

Perbandingan Elevasi Digital Terrain Model Foto Udara dengan Pengukuran Terestris pada Kawasan Sumur Eksplorasi Migas

Muhammad Al' Aziz Fariq^{1*}, Dwi Arini², Defwaldi Defwaldi³

¹⁻³ Institut Teknologi Padang, Indonesia

Email : azizfariq9@gmail.com^{1*}, dwiarini.get09@gmail.com², defwaldi@itp.ac.id³

Abstract, Accurate elevation determination is one of the crucial aspects in oil and gas exploration activities, especially in the planning and management of well areas. This study aims to identify and compare the elevation of the Digital Terrain Model (DTM) obtained from aerial photography with terrestrial measurements, and to convert Digital Surface Model (DSM) data into DTM. The urgency of this study is driven by the need for accurate, efficient, and economical mapping methods, as well as validation of the methods used in topographic mapping. Digital Terrain Model (DTM) is a virtual model that adds elements such as fault lines and observations to correct artifacts from the original data, while DSM includes the height of all objects on the ground surface. The results showed that the largest elevation value in the aerial photo DTM was 14.416 meters at point L06 and the smallest elevation value was 6.567 meters at point A46, with an average elevation of 13.716 meters. Meanwhile, the comparison results of DTM elevation of aerial photography with terrestrial measurements showed the largest difference of 5.513 meters at point A46 and the smallest difference of -2.682 meters at point L21, with an average difference of 0.072 meters. The level of vertical accuracy (Z) based on the LE90 value is 0.2076 meters, which meets the geometric accuracy standard of 1:1000 class 1 scale according to BIG Regulation Number 15 of 2014. The results of this comparison are also supported by a 3D model of DTM elevation of aerial photography. This study provides an important contribution to the validation and improvement of the efficiency of topographic mapping methods based on aerial photography, as well as providing an overview of the accuracy of the data produced.

Keywords: Aerial Photography, Digital Surface Model (DSM), Digital Terrain Model (DTM), Elevation, Global Navigation Satellite System (GNSS), Oil and Gas Exploration, Terrestrial Measurement, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Vertical Accuracy

Abstrak, Penentuan elevasi yang akurat menjadi salah satu aspek krusial dalam kegiatan eksplorasi migas, khususnya dalam perencanaan dan pengelolaan wilayah sumur. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan membandingkan elevasi Digital Terrain Model (DTM) yang diperoleh dari foto udara dengan pengukuran terestris, serta mengkonversi data Digital Surface Model (DSM) menjadi DTM. Urgensi penelitian ini didorong oleh kebutuhan akan metode pemetaan yang akurat, efisien, dan ekonomis, serta validasi metode yang digunakan dalam pemetaan topografi. Digital Terrain Model (DTM) merupakan model virtual yang menambahkan elemen seperti garis patahan dan observasi untuk mengoreksi artefak dari data asli, sedangkan DSM mencakup ketinggian semua objek di permukaan tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai elevasi terbesar pada DTM foto udara adalah 14,416 meter di titik L06 dan nilai elevasi terkecil adalah 6,567 meter di titik A46, dengan rata-rata elevasi sebesar 13,716 meter. Sementara itu, hasil perbandingan elevasi DTM foto udara dengan pengukuran terestris menunjukkan selisih terbesar sebesar 5,513 meter di titik A46 dan selisih terkecil sebesar -2,682 meter di titik L21, dengan rata-rata selisih sebesar 0,072 meter. Tingkat ketelitian vertikal (Z) berdasarkan nilai LE90 adalah 0,2076 meter, yang memenuhi standar ketelitian geometri skala 1:1000 kelas 1 sesuai Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014. Hasil perbandingan ini juga didukung oleh model 3D dari elevasi DTM foto udara. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam validasi dan peningkatan efisiensi metode pemetaan topografi berbasis foto udara, serta memberikan gambaran tentang akurasi data yang dihasilkan.

Keywords: Digital Surface Model (DSM), Digital Terrain Model (DTM), Eksplorasi Migas, Elevasi, Foto Udara, Global Navigation Satellite System (GNSS), Ketelitian Vertikal, Pengukuran Terestris, Unmanned Aerial Vehicle (UAV).

1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi modern meningkatkan kebutuhan akan data geospasial sebagai dasar pengambilan keputusan dalam perencanaan, pengelolaan, dan evaluasi wilayah. Dalam survei topografi dan kartografi, peta topografi merepresentasikan permukaan bumi melalui dimensi horizontal (koordinat X dan Y) dan vertikal (koordinat Z), dengan garis kontur sebagai elemen utama yang menghubungkan titik-titik dengan elevasi yang sama. Pembuatan garis kontur umumnya dilakukan melalui metode pemetaan darat (**Latifa, Nurtyawan and Nuha, 2021**)

Penggunaan teknologi foto udara dan pemrosesan citra telah membawa efisiensi dan efektivitas yang signifikan dalam pemetaan. Digital Terrain Model (DTM) yang dihasilkan dari foto udara dapat mencakup wilayah yang lebih luas secara cepat dan efisien dibandingkan dengan pengukuran terestris yang memerlukan waktu dan tenaga yang lebih besar. Dengan melakukan penelitian untuk memvalidasi ketelitian elevasi DTM dari foto udara terhadap pengukuran terestris, kita dapat memastikan bahwa metode pemetaan yang lebih cepat dan ekonomis ini memberikan hasil yang akurat (**James and Robson, 2012**).

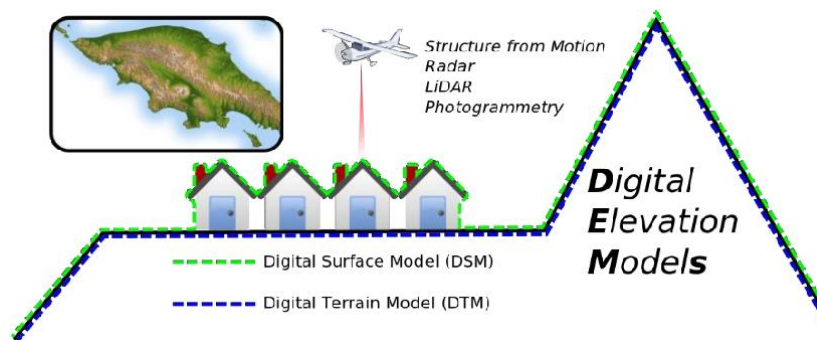
Tiga jenis data utama diperoleh melalui citra udara yang ditangkap menggunakan pesawat UAV: peta ortofoto, model permukaan digital (DSM), dan data kontur. Digital Terrain Model (DTM) biasanya diambil dari pemetaan tanah dan pemetaan stereo manual menggunakan metode konvensional untuk menghasilkan garis kontur yang tepat. Dalam hal ini, DTM adalah elemen dasar pemetaan, jadi Anda perlu menemukan cara untuk membuatnya dengan cepat dan efisien. Kita perlu mengetahui seberapa akurat DTM mewakili permukaan bumi sehingga kita dapat mempertimbangkan keakuratannya saat menggunakan DTM (**Rachma, Prasetyo and Yuwono, 2018**).

Model medan digital (DTM) adalah model virtual yang menambahkan elemen seperti garis patahan dan observasi ke data asli untuk mengoreksi artefak yang dibuat hanya dengan menggunakan data asli yang dikumpulkan di total station. Jika DTM hanya menampilkan tanah (permukaan lantai tanpa elemen di atasnya), DSM menunjukkan bentuk permukaan apa pun yang ada. Ketinggian pohon, bangunan, dan seluruh benda di permukaan tanah yang diambil dalam foto udara (**Juwita Arfain and Hepi Hapsari Handayani, 2016**).

DTM adalah DEM dengan elemen seperti garis putus-putus dan observasi yang ditambahkan ke data asli. Digital Terrain Model (DTM) adalah salah satu hasil pemetaan topografi Indonesia (RBI) yang dibentuk dari unsur-unsur geografis seperti titik massa, garis punggung bukit, dan badan air. Unsur-unsur ini terbentuk melalui teknik fotogrametri dengan memanfaatkan gambar stereo. Skala besar umumnya menggunakan foto udara. Skala

menengah menggunakan citra (radar dan optik) (**Duantari and Cahyono, 2017**).

DTM adalah DEM yang sudah diperbarui dengan fitur breaklines untuk memberikan definisi yang lebih jelas mengenai ciri-ciri topografi seperti sungai dan garis punggung. Namun untuk tujuan praktis, DEM umumnya sama dengan Model Permukaan Digital. Kualitas data dari DEM, DTM, dan DSM dapat dinilai berdasarkan akurasi dan presisi data yang dihasilkan. Dilihat dari akurasinya, nilai ketinggian titik (Z) pada DEM, DTM, dan DSM dibandingkan dengan nilai sebenarnya yang dianggap benar. Nilai Z yang tepat ditentukan dengan mengukur titik sampel langsung di area pengukuran. Kualitas DEM, DTM, atau DSM dinilai berdasarkan tingkat keakuratannya yang bergantung pada jumlah informasi yang disediakan. Keakuratan ditentukan oleh jumlah dan sebaran titik pengambilan sampel, ketepatan titik pengambilan sampel sebagai masukan untuk membentuk DEM, DTM, DSM, dan metode interpolasi untuk menentukan ketinggian titik pembentuk DEM, DTM, DSM diputuskan. Titik sampel yang dipilih harus mewakili seluruh bentuk medan yang akan diukur sesuai dengan persyaratan aplikasi (**Duantari and Cahyono, 2017**).



Gambar 1. Perbedaan DEM, DSM dan DTM

(Sumber: Zona, 2018)

2. METODOLOGI PENELITIAN

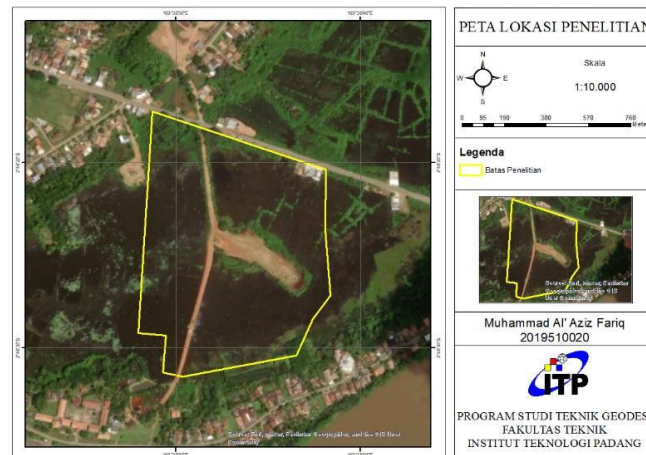
Penelitian ini bertujuan untuk mengeluarkan hasil fotoudara oleh UAV ke DEM dan menggunakannya sebagai referensi untuk membuat peta topografi. Sebagaimana data DEM yang dihasilkan akusisi UAV merupakan berdasarkan Surface atau DSM, yang kemudian di filtering bare earth menggunakan software SAGA GIS untuk menjadikannya DTM. Selanjutnya di lakukan perbandingan nilai elevasi DTM yang dihasilkan oleh hasil foto udara dengan DTM pengukuran terestris melalui Arc-Gis sebagai pembuatan peta topografinya. Jenis penelitian ini merupakan kuantitatif dengan kajian pengumpulan data.

Dalam konteks ini, analisis kuantitatif dapat dilakukan dengan membandingkan visualisasi DTM dari foto udara dengan pengukuran terestris untuk mengidentifikasi perbedaan

dan kesamaan dalam pola topografi. Ini dapat melibatkan pengamatan visual terhadap bentuk dan kontur permukaan, perubahan signifikan dalam elevasi.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini dilakukan disalahxsatu Lokasi Bor MJ-12A dengan luas wilayah \pm 3,92 Ha yang terletak di Lokasi Bor MJ-A12 di Desa Beruge, Kec. Babat Toman, Kab. Musi Banyuasin, Ramba Field. Lokasi survey pemetaan merupakan rencana lokasi sumur directional di struktur MJ yang berada pada area sumur existing MJ-12A.



Gambar 2. Lokasi Penelitian

(Sumber: Penulis, 2024)

Alat Dan Data Penelitian

Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Peralatan Yang digunakan untuk penelitian

No	Nama Alat	Kegunaan
1	Laptop Dell Inspiron 14	Pembuatan laporan dan pengolahan data
2	Microsoft Office	Pengolahan data dan pembuatan laporan
3	Agisoft Methashape	Pengolahan foto udara
4	Arc-Gis	Analisis Perbandingan DTM dan Pembuatan Layout
5	Saga-Gis	Pengolahan Data <i>fillteering</i> foto Udara

Data Penelitian

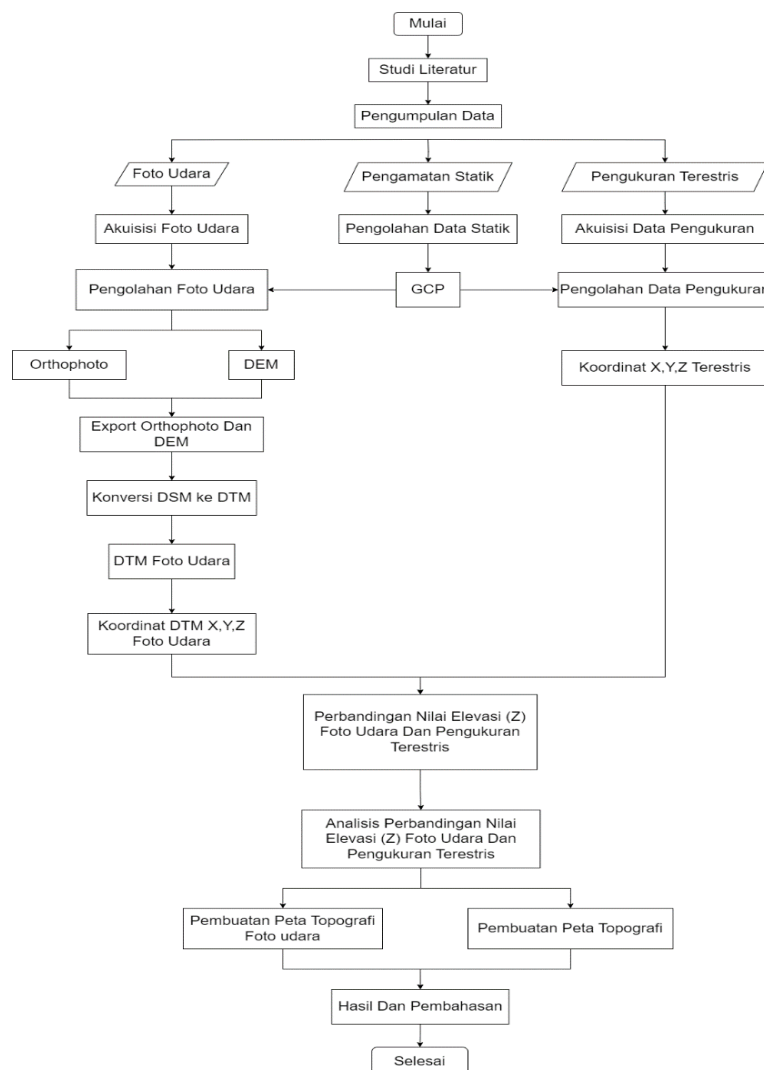
Data yang digunakan untuk penelitian ini yaitu data Foto dan Nilai Koordinat ICP yang diperoleh dari pengambilan data dilapangan yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data yang digunakan untuk penelitian

No	Data	Jenis Data dan Tahun	Keterangan
1	Pengamatan Geodetik	Data Primer/ 2023	Data <i>Ground Control Point</i>
2	Pengukuran Terestris	Data Primer/ 2023	Data Hasil Pengukuran
3	Foto Udara	Data Primer/ 2023	135 scene foto

Diagram Penelitian

Pada diagram alir terdapat beberapa tahapan penelitian, seperti pengumpulan data, Peneliti hingga menghasilkan titik bor sumur eksplorasi migas. **Gambar 2.**



Gambar 3. Diagram Alir

Adapun penjelasan dari diagram alir diatas sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Studi literatur adalah tahapan pengumpulan serta mematangkan landasan teori yang digunakan dalam penelitian ini. Studi literatur digunakan untuk membuat kerangka berpikir sehingga penelitian dapat dilakukan dengan sistematis dan terukur, sehingga didapatkan hasil yang diinginkan dan tercapainya tujuan dari penelitian.

2. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini terdapat pengumpulan data, Pengumpulan data tahap pertama adalah pengumpulan data lapangan melalui pengukuran langsung di lapangan dan perekaman data gambar udara dengan drone DJI Phantom V 4 Pro 2.0.

3. Pengukuran GNSS metode Statik

Pengukuran GNSS metode statik dilakukan dengan pembuatan titik BM/Tugu baru yang dibuat dari cor semen beton di sekitar lokasi pemetaan, sebanyak 2 (dua) titik. Berikut adalah Tabel koordinat referensi pengukuran GNSS.

4. Pengolahan Data Pengukuran

Pengukuran topografi dilakukan setelah pembuatan tugu BM selesai. Pengukuran topografi dilakukan dengan metode poligon tertutup terikat sempurna. Pengukuran topografi dilakukan selama 1 bulan menggunakan alat ukur total station. Pengolahan data pengukuran topografi dilakukan di microsoft excel sehingga menghasilkan data elevasi dengan format P,E,N,Z,D. Dari hasil pengolahan data topografi didapatkan elevasi paling tinggi sebesar 16,316 meter.

5. Pengambilan Foto Udara

Tahapan awal yang dilakukan adalah menentukan lokasi atau area survei untuk pengambilan foto udara yaitu lokasi sumur MJ-12A dengan luas wilayah $\pm 3,92$ ha. Pembuatan jalur terbaang dilakukan dengan mengimport poligon yang telah ditentukan luasan wilayahnya kedalam *controller* dengan format kml. Sebelum terbang *flight plan* dibuat dengan bantuan *controller* berdasarkan kml poligon dari wilayah penelitian. Kemudian mengatur ketinggian terbang pada ketinggian 100m dan durasi terbang selama 27 menit. Pengaturan *drone* menggunakan metode *overlap* dengan persentase samping 80% dan depan 70%.

6. Pengolahan Foto Udara

1) Align Photos

Align Photos dilakukan setelah melakukan add photo pada aplikasi agisoft, kemudian dilakukan proses penginputan foto dengan *batch align photos*.

2) *Build Dense Cloud*

Setelah proses align photos selesai dilakukan, kemudian dilanjutkan dengan proses *build dense cloud* yang dilakukan untuk menentukan koordinat posisi foto terhadap koordinat posisi di permukaan tanah.

3) *Build Mesh*

Setelah proses *build dense cloud* selesai. Kemudian tahapan berikutnya yang digunakan *build mesh* untuk membentuk model 3 dimensi dari area yang dipetakan.

4) *Build Tiled Model*

Tahapan selanjutnya adalah proses *Build Tiled Model* yang berguna untuk meningkatkan resolusi untuk pemodelan dari foto udara.

5) *Build DEM*

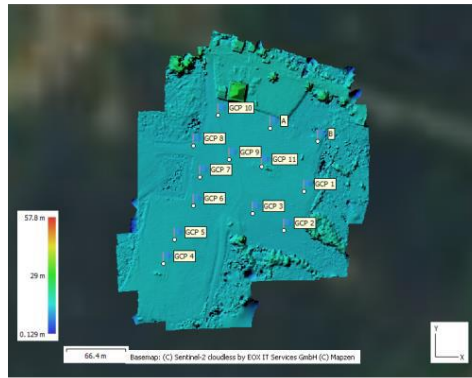
Proses berikutnya adalah *build Dem*, yaitu untuk mereferensikan titik awal permukaan bumi.

6) *Build Orthomosaic*

Tahapan terakhir adalah *build orthomosaic*, yaitu untuk mengkoreksi foto udara secara geometris sehingga menghasilkan representasi dari permukaan bumi.

7. Export Orthophoto dan DEM

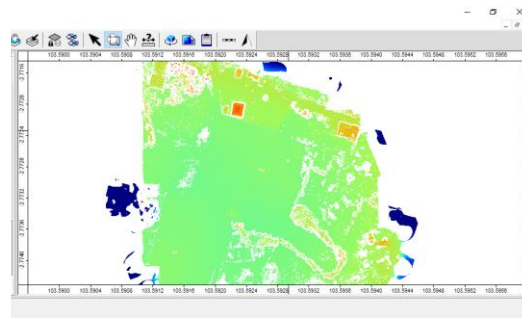
Hasil akhir berupa orthophoto yang sudah dilakukan koreksi geometrik sehingga skala gambarnya seragam dan mengikuti proyeksi peta tertentu. Orthophoto yang dihasilkan secara visual terlihat beresolusi tinggi dan warna yang sudah dikoreksi menciptakan representasi area yang mulus dan akurat. Sangat terlihat objek seperti rumah, jalan, bangunan, dan rawa memberikan akurasi tinggi dan informasi yang detail sehingga dapat digunakan dalam berbagai bidang yang membutuhkan data spasial yang akurat. Produk yang didapatkan dari foto udara selain Orthophoto, juga dapat menghasilkan DEM dan DSM yang diperoleh melalui pemrosesan menggunakan Software Agisoft DEM yang dihasilkan merupakan representasi pada permukaan bumi tiga dimensi dari data ketinggian pada permukaan suatu area dapat terlihat jelas pada gambar 3. Masih memperlihatkan objek diatas tanah seperti perumahan, jalan, bangunan, aliran sungai dan vegetasi yang merupakan objek memiliki ketinggian.



Gambar 4. DEM

8. Proses fillteering DSM ke DTM

Tahap selanjutnya dilakukan filtering DEM, yang mana representasi bentuk permukaan bumi beserta fitur objek diatasnya menjadi DTM yang merepresentasikan elevasi permukaan bumi tanpa adanya objek seperti bangunan, vegetasi atau jembatan. Proses pengolahan DSM Ke DTM (filltering) dilakukan menggunakan aplikasi Saga Gis.



Gambar 5. Proses *Fillteering*

9. Konversi Data

Data raster DTM yang dihasilkan dari proses filltering Kemudian diubah menjadi point sehingga dapat diinterpolasi menjadi garis kontur. Setelah proses konversi data dari data raster ke vektor, kemudian dapat dilihat hasil nilai elevasi foto udara pada tabel rastervalue pada attribute table.

10. Analisis

Analisa perbandingan nilai elevasi dilakukan setelah nilai elevasi yang dihasilkan dari pengukuran terestris dan foto udara diketahui untuk kemudian dapat dilihat selisih perbedaan pada nilai elevasi tersebut. Pada titik K35 nilai elevasi yang dihasilkan dari pengukuran terestris sebesar 14,36 meter. Sedangkan nilai elevasi dari foto udara di titik yang sama yaitu sebesar 14,009 sehingga dapat selisih nya sebesar 0,351 meter. Analisa juga dilakukan untuk menentukan ketelitian vertikal guna mengetahui nilai RMSEz dan menghitung nilai LE90 untuk geometri peta RBI.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengolahan Data Statik GNSS

Hasil pengolahan data statik yaitu berupa koordinat yang akan digunakan untuk pengamatan Bench Mark dan Ground Control Point sebagai titik reference pengukuran ICP dan foto udara. Hasil pengolahan data statik dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil Pengolahan Data Statik

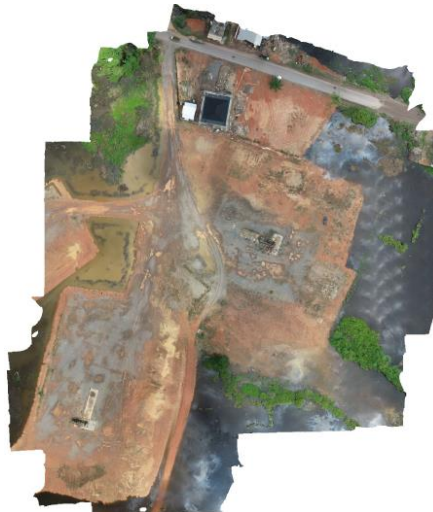
No	Nama GCP	Koordinat UTM (Meter)		Elevasi (Meter)
		Northing	Easting	
1	A	9693465,723	343563,059	14,518
2	B	9693451,337	343615,089	14,612
3	GCP 1	9693395,952	343600,579	14,438
4	GCP 2	9693352,332	343578,002	13,75
5	GCP 3	9693371,325	343543,564	14,021
6	GCP 4	9693315,38	343444,623	14,673
7	GCP 5	9693342,579	343456,408	14,483
8	GCP 6	9693379,82	343477,479	14,145
9	GCP 7	9693411,498	343484,995	13,963
10	GCP 8	9693446,051	343477,215	13,912
11	GCP 9	9693431,252	343517,306	14,367
12	GCP 10	9693480,365	343504,813	14,171
13	GCP 11	9693423,019	343553,049	14,811

Gambar 5. Hasil Pengolahan Data GCP

Hasil Foto Udara

Orthophoto

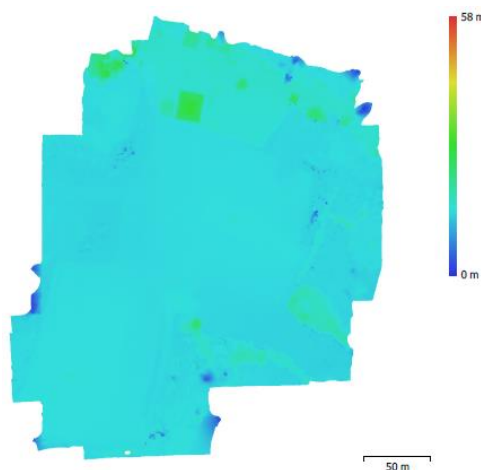
Hasil pembuatan orthofoto dibuat menggunakan Software Agisoft Photoscan V.1.7.6 dengan kualitas texture sedang/ medium. Data foto sebanyak 135 foto dengan tinggi terbang 68,7 m dengan 13 titik control point GCP. Hasil keseluruhan luasan yang terhitung sekitar $\pm 3,92$ ha.



Gambar 6. Orthophoto

Digital Elevation Model (DEM)

Data DEM pada penelitian ini merupakan data terkontrol yang di dapatkan dari hasil penelitian lapangan yang kemudian diolah dengan Software Agisoft Photoscan V.1.7.6, yang digunakan sebagai data untuk pembuatan pemodelan 3D sungai.

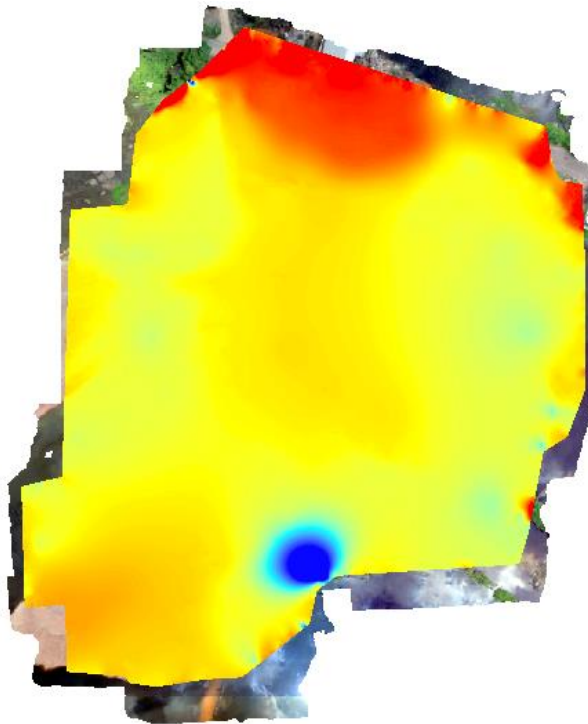


Gambar 7. Orthophoto

Hasil Identifikasi Data DSM Menjadi DTM

Data DSM diperoleh dari hasil pengolahan foto udara yang dilakukan filltering pada aplikasi saga gis. Filltering adalah sebuah proses atau langkah pekerjaan untuk mendapatkan data Digital Terrain Model dari data Digital Surface Model hasil dari pemotretan foto udara yang telah dilakukan. Peneliti melakukan proses filltering sebanyak 4 kali untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Adapun pilihan parameter yang digunakan oleh peneliti adalah advance parameter yaitu meningkatkan parameter slope sehingga menutupi vegetasi ataupun bangunan di lokasi sumur MJ-12A. Parameter dengan kernel radius sebesar 15meter dengan slope sebesar 10% di dapatkan hasil perubahan Digital Surface Model foto udara menjadi Digital Terrain

Model foto udara seperti gambar 8. berikut ini.



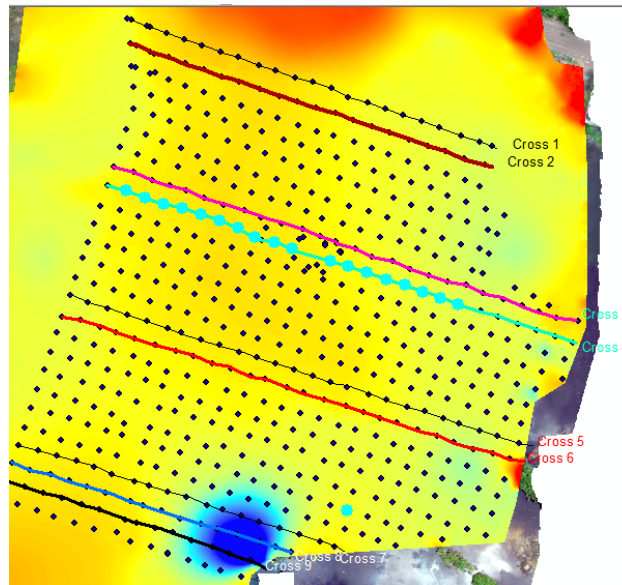
Gambar 8. *Digital Terrain Model UAV*

Hasil filtering parameter ini bertujuan untuk melakukan filtering agar elevation model yang dihasilkan dari foto udara yang mencakup pohon dan bangunan dapat dilakukan filtering untuk mendapatkan elevasi berdasarkan terrain untuk selanjutnya dilakukan analisis perbandingan nilai elevasi dan nilai jarak yang dihasilkan dari Digital Terrain Model Foto udara dengan hasil pengukuran terestrial.

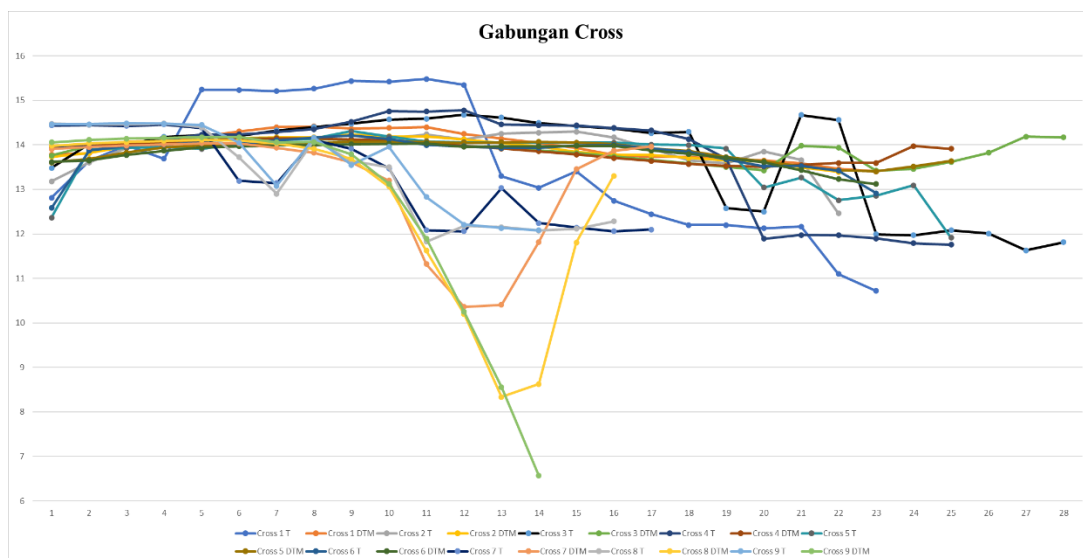
Hasil Perbandingan Elevasi

Perbandingan Elevasi

Perbandingan elevasi yang digunakan untuk melakukan analisis perbandingan elevasi antara elevasi yang dihasilkan dari pengukuran terestris dengan elevasi yang dihasilkan dari DTM foto udara. Seperti tabel 6. dibawah ini.



Gambar 9. Cross Perbandingan



Gambar 10. Grafik Perbandingan Cross

Pada Cross 1 terdapat 23 titik dari masing masing cross yang didapatkan dari pengukuran Terestris dan juga dari titik elevasi dari data DTM foto udara menunjukkan perbandingan elevasi yang didapatkan dapat dilihat di grafik memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Dimana elevasi pada titik empat yaitu titik L10 pada titik terestris nilai elevasi nya sebesar 15,345meter sedangkan pada nilai elevasi DTM foto udara sebesar 14,245meter dan menghasilkan selisih nilai elevasi sebesar 1,100meter.

Analisis Perhitungan RMSEz Dan LE90

Analisa perbandingan RMSEz dan LE90 dihasilkan dari hasil perbandingan elevasi antara elevasi yang dihasilkan dari pengukuran terestrial dengan elevasi yang dihasilkan dari DTM foto udara. Jumlah titik yang diperoleh perbandingan nya sebanyak 610 titik sampel dari

891 titik pengukuran terestris.

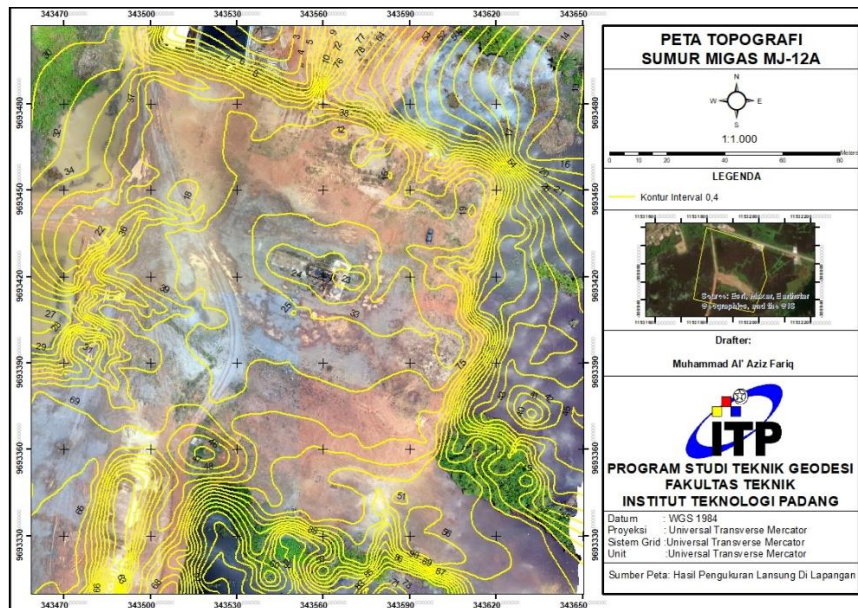
Hasil yang di dapatkan adalah nilai selisih elevasi antara ketinggian di DTM foto udara dengan titik-titik pada Pengukuran Terestrsial kemudian menghitung nilai rata-rata kuadrat dari selisih tersebut. Setelah itu, nilai RMSEz dapat dihitung dengan mengambil akar kuadrat dari nilai rata-rata kuadrat tersebut. Dengan menggunakan nilai RMSEz, dapat diketahui klasifikasi uji ketelitian geometri RBI berdasarkan stándar dalam Perka BIG No.15, 2014, bertujuan untuk melihat akurasi ketinggian pada DTM foto udara serta kategori skala pemetaan yang dihasilkan. Dari hasil perhitungan RMSEz ini didapatkan RMSEz sebesar 0,1258 meter. RMSEz ini dihitung dengan menggunakan rumus seperti rumus dibawah ini:

	Total Elevasi Terestris	Total Elevasi DTM Foto Udara
Jumlah Total	8360,218	8436,970
	= 76,752	
Jumlah Titik	= 610	
RMSEz	= 0,1258	
Akurasi Vertikal	= 0,2076	
LE 90		

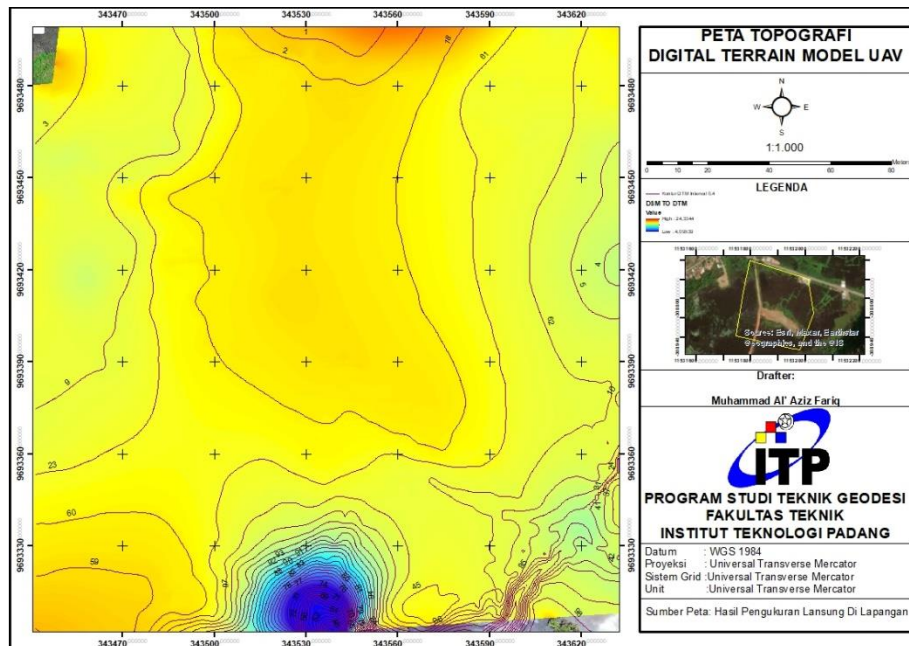
Perhitungan LE90 berguna untuk menentukan Skala peta berdasarkan Perka BIG No.15 Tahun 2014 tentang ketelitian peta RBI dengan rumus $1,6499 \times \text{RMSEz}$ dan didapatkan hasil LE90 pada data ini sebesar 0,2076 meter.

Hasil Peta Topografi

Adapun hasil peta topografi didapatkan dari proses pengolahan data DTM yang telah di filltering, dengan menggunakan software ArcGIS. Pada lokasi penelitian yaitu sumur dirrectional MJ-12A dilakukan pembuatan peta topografi berdasarkan hasil LE 90 yaitu Kelas 1 dengan menggunakan skala 1:1.000 Artinya 1 cm pada peta sama dengan 10 meter di lapangan dan interval kontur minor 0,4meter dan major 2meter. Hasil peta topografi dapat dilihat pada Gambar 11. dibawah ini.

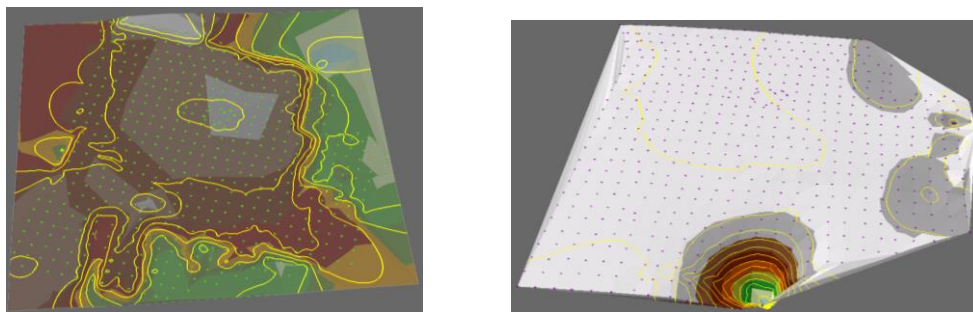


Gambar 11. Peta Topografi Hasil Pengukuran Terestris



Gambar 12. Peta Topografi DTM Foto Udara

Peta diatas merupakan hasil pengukuran topografi menggunakan metode terestris (pengukuran langsung di lapangan). Garis kontur ditampilkan dengan interval 0,4meter, yang menandakan perubahan elevasi. Semakin rapat garis kontur, semakin curam kemiringan lereng di area tersebut. Warna dasar peta memperlihatkan variasi warna tanah dan permukaan yang diukur, dengan beberapa area yang lebih terang atau gelap untuk menunjukkan fitur geografi, seperti bukit atau lembah. Terdapat titik-titik persilangan yang mungkin menunjukkan titik pengukuran atau stasiun pengamatan selama survei dilakukan.



Gambar 13. 3D Model Hasil Pengukuran Terestris dan DTM Foto Udara

Gambar kiri menunjukkan hasil pengukuran topografi menggunakan metode terestris, di mana data elevasi diperoleh melalui survei darat. Kontur yang terlihat menunjukkan perbedaan elevasi yang dihasilkan dari pengukuran langsung di lapangan, dengan berbagai warna menunjukkan ketinggian yang berbeda-beda. Penggunaan metode ini biasanya memberikan data yang lebih detail pada area yang diukur secara langsung, khususnya pada wilayah yang memiliki medan sulit dijangkau.

Sementara itu, gambar kanan merupakan hasil pengukuran topografi menggunakan Digital Terrain Model (DTM) yang diperoleh dari survei udara. Dalam gambar ini, terlihat perbedaan elevasi yang ditampilkan dengan kontur yang lebih halus dan grid yang lebih seragam, mengindikasikan cakupan area yang lebih luas dengan data elevasi yang dihasilkan dari metode pemindaian udara. Elevasi terbesar yang tercatat pada peta ini adalah 14,416 meter, sementara elevasi terkecilnya adalah 6,567 meter. Perbedaan elevasi ini menunjukkan variasi ketinggian yang signifikan di area yang dipetakan, memberikan informasi penting untuk analisis permukaan dan penggunaan lahan di daerah tersebut.

4. KESIMPULAN

Dari hasil identifikasi dan konversi data Digital Surface Model menjadi Digital Terrain Model Foto Udara didapatkan nilai elevasi terbesar yaitu 14,416 meter di L06 dan nilai elevasi terkecil yaitu 6,567 meter di titik A46, sehingga rata-rata elevasi pada DTM foto udara yaitu sebesar 13,716 meter.

Hasil perbandingan elevasi DTM Foto udara terhadap pengukuran terestrial didapatkan nilai selisih elevasi terbesar yaitu 5,513 meter di titik A46 dan nilai selisih elevasi terkecil yaitu sebesar -2,682 meter di titik L21, sehingga rata-rata selisih nilai elevasi yaitu sebesar -0,011 meter. Hasil ketelitian vertikal atau elevasi (Z) yaitu dengan nilai LE90 sebesar 0,2065 meter dan telah memenuhi standar ketelitian geometri pada skala 1:1000 kelas 1 berdasarkan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014. Hasil perbandingan juga dapat dilihat dari gambar 3D model yang dihasilkan dari elevasi *Digital Terrain Model* Foto Udara.

DAFTAR PUSTAKA

- Duantari, N. and Cahyono, A.B. (2017) ‘Analisis Perbandingan DTM (Digital Terrain Model) dari LiDAR (Light Detection and Ranging) dan Foto Udara dalam Pembuatan Kontur Peta Rupa Bumi Indonesiafile:///D:/KULIAH/SEMESTER 3/Praktikum Aerial Survei/ACARA 7/MATERI/MODUL TEKNIK FOTOGRAMETRI.pdf’, *Jurnal Teknik ITS*, 6(2).
- James, M.R. and Robson, S. (2012) ‘Straightforward reconstruction of 3D surfaces and topography with a camera: Accuracy and geoscience application’, *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 117(3), pp. 1–17. Available at: <https://doi.org/10.1029/2011JF002289>.
- Juwita Arfain and Hepi Hapsari Handayani (2016) ‘Analisa Data Foto Udara untuk DEM dengan Metode TIN, IDW, dan Kriging’, *Jurnal Teknik Its*, 5(2), pp. 182–187.
- Latifa, D.P., Nurtyawan, R. and Nuha, M.U. (2021) ‘Analisis perbandingan ketelitian vertikal dtm (digital terrain model) dari foto udara dan lidar (light detection and ranging) (wilayah studi: Sungai Gelam Timur Jambi)’, *Repo.Itera.Ac.Id*, 2, pp. 1–12. Available at: <https://doi.org/10.35472/x0xx0000>.
- Rachma, Y.S., Prasetyo, Y. and Yuwono, B.D. (2018) ‘Analisis Akurasi Ketelitian Vertikal Menggunakan Foto Udara Hasil Pemotretan Pesawat Tanpa Awak Untuk Pembentukan Digital Terrain Model (Dtm)’, *Jurnal Geodesi Undip*, 7(4), pp. 244–253.
- Zona, S. (2018) ‘Zona spasial.pdf’.