

Pembuatan *Digital Elevation Model* Universitas Palangka Raya Menggunakan Drone dan GPS Geodetik

*Raden Seandy Novaryansyah Pradana Putra¹, Desi Riani², Sutan Parasian Silitonga³
^{1,2,3}Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya
*)radenseandy8@gmail.com

Abstract

The Digital Elevation Model (DEM) contains elevation and slope information, making interpretation easier so that it is a fundamental element of geospatial data and can be used as a mapping source. The use of technology in the field of photogrammetric mapping is demonstrated by the use of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) or drones in mapping and Geodetic GPS tied to benchmarks to obtain Ground Control Point (GCP) coordinates as ground control points. This research aims to make the Palangka Raya University DEM using UAV and Geodetic GPS. In processing aerial photo data, the photogrammetric method is used. The time for taking aerial photo data begins on 14-21 October 2022 which is divided into 10 flying missions with a flight altitude of 100 m, overlap and sidelap of 75%, and camera angle of 90° with a total of 7,935 photos. GCP data retrieval using the Real Time Kinematic (RTK) method with Geodetic GPS was carried out on October 14, 2022 with a total of 33 coordinate points. The DEM that has been formed can be seen that mapping using UAVs/drones and Geodetic GPS produces high-resolution photo data that can be used for making Digital Elevation Models (DEMs) with the highest altitude at Palangka Raya University, namely 90 meters and the lowest altitude at 50 meters. The DEM resolution obtained is 18.1 cm/pixel and the interpolation point density is 30.7 points/m².

Keywords: *Digital Elevation Model, Unmanned Aerial Vehicle, GPS Geodetic*

Abstrak

Digital Elevation Model (DEM) memuat informasi ketinggian dan kemiringan yang mempermudah interpretasi sehingga merupakan elemen yang fundamental dari suatu data geospasial dan dapat digunakan sebagai sumber pemetaan. Pemanfaatan teknologi dalam bidang pemetaan fotogrametri ditunjukkan dengan penggunaan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau drone dalam melakukan pemetaan dan GPS Geodetik yang diikatkan dengan benchmark untuk mendapatkan koordinat Ground Control Point (GCP) sebagai titik control tanah. Tujuan penelitian ini adalah membuat DEM Universitas Palangka Raya menggunakan UAV dan GPS Geodetik. Pada pengolahan data foto udara digunakan metode fotogrametri. Waktu pengambilan data foto udara dimulai pada tanggal 14-21 Oktober 2022 yang dibagi menjadi 10 misi terbang dengan ketinggian terbang 100 m, overlap/sidelap 75% dan angle camera 90° dengan total jumlah 7.935 foto. Pengambilan data GCP menggunakan metode Real Time Kinematik (RTK) dengan GPS Geodetik dilakukan pada tanggal 14 Oktober 2022 dengan jumlah sebanyak 33 titik koordinat. DEM yang telah terbentuk, dapat diketahui bahwa pemetaan menggunakan UAV/drone dan GPS Geodetik menghasilkan data foto resolusi tinggi yang dapat digunakan untuk pembuatan Digital Elevation Model (DEM) dengan ketinggian tertinggi Universitas Palangka Raya yaitu 90 meter dan ketinggian terendah berada pada ketinggian 50 meter. Resolusi DEM yang didapatkan adalah 18,1 cm/piksel dan kerapatan titik interpolasi sebesar 30,7 titik/m².

Kata kunci: *Digital Elevation Model, Unmanned Aerial Vehicle, GPS Geodetik*

Pendahuluan

Digital Elevation Model (DEM) adalah data raster, vektor atau bentuk data lainnya yang memberikan

informasi bentuk permukaan bumi (topografi) dalam model digital (Trisakti, 2010). DEM memuat informasi ketinggian dan kemiringan yang mempermudah interpretasi (Setianto dan

Triandini, 2013) sehingga merupakan elemen yang fundamental dari suatu data geospasial dan dapat digunakan untuk membuat peta 3D sebagai sumber pemetaan, perencanaan jalan, maupun analisis *terrain*.

Kebutuhan untuk memetakan suatu wilayah sedang meningkat, dan begitu juga jumlah pendekatan untuk melakukannya, seperti pemetaan fotogrametri. Sebagian besar operasi yang tersebar telah digantikan oleh pemetaan fotogrametri karena dapat dilakukan dengan cepat dan murah menggunakan foto udara dibandingkan dengan metode terestris (Suharsana, 1999).

Pemanfaatan teknologi dalam bidang pemetaan fotogrametri ditunjukkan dengan penggunaan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dalam melakukan pemetaan untuk area skala kecil atau besar. Kendaraan Udara Tak Berawak, dikenal sebagai drone, dapat digunakan untuk pemetaan fotogrametri. Fotogrametri UAV dapat didefinisikan sebagai platform pengukuran fotogrametri semi atau sepenuhnya otomatis, yang dikendalikan dari jarak jauh di luar kendaraan udara tak berawak (Eisenbei, 2009).

Seiring perkembangan teknologi UAV pada pengumpulan data spasial, berkembang pula teknologi pengolahannya, seperti *Agisoft Metashape Student Version*. Pada proses pengolahan data foto udara juga memperhatikan ketelitian titik koordinat peta yang diambil menggunakan GPS Geodetik berupa *Ground Control Point* (GCP). Menandai satu set titik kontrol tanah (GCP) adalah langkah pertama dalam proses orthorektifikasi, yang melibatkan perbaikan kesalahan dalam data dan gambaran keseluruhan.

Uji akurasi ini mengacu pada bab II.10.IV Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014 untuk pencantuman peraturan terkait akurasi ortofoto. Analisis ketelitian ini diketahui dari proses analisis ketelitian GCP secara Premark yang diambil dilapangan menggunakan GPS Geodetik RTK dengan perbandingan koordinat titik uji orthophoto secara *postmark* yang dilakukan dengan melakukan digitasi peta.

Dalam hal perencanaan, pengembangan, dan peningkatan kawasan, serta memastikan keamanannya, penggambaran permukaan bumi yang akurat sangat penting. Universitas Palangka Raya belakangan ini banyak mengalami perkembangan di bidang infrastruktur seperti Gedung kuliah dan jalan. Oleh karena itu, penting untuk memiliki pemetaan aset tanah yang dapat digunakan sehingga pilihan dan kebijakan di masa

depan dapat dibuat dengan akurasi yang tepat berdasarkan kondisi aktual di lapangan.

Penelitian ini bertujuan untuk membuat DEM Universitas Palangka Raya menggunakan UAV dan GPS Geodetik. Pengambilan data menggunakan UAV dengan titik kontrol berupa GCP dengan metode fotogrametri dan pengolahan data menggunakan perangkat lunak *Agisoft Metashape Student Version*.

Metode

Lokasi Penelitian



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian ini dilaksanakan di Universitas Palangka Raya, Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah

Peralatan Penelitian

Dalam penyelidikan ini, kami telah menggunakan metode berikut:

1. Perangkat Keras (*Hardware*)
 - A. Laptop Acer Swift 3
 - B. 1 set peralatan UAV (*DJI Mavic 2 Pro*)
 - C. GPS Geodetik CHCNAV i50 *base* dan *rover*
2. Perangkat Lunak (*Software*)
 - A. *DJI Pilot*
 - B. *Agisoft Metashape Student Version 1.5.5*

Data dan Waktu Penelitian

Ini adalah sumber informasi yang digunakan dalam analisis ini:

- A. Pengambilan data foto udara di Universitas Palangka Raya dengan wahana UAV pada tanggal 14 – 21 Oktober 2022
- B. Pengambilan data Koordinat GCP di area pemotretan foto udara pada tanggal 14 Oktober 2022
- C. Penetapan titik koordinat *Benchmark UPR*
- D. Batas area Universitas Palangka Raya

Penetapan *Benchmark*

Pada penelitian ini ditetapkan *benchmark* baru yaitu titik kontrol orde 2 di wilayah Universitas Palangka raya, Titik ikat pada *benchmark* yang akan dibuat merupakan titik kontrol Geodesi orde 1 Badan Informasi Geospasial (BIG) pada tahun 2017 dengan bentuk fisik titik. Dalam melakukan pengukuran metode statik ini memerlukan tiga *receiver*, ketiganya dijadikan titik referensi (*base*). Tahapan pengukurannya yaitu mengatur peralatan *receiver* hingga siap digunakan lalu *configurasi receiver*. Dari hasil pengambilan data dengan metode ini menggunakan alat GPS Geodetik dengan durasi pengamatan selama 3 jam maka dihasilkan *benchmark* orde-2. Proses penetapan *benchmark* menggunakan GPS Geodetik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pembuatan *Benchmark*

Pengambilan Data Foto Udara

Setelah didapatkan titik koordinat *benchmark*, selanjutnya dilakukan pengambilan foto udara menggunakan UAV type *DJI Mavic 2 Pro* dengan luas area yang akan diambil seluas 367 ha. Pembuatan misi terbang dengan menggunakan *DJI* pilot dengan *overlap/sidelap* 75%, ketinggian terbang 100 meter, *angle* kamera/ sudut gimbal drone 90°, dan mempertimbangkan kondisi cuaca serta jarak tempuh wahana. Waktu pengambilan data foto udara dimulai pada tanggal 14-21 Oktober 2022 yang dibagi menjadi 10 misi terbang dengan total jumlah foto 7.935 foto. Pembuatan misi terbang menggunakan UAV dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pembuatan misi terbang

Pengambilan Data GCP

Pengambilan data titik koordinat *Ground Control Point* (GCP) menggunakan alat GPS Geodetik dengan metode *Real Time Kinematik* (RTK), di mana titik *benchmark* digunakan sebagai *base*, sedangkan *rover* dapat digerakkan sesuai dengan *premark* yang ada di lapangan. Waktu pengamatan titik koordinat GCP kurang lebih selama 1 menit dengan sebaran GCP berada pada bagian terluar dan bagian tengah dari area yang akan di teliti. Titik koordinat yang didapat sebanyak 33 titik. Proses pengukuran GCP menggunakan GPS Geodetik dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengambilan koordinat GCP

Pengolahan Data GPS

Memproses data survei GPS adalah langkah awal dalam menganalisis data foto udara. Pemrosesan data GPS memerlukan penggunaan data koordinat *benchmark* (BM) dan data koordinat *Ground Control Point* (GCP) masing-masing digunakan untuk pengukuran referensi awal dan untuk titik pengikatan untuk data foto udara. Informasi tersebut merupakan standar yang digunakan untuk menganalisis data foto udara.

Parameter seperti data jenis antena, jenis *receiver*, dan tinggi antena yang diukur di lapangan harus dimasukkan ke dalam komputer untuk menganalisis data GPS. Informasi dasar RINEX yang telah ditetapkan sebelumnya, dalam bentuk kerangka referensi, juga harus dimasukkan.

Pengolahan Data Foto Udara

Foto udara yang sudah didapatkan selanjutnya diolah menggunakan aplikasi *Agisoft Metashape Student Version*. Untuk membuat data DEM resolusi tinggi dari hasil rekaman fotografi udara UAV/Drone, program ini dapat digunakan. Metode yang digunakan dalam pengolahan foto udara pada penelitian ini adalah metode Fotogrametri.

Proses ekstraksi foto udara meliputi beberapa tahapan, diantaranya:

1. *Aligment Photos*, digunakan untuk menentukan titik-titik mana yang merupakan gambar. Tujuan dari langkah ini adalah untuk menetapkan lokasi kamera yang sebenarnya di seluruh bidikan dan untuk mengarahkan di antara gambar sehingga hal yang sama muncul di setiap foto, membentuk dasar model awan titik yang konsisten.
2. Identifikasi Titik Kontrol (*Ground Control Point*), Titik kontrol yang diukur dan diproses diperlukan pada langkah ini, karena mereka akan digunakan untuk mencari pusat distribusi Premark secara manual.
3. Optimasi koordinat, proses untuk menerapkan koordinat *fix* pada model.
4. Foto udara, dan awan khususnya, dapat mengambil manfaat dari *Dense Cloud*, yang merupakan kumpulan puncak tinggi yang berjumlah ratusan hingga jutaan.
5. *Build Mesh* mengacu pada proses memecah ruang tiga dimensi menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dan lebih mudah dikelola, seringkali segitiga, segiempat, heksahedron, atau tetrahedron (tiga dimensi). Semua alat rekonstruksi permukaan berputar yang menghasilkan jaringan segitiga (mesh).
6. *Build texture* digunakan untuk membuat representasi fisik tiga dimensi (3D) dari tampilan area, tujuan dari prosedur *build texture* adalah untuk menambahkan tekstur ke model elevasi digital (DEM) yang dihasilkan.
7. *Build orthomosaic* adalah gambar udara yang telah memperbaiki kesalahan geometris menggunakan data DEM dan data GCP sehingga dapat digunakan untuk kepentingan pemetaan.
8. *build DEM* adalah model medan digital dalam format raster/grid yang sering digunakan dalam analisis spasial/GIS berbasis raster. Ketinggian, kemiringan, aspek, arah iradiasi, dan variabel berguna lainnya untuk tujuan pemodelan lebih lanjut seperti *cut and fill*, visibilitas, konstruksi DAS, dan lainnya biasanya dapat diekstrapolasi dari data DEM. *Digital Surface Model (DSM)* adalah DEM yang memperhitungkan ketinggian fitur di atas tanah, seperti bangunan, puncak pohon, jembatan, dan sebagainya, sedangkan *Digital Terrain Model (DTM)* memperhitungkan ketinggian fitur di bawah tanah.

Ketelitian Peta

Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 menetapkan pedoman teknis penilaian kebenaran peta dasar, yang diikuti saat melakukan pengujian akurasi geometri. Jika kesalahan pemosisian horizontal dalam peta dasar tidak melebihi nilai CE90 dan kesalahan pemosisian vertikal tidak melebihi nilai LE90, maka peta dasar diposisikan secara akurat pada tingkat kepercayaan 90%. Pengujian akurasi posisi membandingkan koordinat X dan Y dari titik uji pada peta atau gambar dengan lokasi fisik titik uji. Pengukuran ketelitian berdasarkan *root-mean-square error* (RMSE) atau *circular error*. Dengan menggunakan metode di bawah ini, yang mengacu kembali ke Perka BIG No.15 tahun 2014, kita dapat menghitung nilai CE90 dan LE90:

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

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

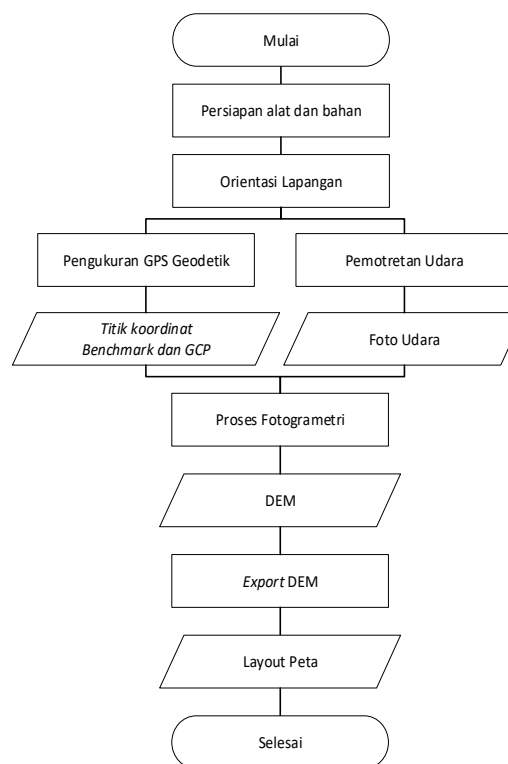
Dengan:

RMSEr : *Root Mean Square Error* pada posisi x dan y (horizontal)

RMSEz : *Root Mean Square Error* pada posisi z (vertikal)

Bagan Alir Penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian dilakukan sesuai dengan Gambar 5.



Gambar 5. Bagan alir penelitian

Hasil dan Pembahasan

Hasil Titik Koordinat *Benchmark* dan GCP

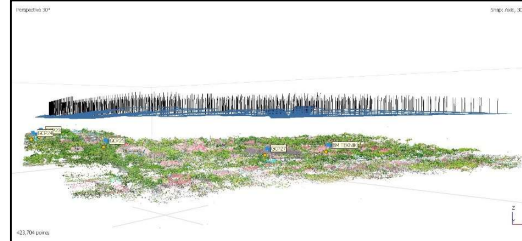
Hasil dari pengolahan data GPS adalah koordinat *Benchmark* dan GCP yang digunakan sebagai titik kontrol pada penelitian ini. Data titik pengukuran GPS di lapangan menggunakan sistem koordinat Geografis. Tabel 1 menampilkan hasil pengukuran yang dilakukan menggunakan GPS Geodetik.

Tabel 1. Koordinat *Benchmark* dan GCP

Point	Decimal Degrees		Elevasi (Meter)
	Latitude	Longitude	
BM	-2,22144899	113,8832046	56,6521
PPIIG			
BM	-2,21610702	113,8977067	56,7702
TEKNIK			
GCP1	-2,2311697	113,8691768	56,126
GCP2	-2,22807362	113,8677642	56,354
GCP3	-2,22440815	113,8661445	56,638
GCP4	-2,2294878	113,8719699	56,128
GCP5	-2,22627792	113,8757427	56,582
GCP6	-2,22386133	113,8750188	57,091
GCP7	-2,22649994	113,88105	57,266
GCP8	-2,22483829	113,8846138	57,326
GCP9	-2,22444415	113,883493	56,335
GCP10	-2,22341513	113,8826621	56,652
GCP11	-2,22150246	113,8826372	56,699
GCP12	-2,22065558	113,8837853	56,492
GCP13	-2,22340664	113,8869949	57,382
GCP14	-2,22073344	113,8873114	56,246
GCP15	-2,22141931	113,8894378	56,7
GCP16	-2,22210873	113,889701	57,181
GCP17	-2,21790121	113,8874912	56,926
GCP18	-2,21525501	113,8871614	56,336
GCP19	-2,218204	113,8900076	56,444
GCP20	-2,21197175	113,890324	56,672
GCP21	-2,21304986	113,890694	56,481
GCP22	-2,21525501	113,8871614	56,336
GCP23	-2,2204413	113,892585	57,017
GCP24	-2,21518559	113,8933256	56,607
GCP25	-2,21668889	113,8966174	56,516
GCP26	-2,2147122	113,900565	56,57
GCP27	-2,21192752	113,902434	55,719
GCP28	-2,21268942	113,9039461	55,914
GCP29	-2,2109432	113,9065727	56,816
GCP30	-2,21094312	113,9082246	56,588
GCP31	-2,21148438	113,9088573	56,51
GCP32	-2,21150714	113,9093983	56,841
GCP33	-2,21065255	113,9088973	55,925

Hasil Pengolahan Foto Udara

Pembentukan DEM dilakukan pada *software Agisoft Metashape Student Version*. Gambar 6 menunjukkan hasil pemrosesan otomatis foto sejajar, yang mengidentifikasi lokasi kamera dan orientasi foto udara untuk menghasilkan model *point cloud*. (Agisoft Metashape, 2021).



Gambar 6. Hasil proses *alignment*

Selanjutnya mengidentifikasi titik kontrol GCP untuk memperbaiki citra yang diolah secara manual dengan mencari titik-titik sebaran *Premark*. Pada Gambar 7 menunjukkan posisi marker kurang tepat sehingga perlu memperbaiki posisi marker secara manual seperti yang ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 7. Posisi marker kurang tepat



Gambar 8. Posisi marker setelah dikoreksi

Langkah berikutnya adalah operasi yang disebut *orthorectification*, yang dirancang untuk memperbaiki topografi, sensor geometris, dan ketidakakuratan lainnya yang menyebabkan distorsi pada foto udara. Langkah pertama adalah menginput data GCP dari pemrosesan GPS Geodetik ke dalam kolom referensi menu referensi impor.

Penelitian ini menggunakan 33 titik GCP. Gambar 9 menunjukkan RMSE horizontal di lapangan sebesar 0,0277339 m, RMSE vertikal sebesar 0,000360303 m dengan total RMSE sebesar 0,277362 m dan kesalahan pada *pixel* foto sebesar 0,809 *pixel*.

Camera	Eastng (m)	Northng (m)	Altitude (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Yaw (°)	Pitch (°)	Roll (°)
Dit_0001	821991.524936	9754966.412318	144.930000	10,000000	16,284993	0	324,900	0,000
Dit_0001	821893.324900	9754351.995390	130,340000	10,000000	32,751313	0	133,300	0,000
Dit_0001	822365.839370	9754762.727544	144,620000	10,000000	18,401329	0	337,700	0,000
Dit_0001	819593.259812	9753198.456472	146,050000	10,000000	12,261796	0	329,900	0,000
Dit_0001	820642.237420	9754521.347030	129,990000	10,000000	14,274817	0	125,100	0,000
Dit_0001	819846.241511	9754079.982556	128,790000	10,000000	20,977969	0	153,400	0,000

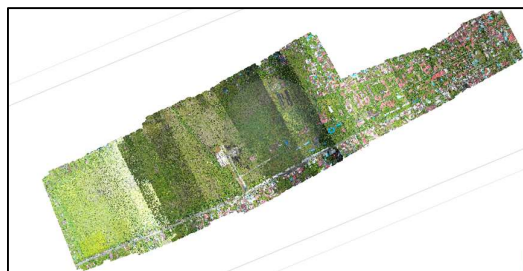
Markers	Eastng (m)	Northng (m)	Altitude (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
KCP32	822490.132000	9754816.536000	56,480000	0,005000	0	0	0,000
KCP33	822484.683000	9754824.050000	56,477000	0,005000	0	0	0,000
KCP34	822342.408000	9754834.441000	56,392000	0,005000	0	0	0,000
KCP35	822614.197000	9754886.880000	56,319000	0,005000	0	0	0,000

Total Error	Control points	Check points
	0,027735	0,809

Gambar 9. Hasil koordinat GCP setelah di optimasi

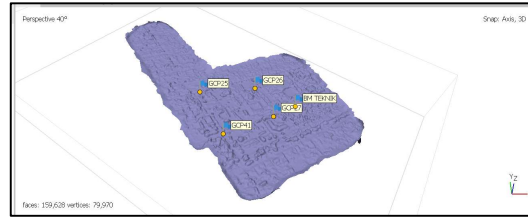
Berdasarkan hasil perhitungan nilai RMSE yang kemudian digunakan untuk menghitung nilai CE90 sebesar 0,042086 meter dan nilai LE90 sebesar 0,00059445 meter, jika dilihat berdasarkan Perka BIG Nomor 15 tahun 2014, termasuk dalam kelas 1 dengan ketelitian maksimum horizontal sebesar 0,2 m dan ketelitian maksimum vertikal sebesar 0,4 m yang artinya DEM foto udara dapat digunakan untuk pembuatan peta dengan skala 1:1000.

Tahap berikutnya adalah *build dense*, melibatkan mendekati titik-titik. Pilih menu *workflow*, lalu pilih opsi *build dense*. Konstruksi struktur yang sedemikian kompleks melibatkan beberapa variabel. Gambar 10 menampilkan hasil dari *build dense*.



Gambar 10. Hasil *build dense*

Untuk membuat DEM, model tiga dimensi dibuat dari hasil pemrosesan *build dense*, yang pada berfungsi sebagai fondasi untuk prosedur *build mesh*. Pilih opsi *build mesh* dari menu *workflow* di *toolbar* untuk membuat *mesh* baru. Gambar 11 menampilkan hasil konstruksi *mesh*.



Gambar 11. Hasil *build Mesh*

Tahap berikutnya adalah membangun tekstur untuk menghasilkan model fisik tiga dimensi dan memberikan tekstur tampilan pada DEM dari penampakan area yang dicakup oleh foto udara. Untuk memulai proses pembuatan tekstur, pilih menu *workflow* lalu klik submenu *build texture*. Gambar 12 menggambarkan hasil akhir dari pembuatan tekstur.



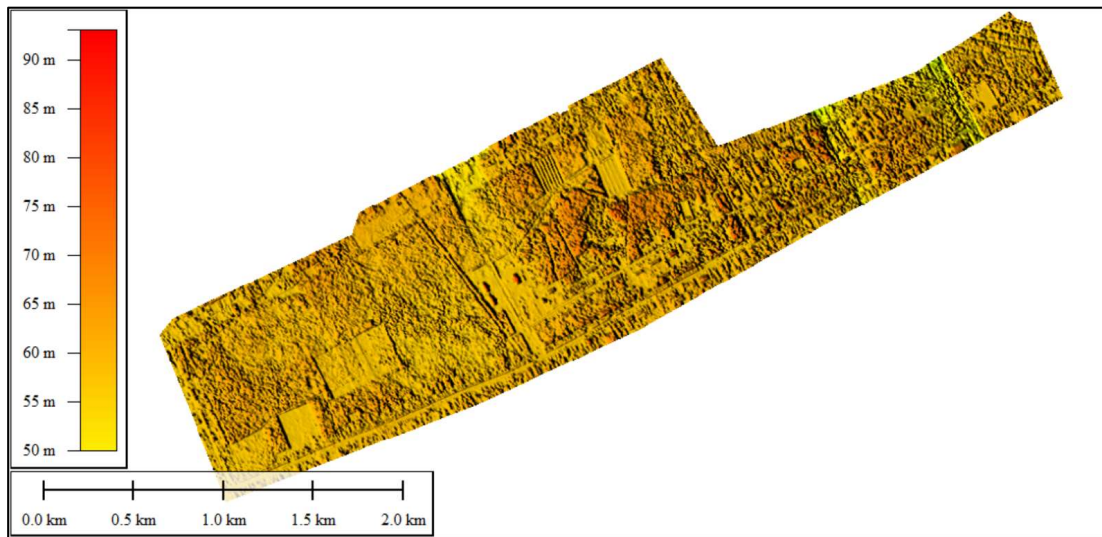
Gambar 12. Hasil *build Texture*

Hasil pengolahan *build texture* dilakukan proses *build orthomosaic*. Proses pembuatan Orthomosaic dapat dimulai dengan memilih submenu *build Orthomosaic* dari menu alur kerja taskbar. Gambar 13 menunjukkan hasil orthomosaik beserta distribusi GCP.

Metode pembuatan DEM menggunakan output dari prosedur pembuatan ortomosaik. Informasi tentang ketinggian, kemiringan, aspek, dan arah peninaran dapat diekstraksi dari data DEM untuk digunakan dalam pemodelan berikutnya, termasuk *cut and fill*, visibilitas, konstruksi DAS, dan lain-lain. Ada dua istilah yang terkait dengan DEM: *Digital Surface Model* (ketinggian dihitung dari permukaan tutupan lahan, seperti atap bangunan, puncak pohon, dan jembatan) dan *Digital Terrain Model* (ketinggian dihitung dari permukaan tanah). DEM dapat disajikan sebagai data raster, yang dapat dihasilkan dari salah satu dari tiga sumber yaitu *dense clouds*, *sparse clouds* atau *mesh*. Gambar 14 menunjukkan hasil DEM.



Gambar 13. Hasil *orthomosaic*



Gambar 14. Hasil *build DEM*

Menggunakan data *dense cloud* untuk pemrosesan DEM menghasilkan data yang paling akurat. Untuk melakukan pemrosesan *build DEM*, pilih submenu *build DEM* dari menu alur kerja. *Output* pemrosesan adalah DEM dan ortofoto berformat *geoTIFF*.

Berdasarkan DEM yang telah terbentuk, dapat diketahui bahwa ketinggian tertinggi Universitas Palangka Raya yaitu 90 meter dan ketinggian terendah berada pada ketinggian 50 meter. Dengan kerapatan titik interpolasi 30,7 poin/m², DEM yang dihitung memiliki resolusi 18,1 cm/piksel. DEM ini memiliki resolusi yang berbeda dari

ortofoto karena ortofoto adalah gabungan dari gambar foto udara yang diambil selama proses akuisisi, sedangkan DEM adalah hasil dari proses interpolasi *point clouds* ekstraksi foto udara.

Berdasarkan hasil pengolahan dengan *software Agisoft Metashape Student Version* menggunakan data DEM foto udara diperoleh yang ditunjukkan pada Gambar 14.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa pemetaan menggunakan UAV/drone dan *GPS Geodetik* menghasilkan data foto resolusi tinggi yang dapat digunakan untuk pembuatan *Digital Elevation Model* (DEM). Proses perekaman foto udara memerlukan kecermatan dalam mendesain misi serta persebaran GCP yang merata pada kawasan yang akan diolah. Hal ini menentukan keakuratan hasil yang diperoleh.

DEM yang telah terbentuk, dapat diketahui bahwa ketinggian tertinggi Universitas Palangka Raya yaitu 90 meter dan ketinggian terendah berada pada ketinggian 50 meter. Resolusi DEM yang didapatkan adalah 18,1 cm/piksel dan kerapatan titik interpolasi sebesar 30,7 titik/m².

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada PT. Cemara Geo Engineering atas bantuannya dalam mengizinkan data dan alat untuk digunakan dalam penelitian ini, serta dukungan dan arahnya dalam penelitian ini. Terima kasih juga kepada saudara Momon, Icad, dan Paschalia yang telah membantu pengumpulan data di lapangan untuk penelitian ini.

Daftar Pustaka

Admoko, D., (2015) Kajian Pembuatan Dem Menggunakan Perangkat Lunak Agisoft Dan Pix4dmapper Dari Data Pemotretan UAV (Studi Kasus: Desa Gading Kulon- Kecamatan Dau Kabupaten Malang Jawa Timur). Indonesia: *Skripsi thesis, Institut Teknologi Nasional Malang.*

Agisoft. (2021). Agisoft Metashape User Manual Professional Edition, Version 1.7, Copyright Agisoft LLC.

Badan Informasi Geospasial (2014). Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Badan Informasi Geospasial (BIG) : Cibinong

Eisenbei, H., (2009). UAV Photogrammetry. ETH No. 18515 ed. s.l. *Doctoral Thesis*. Swiss: Federal Institute of Technology Zurich.

Kakupu, Elias., (2020) Pembuatan DEM dari pemotretan (UAV) menggunakan software *Agisoft Photoscan Professional*, ENVI dan *Arcgis*. *Skripsi Thesis*, Indonesia: Institut Teknologi Nasional Malang.

Putra, Herdi Pebryana., (2016) Pembuatan *Digital Elevation Model*, dan Orthophoto Menggunakan Perangkat Lunak *Agisoft Photoscan* Blok 1 PLTA Garung Wonosobo. *Skripsi Thesis*, Indonesia: Universitas Pendidikan Indonesia.

Setianto, A. & Triandini, T., (2013). Comparison of Kriging and Inverse Distance Weighted (IDW) Interpolation Methods in Lineament Extraction and Analysis.. *Journal SE Asian Application and Analysis*. *Journal SE Asian Application and Analysis*, Vol. 5(1), pp. Hal. 21-29.

Suharsana, (1999). *Fotogrametri Dasar*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada.

Trisakti, B., (2010). Pengembangan Metode Ekstraksi DEM (Digital Elevation Model) dari Data ALOS PRISM. Laporan Akhir, Indonesia: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN)