dalam pelaksanaannya tidak perlu mengeluarkan biaya besar dan juga hanya perlu waktu yang singkat, yaitu pemetaan topografi dengan menggunakan alat yang disebut pesawat tanpa awak dikenal dengan Drone dan untuk mengendalikannya hanya melalui pengendali/*remote* dari jauh ataupun alat ini dapat mengendalikan dirinya sendiri melalui program *Unmanned Aerial Vehicle-UAV* (Sofiyanti, 2011).

Drone memiliki beberapa kelebihan yang dapat bersaing dengan alat-alat pemetaan topografi lainnya, seperti dalam pemetaan topografi suatu area yang luas, drone dapat dengan singkat memperoleh data topografi daerah tersebut. Drone sendiri juga dapat memetakan dengan detail suatu daerah yang cukup ekstrim dan berbahaya apabila dipetakan menggunakan alat ukur yang memerlukan tenaga manusia langsung, seperti suatu daerah dengan lereng yang terjal (Subakti, 2017). Menurut (Prayogo dkk., 2020) untuk pengambilan objek kawasan, sedangkan pengukuran *Ground Control Point (GCP)* menggunakan metode *Real-Time Kinematic (RTK)*. Hasil penelitian yang dilakukan di Kampus Universitas Sam Ratulangi menghasilkan resolusi spasial yakni 4.4 Cm/Pixel. Dari uji akurasi koordinat planimetris hasil pemetaan foto udara didapatkan nilai CE90 sebesar 0,05 m dan nilai LE90 sebesar 0.12 yang berarti bahwa uji akurasi horizontal ketelitian peta memenuhi untuk skala 1:1000 yaitu masuk kedalam orde kelas 1 dengan ketelitian maksimum sebesar 0,3 meter. *Report root mean square error (RMSe)* untuk ketelitian hasil pengukuran menggunakan *unmanned aerial vehicle (UAV)* drone menggunakan titik kontrol tanah (*GCP*) mendapatkan nilai error horizontal sebesar 0.05 m dan vertikal 0.12 m, sedangkan error hasil pengukuran menggunakan *unmanned aerial vehicle (UAV)* drone tanpa titik kontrol tanah (*GCP*) mendapatkan nilai error horizontal sebesar 2.54 m dan vertikal 0.78 m. Survey pemetaan menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* jauh lebih cepat dan efisien berbeda dengan metode konvensional. Disamping menghemat waktu dan biaya, luas Universitas Sam Ratulangi yaitu 35 Ha dapat diselesaikan dengan waktu \pm 3 Jam. Penelitian dari (Geraldo, 2022) diperoleh hasil perbandingan ketelitian pemetaan dengan metode fotogrametri/*Unmanned aerial Vehicle (UAV)* dengan menggunakan Total Station adalah 0.709 m untuk nilai error horizontal dan 0.351 m untuk nilai error vertikal sedangkan dengan menggunakan metode Fotogrametri/*Unmanned aerial Vehicle (UAV)* tanpa Total Station mendapatkan nilai error horizontal sebesar 2.441 m dan vertikal sebesar 0,797 mendasari dari kedua penelitian terdahulu tersebut bahwa penggunaan alat drone sangat efisien dan efektif pada pengambilan objek dan akurasi data serta ketelitian pemetaan pada saat pengambilan data dengan perhitungan menggunakan *Ground Control Point (GCP)*. Adapun penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kondisi topografi pada bentuk permukaan tanah asli, area yang ditinjau juga hasil data ukur pemetaan menggunakan Drone dengan *Ground Control Point (GCP)*. Urgensi dari penelitian ini yakni menghasilkan suatu model pengambilan data yang cepat, akurat dengan memiliki tingkat ketelitian akurasi perhitungan yang tepat.

1.1 Dasar Teori

Survei topografi digunakan untuk menentukan konfigurasi medan ditentukan pada tanda serta posisi yang alami buatan manusia dan alamiah di permukaan bumi ini berupa data yang diperlukan dalam menggambarkan bentuk permukaan bumi melalui garis ketinggian atau garis kontur (Wulan, 2016) Pada permukaan bumi terdapat garis yang berupa garis yang menghubungkan titik-titik yang sama tingginya dari atas permukaan laut yang dalam pemetaan topografi disebut garis kontur. Terlihat pula garis-garis ini tidak lurus, tetapi sebaliknya berbelok-belok dan tertutup dimana bentuk ini merupakan suatu garis kontur yang menggambarkan bentuk sebenarnya permukaan bumi itu. Garis kontur ini digambarkan dengan interval vertikal yang tetap, dimana interval kontur adalah jarak vertikal antara dua garis ketinggian yang ditentukan berdasarkan skalanya. Garis kontur dapat dibuat dengan memproyeksikan garis vertikal

perpotongan bidang horizontal dengan permukaan bumi ke bidang horizontal peta. Karena peta pada umumnya dibuat dengan menggunakan skala, garis kontur juga akan diperkecil sesuai dengan skala peta. Berikut ini adalah contoh gambar garis kontur tampak atas yang disertai dengan gambar potongan untuk mengilustrasikan permukaan dalam dua dimensi (Senduk, 2021).



Gambar 1. Garis Kontur (Senduk, 2021)

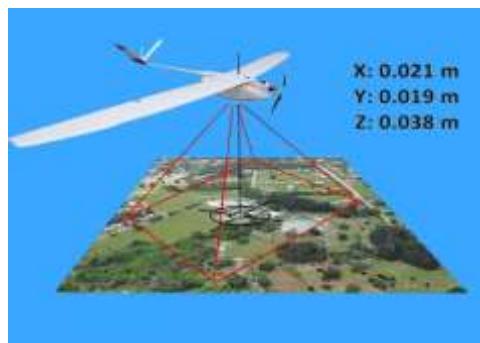
Teknik pemetaan topografi adalah kegiatan yang dilakukan langsung di kerjakan dengan menggunakan kelengkapan alat seperti Alat drone atau UAV, theodolite, total station, GPS, dan RTK GNSS. Teknik pemetaan berkembang seiring dengan kemajuan ilmu dan teknologi. Dengan penggunaan alat ukur tanah elektronik, pengukuran menjadi lebih cepat dengan tingkat ketelitian yang tinggi, perhitungan menjadi lebih mudah, dan penggambaran menjadi otomatis (Al Ayyubi, 2017). Drone UAV memiliki perangkat yang berfungsi sebagai kontrol dengan otomatis dioperasikan pada sistem komputer di dalamnya, atau sebagai *autopilot*, yang secara jauh navigator di atas tanah untuk mempelajari penggunaan drone instruksi kerja drone (Juniper, 2016)

Drone memiliki berbagai fitur, termasuk kamera untuk merekam dan mengambil gambar; beberapa dilengkapi inframerah untuk pelacakan dan penyelamatan. Drone dapat diatur tingginya untuk terbang rendah hingga di bawah awan. Dua jenis drone lainnya adalah *Fixed Wing* merupakan drone yang memiliki sayap/baling baling. Drone jenis ini adalah pilihan apabila melakukan pemetaan di area yang luas dan menjangkau ketinggian 3.000 meter di atas permukaan laut akan tetapi tidak dapat *take off* dan *landing* secara vertikal sebaliknya jenis drone *Multirotor* tidak mampu menempuh perjalanan jauh dan kekurangan dari drone jenis ini adalah kapasitas baterai dan jangkauan ketinggiannya yang terbatas (Sarosa, 2019).



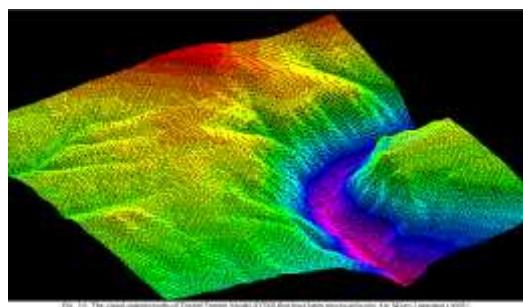
Gambar 2. *Multi Rotor* dan *Fixed Wing*

Metode fotografi yang menggunakan foto udara untuk memproyeksikan objek di permukaan bumi dikenal sebagai fotogrametri. Foto-foto ini biasanya diambil dengan menggunakan drone untuk memotret dari atas. Selain itu, teknik fotogrametri ini dapat digunakan untuk mengumpulkan data tentang objek tiga dimensi. (Al Ayyubi, 2017). Hasil foto udara dari pemotretan memberikan informasi tiga dimensi yang dapat digunakan untuk menghitung ketinggian dan elevasi objek. Kualitas gambar (kamera) sumber data sangat berpengaruh pada kualitas informasi yang dihasilkan. Keunikan fotogrametri adalah kemampuan untuk mengukur objek atau memproyeksikan area tanpa bersentuhan (Prayogo dkk., 2020).



Gambar 3. Penggambaran dengan Teknik Fotogrametri (Endayani, 2023)

Data digital yang memproyeksikan bentuk dari permukaan suatu area, dimana sumber data dari *Digital Elevation Model (DEM)*. Hasil foto drone dengan algoritma *software* berupa titik koordinat dengan proyek model tiga dimensi membentuk permukaan suatu area tinjauan yang menyerupai keadaan di dunia nyata (Kembuan, 2022).



Gambar 4. *Digital Elevation Model (DEM)*.

Ground Control Point (GCP) menunjukkan titik permukaan tanah dengan koordinatnya atau titik ikat posisi objek nya atau titik kontrol berfungsi sebagai kontrol koordinat peta, biasa nya menggunakan minimal 5 titik *GCP* untuk bisa mendapatkan ketelitian yang baik dan pada umumnya *GCP* ini berada pada sudut-sudut dan bagian tengah suatu area pemetaan (Prayogo dkk., 2020). Untuk memulai foto udara, perlu dibuat premark atau penandaan titik kontrol tanah, tanda ini sendiri biasanya berbentuk silang, bulat dengan titik, dan tanda X. Hal ini hanya dengan tujuan agar tanda titik *GCP* ini dapat terlihat ketika dilakukannya foto udara dengan drone (Farid, 2019). *Root Mean Square Error (RMSE)* adalah metode pengukuran ketelitian dengan mengukur perbedaan nilai dari prediksi sebuah model sebagai estimasi atas nilai yang diobservasi. Metode ini diterapkan di meteorologi untuk melihat seberapa efektif model perkiraan matematis tentang lingkungan di atmosfer dan pada Ilmu hidrologi *RMSE* digunakan untuk mengevaluasi kalibrasi pengukuran standar pada model bawah laut. Di dunia industri digunakan untuk menilai kesesuaian akurasi metode peramalan untuk memperkirakan permintaan di masa mendatang (Kembuan, 2022).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}} \quad (1)$$

Dimana:

- At = Nilai Data Aktual
 Ft = Nilai Data Prediksi

n = Jumlah Data

Σ = Jumlah Keseluruhan Nilai

Ukuran ketelitian geometrik horizontal yang menunjukkan bahwa 90% kesalahan pada radius lingkaran atau perbedaan posisi horizontal objek di peta dengan posisi yang dianggap sebenarnya tidak lebih besar dari radius tersebut disebut *Circular Error* 90% (CE90). Sedangkan *Linear Error* 90% (LE90) adalah ukuran ketelitian geometrik vertikal pada ketinggian menunjukkan bahwa 90% kesalahan atau perbedaan nilai ketinggian objek di peta yang sebenarnya tidak lebih besar daripada nilai jarak tersebut dapat diperoleh dengan rumus mengacu kepada standar US NMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) sebagai berikut (Kembuan, 2022):

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_r \quad (2)$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSE_z \quad (3)$$

Dimana:

RMSE_r = titik pada posisi x dan y, horizontal

RMSE_z = titik kordinat pada posisi z vertikal

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan alat digital drone *dengan Ground Control Point* (GCP) untuk mendapatkan data berkaitan dengan pemetaan berupa peta topografi dan nilai perbandingan ketelitian. Pada metodologi penelitian ini, akan dijabarkan mulai dari tahapan persiapan, lokasi, proses pengumpulan data, sampai pada tahapan persiapan analisis data. hasil perhitungan ketelitian pemetaan menggunakan Alat rone dengan *Ground Control Point* (GCP) metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode kuantitatif dan kualitatif.

2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi penelitian pada area pembangunan perumahan Citraland, tepat pada samping simpang Jl. Mangga dan Jl. Ring Road, Kelurahan Tingkulu, Kecamatan Wanea, Kota Manado. Alasan dari pemilihan lokasi ini selain karena dekat dengan pusat kota, area ini juga sudah dalam tahapan pematangan lahan, dimana nantinya dalam proses pengambilan data, kondisi permukaan tanah dari area ini sudah bersih dari vegetasi yang ada di area tersebut. Pemetaan pada area yang sudah dalam tahapan pematangan lahan ini, akan menghasilkan peta bentuk permukaan tanah yang tidak terganggu lagi dengan vegetasi yang ada pada area tersebut. Permukaan yang dihasilkan setelah pengolahan data nantinya, akan sangat berguna sebagai data pendukung bagi perusahaan.



Gambar 5. Lokasi Penelitian

Pelaksanaan teknis penelitian ini dilakukan pada bulan maret tahun 2023, dengan kisaran waktu penelitian dilakukan antara jam pukul 08.00 – 17.00 WITA, dengan mempertimbangkan kondisi cuaca serta tingkat kecerahan matahari, agar bisa mendapatkan hasil yang baik.

2.2 Data Penelitian

Instrument penelitian untuk membantu dalam pengambilan data di lapangan, yaitu: Drone DJI Mavic Pro, drone yang akan digunakan dalam pengambilan foto udara. Dengan adanya drone, sebuah alat aerial yang dilengkapi dengan kamera 4k dengan resolusi pixel sangat tinggi yang dapat merekam baik still image maupun video (Romdhoni, 2016) GPS Garmin 78s dan Premark/Penanda titik kontrol di lapangan.



Gambar 6. Drone DJI Mavic Pro, GPS, Primark (Dok.Proyek)

Smartphone sebagai media pengatur rute penerbangan melalui aplikasi dan sebagai alat dokumentasi di lapangan. Perangkat Komputer atau Laptop, digunakan dalam pengolahan hasil pengambilan foto udara dan yang diproyeksi bentuk peta DEM. Software Pix4Dcapture, yang berguna mengatur rute penerbangan dan area pemetaan. Software Agisoft Metashape Professional, yang berguna memproses data foto udara.



Gambar 7. Hasil drone, foto udara (Anonim, 2023)

2.3 Teknik Pelaksanaan Penelitian

Rencana teknis pelaksanaan penelitian, dimulai perencanaan jalur terbang di Software Pix4Dcapture, diatur dalam bentuk poligon tertutup dan agar hasil foto udara optimal, alangkah baiknya pengaturan jalur terbang diatur sedikit di luar area pemetaan. Sebelum drone terbang, Premark sebagai tanda GCP harus sudah berada pada tempatnya. pastikan secara visual rute penerbangan drone dan cuaca dalam keadaan baik. Pelaksanaan pemetaan harus tetap memperhatikan keamanan dan kenyamanan, serta tidak mengganggu aktivitas di sekitar area pemetaan. serta kegiatan dilakukan pada kisaran waktu pukul 08.00-17.00 WITA. Secara singkat berikut adalah tahapan pengambilan dan pengolahan data pemetaan menggunakan drone: Pengambilan data koordinat GCP dan perencanaan rute penerbangan alat drone selanjutnya pada tahapan untuk pengolahan data; Import Foto., Alignment Foto juga Input GCP. Pemodelan untuk Optimize Alignment. Build Mesh (3D Model), Build Texture Model, Build DEM (Digital Elevation Model), Build Orthomosaic serta hasil perhitungan DEM (Digital Elevation Model) dan Uji Akurasi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengambilan data menggunakan Alat Drone

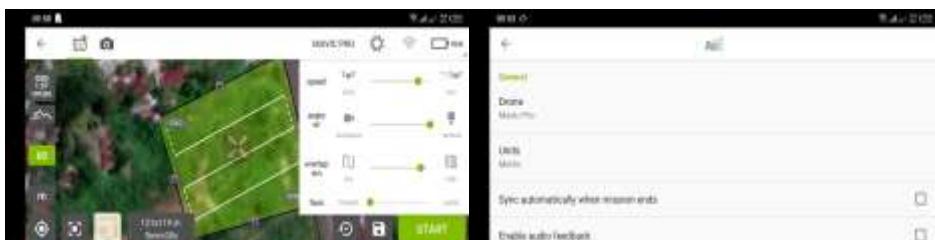
Pengambilan data diawali dengan data dari pengambilan koordinat *Ground Control Point (GCP)* ini dilakukan pada *premark* yang sebelumnya sudah terpasang di titik-titik area pengambilan foto udara dengan jumlah titik *GCP* sebanyak 5 titik. Pengambilan titik *GCP* ini menggunakan *GPS* Garmin 78s, selanjutnya pada kajian ini, sistem koordinat yang digunakan adalah *World Geodetic System 1984 (WGS 84) / Universal Transverse Mercator (UTM) 51N*. Pengukuran total luasan di 2.25 hektar dan waktu pelaksanaan pengambilan data pada tanggal 23 Mei 2023 pada waktu 15.00 – 17.00 WITA. Berikut adalah hasil pengambilan koordinat *GCP*, Tabel 1:

Tabel 1. Pembacaan titik Koordinat GCP Hasil Pengukuran

Nama Titik	Y (Latitude)	X (Longitude)	Elevation (Z)
A1	1.451311	124.8543	68
A2	1.450606	124.8546	68
A3	1.450597	124.8541	74
A4	1.450361	124.854	74
A5	1.451081	124.8539	81

Sumber: hasil pengolahan data, 2023

Setelah pengambilan data koordinat *GCP* dengan *GPS*, hal berikutnya yang perlu dilakukan adalah mengatur rute penerbangan drone. Pengaturan rute penerbangan ini sendiri menggunakan aplikasi *Pix4Dcapture*, dan ponsel pintar (*smartphone*) sebagai medianya. Adapun langkahnya terbagi sebagai berikut: pertama hubungkan Remote Drone dengan *smartphone*, kemudian masuk pada aplikasi *Pix4Dcapture* di ponsel pintar → Setel jenis Drone DJI mana yang akan digunakan → Setel satuan dalam sistem aplikasi menjadi METRIC (mm, cm, m, km).



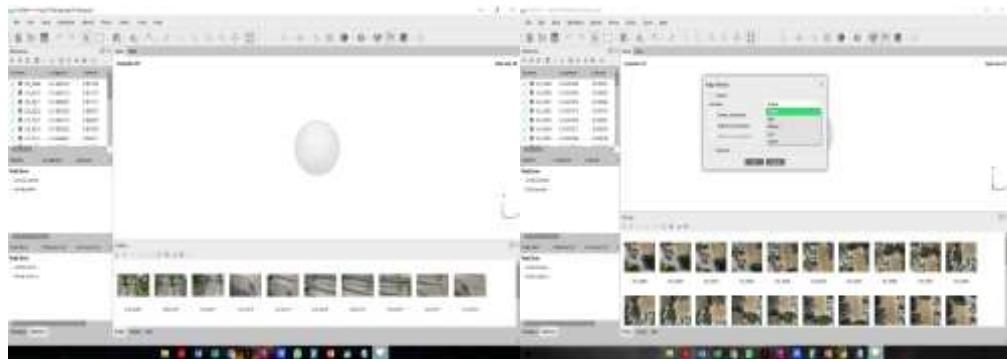
Gambar 8. (kiri) Tampilan setelan awal aplikasi *Pix4Dcapture* dan (kanan) tampilan pada pengaturan Polygon Mission

Pada menu utama aplikasi klik *POLYGON MISSION* → Sesuaikan luas poligon software dengan luas area yang akan dipetakan → Sesuaikan ketinggian terbang drone berdasarkan kondisi sekitar, dimana rata-rata ketinggian penerbangan > 50 meter dan < 100 meter lalu Klik *START* untuk memulai pengambilan foto udara.

3.2 Pengolahan data

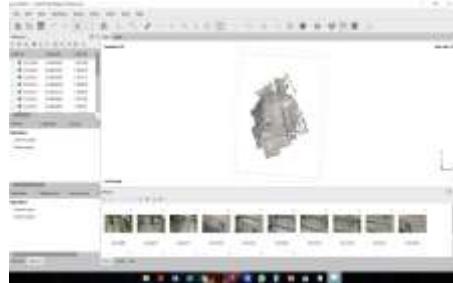
Tahapan import foto merupakan tahap paling awal dalam proses pengolahan data, dimana pada tahap ini foto udara dari *drone* akan dibuka di dalam *software/ aplikasi Agisoft Metashape Professional*. Sebelum masuk pada tahapan di dalam aplikasi, persiapkan dahulu foto udara ke dalam satu folder, untuk mempermudah pengisian data nantinya. Adapun tahapan import foto, yaitu: Buka aplikasi Agisoft Metashape Professional, pada *toolbar* yang berada pada bagian atas

klik *WORKFLOW* → *ADD PHOTOS* → *SINGLE CAMERAS*. Kembali pastikan bahwa semua data foto udara telah masuk dan tidak ada peringatan/error.



Gambar 10. (Kiri) Menu Aplikasi Setelah Import Foto dan (kanan) Pengaturan *Align* foto

Setelah import foto, pengolahan data dilanjutkan dengan align foto yang masih berada dalam proses data *software*. Dimana align foto ini merupakan proses penggabungan titik-titik atau proses pertampalan foto-foto udara yang telah dimasukan sebelumnya yang akan menghasilkan model awal suatu area yang dipetakan. Adapun tahapan align foto, yaitu: Pada *toolbar* yang berada pada bagian atas Klik *WORKFLOW* → *ALIGN PHOTOS*. Akan muncul pada tampilan layar yaitu pengaturan Align Foto, pada pengaturan ini biarkan pilihan lain mengikuti bawaan aplikasi, yang hanya perlu diubah adalah *ACCURACY* diubah ke *HIGHEST*, karena kita memerlukan data yang semaksimal mungkin memiliki tingkat ketepatan yang tinggi. Setelah itu tinggal di Klik *OK* dan biarkan proses berjalan.



Gambar 11. Pengaturan dan hasil *Align* foto

Pada proses *align* foto ini, kualitas gambar serta spesifikasi laptop/komputer akan sangat berpengaruh pada waktu penyelesaian, dimana proses ini akan banyak menggunakan RAM laptop/computer, akan lebih baik apabila proses sedang berlangsung hindari penggunaan aplikasi lainnya. Setelah proses *align* foto selesai, aplikasi Agisoft Meta Shape Professional akan menampilkan hasilnya, seperti pada gambar 11. Adapun tahapan input *GCP*, yaitu: Pada tampilan utama, di bagian kiri bawah Klik *REFERENCE*. Selanjutnya, Klik salah satu foto yang ada pada kiri atas → *CTRL + A* → Klik kanan pada *mouse* → *UNCHECK*. Selanjutnya, siapkan data koordinat *GCP* yang sebelumnya sudah diambil, disiapkan dalam file *.csv*, dengan cara yaitu: data koordinat *GCP* dapat diinput ke dalam *Microsoft Excel* → *Save As* → Simpan dalam bentuk file *.csv*. Seperti gambar di bawah ini:

A	B	C	D
GCP	Y (Latitude)	X (Longitude)	Z
A1	1.451311	124.8543	68
A2	1.450606	124.8546	68
A3	1.450597	124.8541	74
A4	1.450361	124.8541	74
A5	1.451081	124.8539	81

Gambar 13. Tampilan Persiapan Data GCP

Masukan data *GCP* ke dalam Agisoft dengan Klik REFERENCE → IMPORT REFERENCE → Masukan file *GCP* dalam bentuk .csv Selanjutnya, akan muncul pengaturan sistem koordinat serta pengaturan format .csv yang baru saja dimasukan. Dimana sistem koordinat yang digunakan adalah WGS 84). Pada pilihan *Delimiter*/Pembatas untuk file .csv pilih COMMA dan untuk *Columns/Kolom* 1 sampai 4 atur mulai dari *Label* untuk kolom penamaan, untuk *Latitude Y*, *Longitude* untuk X, dan *Altitude* atau Elevasi untuk Z. Pilihan lainnya biarkan sesuai dengan bawaan aplikasi → Klik *OK*. Daftar koordinat *GCP* akan tersimpan dalam aplikasi Agisoft dalam bentuk marker. Akan tetapi, posisinya di foto belum terdefinisikan atau bisa saja tidak sesuai pada titik *GCP* yang ada dalam foto. Tugas selanjutnya adalah untuk memposisikan marker *GCP* agar sesuai dengan titik *GCP* dalam tiap foto yang ada. Posisikan marker pertama (A1) ke dalam 2 foto pertama. Caranya, Klik kiri 2 kali pada foto → Cari posisi *GCP* yang berada di dalam foto → Pada posisi tengah *GCP* difoto Klik kanan → *PLACE MARKER* → *A1*. Pada samping kiri menu utama aplikasi, terdapat rincian marker beserta koordinatnya, Klik kanan pada salah satu marker → *FILTER PHOTOS BY MARKERS*. Setelah *FILTER PHOTOS BY MARKERS* → Lakukan pengecekan pada tiap foto, pastikan marker sudah berada di tengah gambar *GCP* difoto. Caranya, Klik kiri 2 kali pada tiap foto, apabila didapatkan tidak sesuai, geser marker ke arah tengah gambar *GCP* difoto dengan cara klik dan tahan marker. Marker yang telah digeser akan berwarna hijau, sedangkan yang belum akan berwarna putih.



Gambar 14. Penempatan GCP Tiap Foto dan Hasil Orthomosaic dan DEM

Setelah semua marker sudah berada di tengah gambar *GCP* difoto, langkah selanjutnya adalah Klik RESET FILTER → Ulangi dari tahap 8 untuk marker A2 dan seterusnya. hasil *Orthomosaic* dan *DEM* yang didapatkan pada area pembangunan Citraland Winangun, terlihat area telah melalui proses pematangan lahan, dan sudah dilakukan penyesuaian ketinggian sesuai dengan rencana pembangunan perumahan dari *developer/pengembang*. Pada area pembangunan ini sendiri telah dilakukan pematokan pada beberapa sudut rencana pembangunan rumah namun belum ada pematokan/pengukuran pasti terkait pembuatan jalan dan drainase. Menurut pihak *developer/pengembang*, hasil pemetaan ini akan membantu mereka dalam perencanaan pembuatan jalan dan drainase nantinya. Pengujian akurasi pada foto udara perlu dilakukan agar data yang didapatkan dari foto udara bisa dikatakan sesuai dengan kondisi dilapangan. Secara

teknis perhitungan akurasi dilakukan dengan memperbandingkan data hasil olahan dengan data lapangan. Pada uji akurasi ini, digunakan beberapa rumus pada (pers 2.1), Berikut adalah hasil perhitungan dari CE90 dan LE90, diperoleh hasil data,pada tabel dibawah :

Tabel 2. Perhitungan Uji Ketelitian Horizontal

No	Nama Titik	X di Peta (°)	X Pengukuran (°)	dx (°)	dx ² (°)	Y di Peta (°)	Y Pengukuran (°)	dy (°)	dy ² (°)	dx ² +dy ² (°)
1	A1	124.8543	124.8543	0	0	1.451325 6	1.451311 46	0.00001	0.00 000 000 021 316	0.000000 0002131 6
2	A2	124.85456	124.8546	- 0.0000400 00	0.00000 00016	1.450624 8	1.450606 88	0.00001	0.00 000 000 035 344	0.000000 0019534 4
3	A3	124.85413	124.8541	0.0000300 00	0.00000 00009	1.450600 9	1.450597 39	0.00000	0.00 000 000 001 521	0.000000 0009152 1
4	A4	124.85396	124.854	- 0.0000400 00	0.00000 00016	1.450347 2	1.450361 38	- 0.00001	0.00 000 000 019 044	0.000000 0017904 4
5	A5	124.8539	124.8539	0	0	1.451067 5	1.451081 35	- 0.00001	0.00 000 000 018 225	0.000000 0001822 5
Σ 0.000000 0050545 0										
Σ 0.000000 0010109 0										
$\frac{\Sigma}{n}$ 0.000032										
RMSEr (m) 0.000048 (m)										

Sumber: hasil pengolahan data, 2023

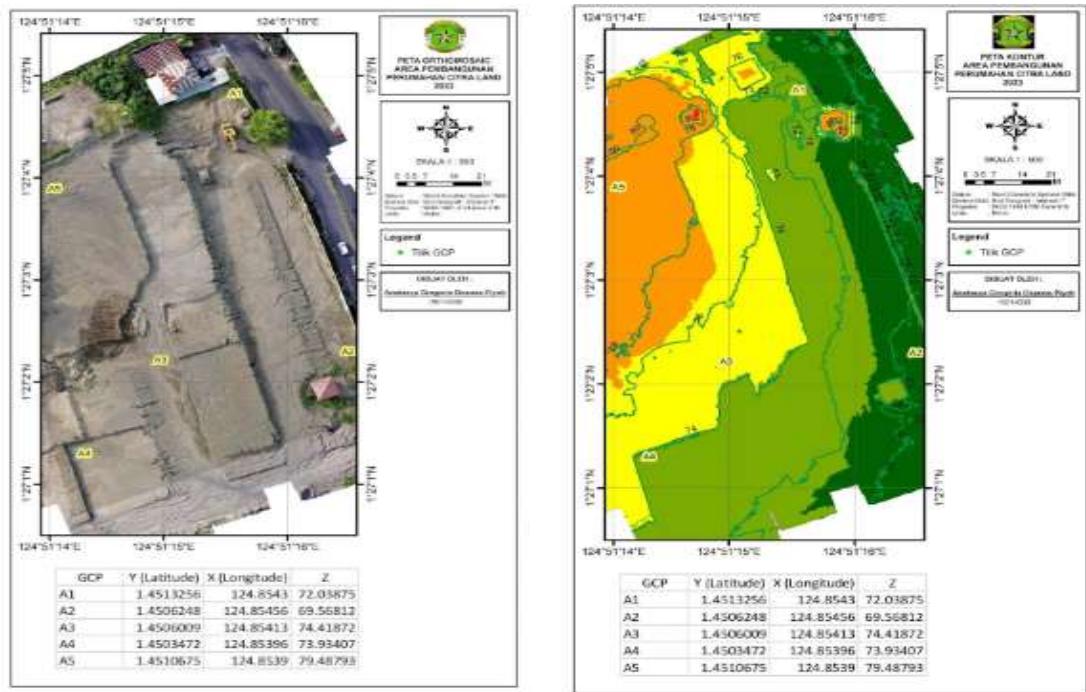
Tabel 3. Perhitungan Uji Ketelitian Vertikal

Nomor Titik	Nama Titik	Z di Peta (°)	Z Pengukuran (°)	dz (°)	dz ² (°)
1	A1	72.03875	68	4.03875	16.31150156
2	A2	69.56812	68	1.56812	2.459000334
3	A3	74.41872	74	0.41872	0.175326438
4	A4	73.93407	74	- 0.06593	0.004346765
5	A5	79.48793	81	- 1.51207	2.286355685
Σ 21.23653079					
Σ 4.247306157 $\frac{\Sigma}{n}$					
RMSEz (m) 2.061 LE90 = 1,6499 x RMSEz (m) 3.400					

Sumber: hasil pengolahan data, 2023

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, didapat nilai *Circular Error* 90% (CE90) : 0.000048 meter dan *Linear Error* 90% (LE90) = 3.4 meter. Dengan demikian, setelah proses pengolahan data pemetaan topografi yang berdasarkan hasil *Orthomosaic* dan *DEM*, pada tampilan gambar 16 dibawah ini, didapatkan pada area pembangunan Citraland Winangun,

terlihat area telah melalui proses pematangan lahan, dan sudah dilakukan penyesuaian ketinggian sesuai dengan rencana pembangunan perumahan dari pihak *developer* atau pengembang,



Gambar 16. Tampilan Hasil Pemetaan Topografi

Sumber: hasil pengolahan data, 2023

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa pemetaan topografi memperlihatkan hasil elevasi tertinggi yang ada pada area tersebut ada pada 87.4 meter dan elevasi terendahnya ada pada 67 meter dan elevasi *ground Control Point (GCP)* pada area tersebut berada pada 72 meter untuk A1; 69.5 meter, A2; 74.4 meter, A3; 73.9 meter, A4 dan A5; 79.4 meter dengan hasil perhitungan ketelitian data *GCP* dari peta yang dihasilkan drone dan data *GCP* dari pengambilan di lapangan menggunakan *GPS*, didapatkan nilai, 0.000048 meter sebagai nilai *error* horizontal dan nilai 3.4 meter untuk nilai *error* vertikal. adapun saran untuk penelitian lanjutan nanti perlu adanya pembaharuan dalam proses pengambilan data *GCP* dimana dapat ditingkatkan lagi bukan hanya dengan *GPS* tetapi bisa menggunakan alat ukur digital lainnya seperti alat theodolite dan total station. Sangat perlu juga mempersiapkan media pengolahan data yang mumpuni, dalam hal ini yaitu Laptop atau perangkat komputer spesifikasi RAM diatas 8GB dengan kapasitas memori untuk penyimpanan data yang lebih besar, hal ini karena akan sangat berpengaruh pada waktu pemrosesan foto udara dalam *software* juga dalam penggunaan alat penerbangan drone, selalu memperhatikan kalibrasi alat, kapasitas baterai drone, kondisi cuaca, medan area pemetaan, dan regulasi penerbangan di area pemetaan. Juga diupayakan lebih banyak jumlah data pemetaan yang menjadi sampel penelitian sehingga model perhitungan akan lebih baik dan valid.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Ayyubi, A. S. (2017). *Analisa Planimetrik Hasil Pemetaan Foto Udara Skala 1: 1000 Menggunakan Wahana Fixed Wing UAV*. Tugas Akhir, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Anonim : Dokumentasi Proyek,Lokasi Penelitian/ (accessed Feb. 20, 2023).
- Darmawan, K., & Suprayogi, A. (2017). Analisis tingkat kerawanan banjir di kabupaten sampang menggunakan metode overlay dengan scoring berbasis sistem informasi geografis. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 31-40.
- Endayani, S. (2023). Penafsiran Potret Udara.
- Farid, F (2019)“*Pedoman Praktikum Analisis Pemetaan Data Drone Menggunakan Agisoft*,” Modul Prakt.,
- Juniper, A. (2016). *The Drone Pilot's Handbook*. Hachette UK.
- Kembuan, G. J., Pandey, S. V., & Lefrandt, L. I. (2022). *Pemetaan Topografi Di Wilayah Perumahan Griya Paniki Indah Dengan Menggunakan Fotogrametri Serta Perbandingan Ketelitian Akurasi Dengan Ground Control Point (GCP)*. TEKNO, 20(82), 503-510.
- Prayogo, I. P. H., Manoppo, F. J., & Lefrandt, L. I. (2020). Pemanfaatan teknologi unmanned aerial vehicle (uav) quadcopter dalam pemetaan digital (fotogrametri) menggunakan kerangka ground control point (GCP). *Jurnal Ilmiah Media Engineering*, 10(1).
- Putri, K. M., Subiyanto, S., & Suprayogi, A. (2017). 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.
- Romdhoni, J., & Fajri, M. (2016). Adiyanto and HW Sedoputro “Penggunaan Drone sebagai Media Digitasi Penggambaran 3 Dimensi Bangunan dan Pemetaan Kawasan,”. *Prosiding Temu Ilmiah IPLBI 2016*, (1), 149-154.
- Sarosa, M., Zakaria, M. N., Isnomo, Y. H. P., & Yoga, S. W. (2019). *Ayo Belajar Sambil Bermain Drone: DJI Mavic Pro Drone: Tuntunan Praktis dan Cara Aplikasinya* (Vol. 1). Media Nusa Creative (MNC Publishing).
- Senduk, N. (2021). Penerapan Teknik Penggambaran Garis Kontur Menggunakan Autocad 3D. *Jurnal Teknik Sipil Terapan*, 3(2), 90-100.
- Shofiyanti, R. (2011). *Teknologi pesawat tanpa awak untuk pemetaan dan pemantauan tanaman dan lahan pertanian*. Informatika Pertanian, 20(2), 58-64.
- Subakti, B. (2017). Pemanfaatan foto udara uav untuk pemodelan bangunan 3d dengan metode otomatis. *Jurnal Spectra*, 15(30), 15-30.
- Wulan, T. R., Ambarwulan, W., Putra, A. S., Maulana, E., Maulia, N., Putra, M. D., ... & Raharjo, T. (2016). Uji Akurasi Data UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Di Kawasan Pantai Pelangi, Parangtritis, Kretek, Kabupaten Bantul. In *Prosiding Seminar Nasional Kelautan* (pp. 232-240). Madura: Universitas Trunojoyo.