

**KAJIAN KETELITIAN PLANIMETRIK DAN GEOMETRIK PETA
FOTO UDARA DENGAN VARIASI TINGGI TERBANG UAV**

(Skripsi)

**Oleh
ULUL ABSHOR ABDALLA
1855013001**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

KAJIAN KETELITIAN PLANIMETRIK DAN GEOMETRIK PETA FOTO UDARA DENGAN VARIASI TINGGI TERBANG UAV

Oleh

ULUL ABSHOR ABDALLA

Teknologi UAV memberikan efisiensi waktu dan akurasi tinggi dalam bidang survei dan pemetaan. UAV dapat mengambil data dengan cepat dan mencakup area luas, menjadikannya alat yang efektif untuk menghasilkan peta foto udara. Variasi ketinggian terbang dapat memengaruhi kualitas peta, karena pada ketinggian tertentu peluang distorsi semakin besar akibat objek yang jauh dari titik pusat citra. Penelitian ini mengkaji pengaruh variasi ketinggian terbang UAV (75 dan 150 meter) terhadap ketelitian planimetrik (jarak dan luas) serta geometrik peta foto udara.

Penelitian ini dilakukan di Desa Kebagusan, Kecamatan Gedong Tataan, Pesawaran. Data yang digunakan berupa peta foto udara dengan ketinggian terbang UAV 75 dan 150 meter serta titik koordinat yang diambil di lapangan. Pengujian ketelitian planimetrik jarak menggunakan 13 sampel sisi tepi batas bidang tanah, sedangkan ketelitian planimetrik luas menggunakan sebidang tanah. Uji ketelitian geometrik menggunakan 13 titik ICP. Ketiga uji tersebut dilakukan berdasarkan nilai RMSE, $0,5 \sqrt{\text{Luas}}$, dan CE90 sesuai pedoman PMNA Nomor 3 Tahun 1997 dan Perka BIG Nomor 6 Tahun 2018.

Hasil menunjukkan pada ketinggian terbang 75 meter, ketelitian planimetrik jarak rata-rata adalah 0,24 meter, sedangkan pada 150 meter menurun menjadi 0,35 meter. Ketelitian planimetrik luas memiliki selisih 2 meter persegi pada ketinggian 75 meter dan 4 meter persegi pada 150 meter. Ketelitian geometrik mencapai 0,78 meter pada ketinggian 75 meter dan 0,93 meter pada 150 meter. Ketinggian terbang 75 meter menghasilkan ketelitian planimetrik (jarak dan luas) serta ketelitian geometrik yang lebih tinggi daripada 150 meter, sedangkan ketinggian 150 meter memberikan cakupan area yang lebih luas.

Kata Kunci : UAV, ketelitian planimetrik, ketelitian geometrik, fotogrametri, ketinggian terbang

ABSTRACT

STUDY OF PLANIMETRIC AND GEOMETRIC ACCURACY OF AERIAL MAPS WITH VARIATIONS IN UAV FLIGHT ALTITUDE

By

ULUL ABSHOR ABDALLA

UAV technology offers time efficiency and high accuracy in surveying and mapping. UAVs can rapidly collect data over large areas, making them effective for producing aerial maps. However, flight altitude variations can impact map quality due to increased distortion at higher altitudes. This study examines the effects of UAV flight altitudes (75 and 150 meters) on the planimetric (distance and area) and geometric accuracy of aerial maps. Conducted in Kebagusan Village, Gedong Tataan District, Pesawaran, the study used aerial data from UAV flights at 75 and 150 meters, along with field-collected coordinate points. Planimetric distance accuracy was tested using 13 edge samples of land parcels, while planimetric area accuracy was tested using a single land parcel. Geometric accuracy was evaluated with 13 ICP points, based on RMSE, $0.5 \sqrt{\text{Area}}$, and CE90 according to PMNA Regulation No. 3 of 1997 and BIG Regulation No. 6 of 2018. Results show that at 75 meters, the average planimetric distance accuracy is 0.24 meters, decreasing to 0.31 meters at 150 meters. Planimetric area accuracy differences are 2 square meters at 75 meters and 4 square meters at 150 meters. Geometric accuracy was 0.78 meters at 75 meters and 0.93 meters at 150 meters. The 75-meter altitude yields higher planimetric and geometric accuracy, while 150 meters provides broader area coverage.

Key words : UAV, planimetrik accuracy, geometric accuracy, photogrammetry,
flight altitude

**KAJIAN KETELITIAN PLANIMETRIK DAN GEOMETRIK PETA
FOTO UDARA DENGAN VARIASI TINGGI TERBANG UAV**

Oleh

**ULUL ABSHOR ABDALLA
1855013001**

(Skripsi)

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

**Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : KAJIAN KETELITIAN PLANIMETRIK DAN GEOMETRIK PETA FOTO UDARA DENGAN VARIASI TINGGI TERBANG UAV

Nama Mahasiswa : Ulul Abshor Abdalla

NPM : 1855013001

Program Studi : S1 Teknik Geodesi

Fakultas : Teknik



Citra Dewi, S.T., M.Eng.
NIP. 198201122008122001

Rahma Anisa, S.T., M.Eng.
NIP. 199307162020122032

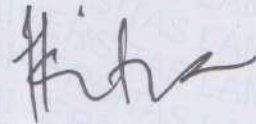
2. Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM.
NIP. 196410121992031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Citra Dewi, S.T., M.Eng.



Sekretaris : Rahma Anisa, S.T, M.Eng.



Anggota : Romi Fadly, S.T., M. Eng.



2. Dekan Fakultas Teknik

Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. ✓
NIP. 1975092820011210002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 26 Juni 2024



PERNYATAAN SKRIPSI MAHASISWA

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Ulul Abshor Abdalla
Nomor Pokok Mahasiswa : 1855013001
Program Studi : Teknik Geodesi
Jurusan : Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pekerjaan saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya tidak berisi materi yang telah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain atau telah dipergunakan dan diterima sebagai persyaratan penyelesaian studi atau pada Universitas atau Institut lain

Bandarlampung, September 2024



Ulul Abshor Abdalla
NPM. 1855013001

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Jakarta, 27 Agustus 2000, anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Ayahanda Suyadi dan Ibunda Nunuk Muntazah.

Pendidikan akademis penulis dimulai pada tahun 2006, penulis bersekolah di Sekolah Dasar Islam Terpadu Islamia, yang biasa disebut SD-IT Islamia yang berada di Kabupaten Bekasi.

Kemudian melanjutkan Sekolah Tingkat Pertama pada yayasan yang sama, yaitu SMP-IT Islamia yang lulus pada tahun 2015. Lalu penulis melanjutkan untuk bersekolah di SMAN 1 Tambun Utara yang berada di Kabupaten Bekasi hingga lulus ditahun 2018. Setelah lulus, penulis melanjutkan studinya sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika di Universitas Lampung.

Selama menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Geodesi, penulis pernah menjadi Asisten Dosen Mata Kuliah Fotogrametri selama 3 tahun berturut-turut, dimulai tahun 2021 hingga 2023. Selain itu penulis juga pernah berkecimpung didalam organisasi mahasiswa internal dan eksternal. Untuk organisasi mahasiswa internal, penulis pernah menjabat sebagai Sekretaris Umum Himpunan Mahasiswa Geodesi (HIMAGES) Universitas Lampung pada tahun 2021, dan juga menjadi anggota Kementerian Aksi dan Propaganda di Badan Eksekutif Mahasiswa Universitas Lampung (BEM-U) pada tahun 2020. Untuk organisasi mahasiswa eksternal, penulis pernah mengemban tanggung jawab sebagai Sekretaris Umum Pergerakan Mahasiswa Islam Indonesia (PMII) Rayon Teknik pada tahun 2021, dan menjadi delegasi Universitas Lampung dalam forum komunikasi Ikatan Mahasiswa Geodesi Indonesia (IMGI) pada tahun 2020.

Tahun 2021, penulis melaksanakan salah satu syarat untuk menjadi sarjana teknik, yaitu kerja praktik, yang mana kegiatan ini dilaksanakan di Kementrian Agraria dan

Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional Kantor Pertanahan Kabupaten Lampung Timur. Disaat melaksanakan kerja praktik, penulis ikut berkontribusi dalam proyek strategis nasional (PSN) yaitu pembebasan lahan untuk Bendungan Margatiga Lampung Timur, dan juga penulis ikut dalam pekerjaan tahunan dari Badan Pertanahan Nasional yaitu Pemetaan Tematik Pertanahan dan Ruang (PTPR) di Desa Margototo, Lampung Timur.

Penulis juga memiliki pengalaman pada tahun 2022 yaitu mengerjakan pendaftaran tanah sistematis lengkap (PTSL) di Desa Bumi Nabung Ilir, Lampung Tengah. Dan penulis mendapatkan panggilan untuk mengerjakan Pemetaan Tematik Pertanahan dan Ruang (PTPR) di Desa Tegal Yoso, dan Desa Tanjung Kesuma, Lampung Timur. Penulis juga memiliki pengalaman untuk mendokumentasikan area yang ingin dijadikan jalan menggunakan *Drone* di daerah Muara Enim, Sumatera Selatan.

Ditahun 2023 penulis melakukan penelitian di Kabupaten Pesawaran dengan judul “Kajian Ketelitian Planimetrik Dan Geometrik Peta Foto Udara Dengan Variasi Tinggi Terbang UAV” yang dibimbing oleh Ibu Citra Dewi S.T., M.Eng., dan Ibu Rahma Anisa S.T., M.Eng.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT atas berkah, rahmat dan karunia-Nya. Pada kesempatan yang berbahagia ini, sebuah perjalanan panjang telah penulis lewati dari hal kecil yang tidak penulis ketahui sampai pada titik ini dimana engkau selalu membimbing dan mengarahkan pada hal-hal baik. Oleh karena itu, dari lubuk hati yang paling dalam karya ini penulis persembahkan sebagai bukti cinta kasih kepada:

- 1) Abah ku tercinta, telah berusaha agar Mas Dalla dapat menempuh pendidikan setinggi tingginya, agar kelak dimasa yang akan datang dapat berguna untuk bangsa, negara dan agama.
- 2) Umi ku tercinta, yang tidak kenal letih untuk memberikan yang terbaik untuk Mas Dalla, dan juga selalu mendukung apapun langkah langkah kebaikan yang akan diambil oleh Mas Dalla.
- 3) Om Bujung dan Tante Anis yang telah menunjang kehidupan Mas Dalla selama kuliah di Universitas Lampung.
- 4) Mbak Yaya dan Bang Erdin dan juga keponakan ku Fissara yang telah mendukung dan mendoakan agar diberikan kelancaran selama pengerjaan skripsi ini.
- 5) Teknik Geodesi dan Geomatika Universitas Lampung, yang telah memberikan banyak ilmu, cerita, dan pengalaman baru kepada penulis.
- 6) Almamater tercinta Universitas Lampung, terima kasih atas pendidikan yang diberikan dan pembelajaran yang sangat baik dan berharga ini.

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah memberikan begitu banyak rahmat, nikmat, dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian sampai penyusunan skripsi ini dapat terselesaikan sebagai syarat dalam meraih gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung yang berjudul “Kajian Ketelitian Planimetrik Dan Geometrik Peta Foto Udara Dengan Variasi Tinggi Terbang UAV”. Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Untuk itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
2. Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika
3. Citra Dewi S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing I yang telah membimbing, memberi masukan, nasihat, dan meluangkan waktu serta tenaga dan pikiran sehingga penelitian pada skripsi ini dapat berjalan dengan baik.
4. Rahma Anisa S.T., M.Eng., selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing serta memberi masukan sehingga penyusunan skripsi ini dapat berjalan dengan baik.
5. Kedua orang tua penulis, Abah dan Umi. Terima kasih atas segala doa, perhatian, kasih sayang, dukungan dan kepercayaan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
6. Om Bujung dan Tante Anis yang telah memberikan fasilitas kepada penulis selama menyelesaikan kuliah di Universitas Lampung, dan dukungan serta semangat kepada penulis.

7. Mbak Yaya dan Abang Erdin, dan juga keponakanku tercinta Fissara Hirya Izzati yang telah memberikan dukungan, saran dan semangat tiada henti-hentinya kepada penulis.
8. Rachmawati Fitri Oktaviani yang telah mengingatkan, membantu, dan juga memberikan support selama berlangsungnya kuliah hingga penyusunan skripsi ini selesai.
9. Waddan Aziz yang telah menjadi saudara untuk bertukar pikiran, dan juga membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini.
10. Debora Ika Wulansari yang telah membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini.
11. Dimas, Edo, Juanda dan Wahyu sebagai rekan rekan yang telah memberikan support.
12. Raihan dan Yoga sebagai adik tingkat yang telah membantu penulis untuk pengambilan data skripsi.
13. Keluarga besar Teknik Geodesi 18 yang telah menemani, membantu dan memberi support serta menjadi teman seperjuangan penulis dalam meraih gelar Sarjana Teknik.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, oleh karena itu mohon maaf bila terdapat kesalahan dalam penulisan skripsi ini. Semoga nantinya skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi pembaca.

Bandarlampung, Juni 2024
Penulis,

Ulul Abshor Abdalla
NPM 1855013001

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Kerangka Pemikiran	3
1.5 Hipotesis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.2 Pemetaan Bidang Tanah	7
2.3 Fotogrametri.....	7
2.4 <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> (UAV).....	8
2.5 Foto Udara	12
2.6 <i>Ground Control Point</i>	10
2.7 <i>Independent Check Point</i>	11
2.8 Orthorektifikasi	12
2.9 <i>Orthophoto</i>	14
2.10 <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	16
2.11 Uji Ketelitian Geometri	16
2.12 Uji Ketelitian Planimetrik Jarak.....	17
2.13 Uji Ketelitian Planimetrik Luas	18
III. METODE PENELITIAN	20
3.1 Tempat dan Waktu.....	20
3.2 Alat dan Bahan	21
3.2.1 Alat.....	21
3.2.2 Data Penelitian	22
3.3 Metode Penelitian	23
3.4 Tahap Persiapan Penelitian.....	24
3.4.1 Studi Literatur	24
3.4.2 Perencanaan Jalur Terbang.....	23
3.4.3 Penentuan Penempatan <i>Ground Control Point</i> (GCP).....	23
3.4.4 Penentuan Penempatan <i>Independent Check Point</i> (ICP)	25
3.5 Tahap Pengumpulan Data Penelitian.....	24

3.5.1	Pengambilan GCP dan ICP	25
3.5.2	Akuisisi Foto Udara	22
3.6	Tahap Pengolahan Data Penelitian	24
3.6.1	<i>Allign Photos</i>	27
3.6.2	<i>Orthorektifikasi</i>	22
3.6.3	Pembuatan Model 3 Dimensi.....	28
3.6.4	Pembuatan <i>Digital Surface Model dan Digital Terrain Model</i>	28
3.6.5	Pembuatan Orthophoto	30
3.6.6	Pengujian RMSE (<i>Root Mean Square Error</i>).....	22
3.6.7	Pengujian Ketelitian Geometrik CE90.....	30
3.6.8	Pengujian Ketelitian Planimetrik Jarak	31
3.6.9	Pengujian Ketelitian Planimetrik Luas.....	31
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1	<i>Ground Control Point dan Independent Check Point</i>	33
4.2	Foto Udara	34
4.3	Model 3D.....	36
4.4	Ketelitian Geometrik	40
4.5	Ketelitian Planimetrik Luas	41
4.6	Ketelitian Planimetrik Jarak.....	43
4.7	Peta <i>Orthophoto</i>	43
V.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	46
5.1	Simpulan.....	46
5.2	Saran.....	47
	DAFTAR PUSTAKA	48
	LAMPIRAN	51
	LAMPIRAN A HASIL PENGAMBILAN DATA	52
	LAMPIRAN B HASIL PENGOLAHAN DATA	58
	LAMPIRAN C PETA HASIL PENELITIAN	64
	LAMPIRAN D DOKUMENTASI PENELITIAN.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian terdahulu	5
2. Penelitian terdahulu	6
3. Penelitian terdahulu	7
4. Klasifikasi ketelitian geometri peta RBI	17
5. Ketentuan ketelitian geometri peta RBI	17
6. Koordinat GCP	33
7. Koordinat ICP	34
8. Perhitungan orthorektifikasi ketinggian terbang drone 75 meter	36
9. Perhitungan orthorektifikasi ketinggian terbang drone 150 meter	36
10. Ketelitian Geometri 75m	41
11. Ketelitian Geometri 150m	41
12. Perhitungan Selisih Luas Ketinggian Terbang 75 meter	42
13. Perhitungan Selisih Luas Ketinggian Terbang 150 meter	42
14. Tabel Data Koordinat GPS RTK	53
15. Data Koordinat GCP (Ground Control Point)	53
16. Data Koordinat ICP ketinggian Terbang UAV 75 meter	54
17. Data Koordinat ICP ketinggian Terbang UAV 150meter	54
18. Luas Sampel Bidang Tanah	55
19. Hasil Pengolahan Data Ketinggian Terbang UAV 75 meter	59
20. Hasil Pengolahan Data Ketinggian Terbang UAV 150 meter	60
21. Pengolahan sampel data luas bidang tanah	61
22. Pengolahan sampel data luas bidang tanah	62

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. UAV jenis Quadcopter <i>Drone</i>	10
2. Foto udara.....	13
3. Premark yang digunakan pada saat penelitian.....	11
4. Orthophoto.....	15
5. Lokasi penelitian.	20
6. Lokasi pengamatan.....	21
7. Diagram alir penelitian.	23
8. Contoh perencanaan jalur terbang.....	24
9. Perencanaan penempatan GCP.....	25
10. Perencanaan penempatan ICP	26
11. Pengambilan GCP dan ICP	27
12. Hasil pengambilan foto udara.....	28
13. Orthorektifikasi pada aplikasi Agisoft Metashape	29
14. Build mesh.....	29
15. Tampilan DSM pada aplikasi Agisoft	30
16. Filtering DSM menjadi DTM.....	30
17. Orthophoto.....	31
18. Sampel foto udara ketinggian terbang <i>drone</i> 75 meter.	35
19. Sampel foto udara ketinggian terbang <i>drone</i> 150 meter.	35
20. DSM ketinggian terbang <i>drone</i> 150 meter	36
21. DSM ketinggian terbang <i>drone</i> 75 meter.....	36
22. DTM ketinggian terbang <i>drone</i> 150 meter.....	37
23. DTM ketinggian terbang <i>drone</i> 75 meter	37
24. Model 3D ketinggian terbang <i>drone</i> 150 meter.....	38
25. Model 3D DTM ketinggian terbang <i>drone</i> 75 meter	38
26. Peta <i>orthophoto</i> ketinggian terbang <i>drone</i> 150 meter.....	45

27. Peta orthophoto ketinggian terbang <i>drone</i> 75 meter.	45
28. Sampel foto udara.....	56
29. Sampel foto udara.....	57
30. Orthophoto.....	63
31. Orthophoto.....	63
32. Pemasangan GCP	65
33. Pengamatan titik GCP	65
34. Pengamatan titik ICP	66
35. Akuisisi data foto udara.....	66
36. Peta orthophoto ketinggian terbang <i>drone</i> 75 meter.	68
37. Peta orthophoto ketinggian terbang <i>drone</i> 150 meter.	69
38. Peta sebaran GCP dan ICP	70
39. Peta sebaran titik pengukuran GNSS	71
40. DSM ketinggian terbang <i>drone</i> 75 meter.....	72
41. DSM ketinggian terbang <i>drone</i> 150 meter.....	73
42. DTM ketinggian terbang <i>drone</i> 75 meter.....	74
43. DTM ketinggian terbang <i>drone</i> 150 meter.....	75
44. Model 3D.....	76
45. Model 3D.....	77

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Perkembangan teknologi yang pesat telah mempengaruhi berbagai bidang, termasuk survei dan pemetaan. Teknologi ini dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi dan akurasi dalam pekerjaan manusia. Salah satu inovasi penting dalam pemetaan adalah penggunaan Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Awalnya, UAV banyak digunakan untuk pengambilan foto udara dalam dunia fotografi, tetapi kini telah menjadi alat utama dalam survei dan pemetaan wilayah melalui pengembangan teknik fotogrametri.

UAV modern dilengkapi dengan sistem pengendali berbasis autopilot, navigasi presisi menggunakan Global Positioning System (GPS), dan sistem kontrol elektronik yang memungkinkan akuisisi foto udara dengan resolusi spasial tinggi. Dua jenis UAV yang umum digunakan untuk pemetaan adalah fix wings dan copter. Salah satu keunggulan utama UAV adalah kemampuannya terbang di bawah lapisan awan, memungkinkan pengambilan citra yang lebih detail dan tajam dibandingkan citra satelit (Kushardono, 2014).

Peta foto udara yang dihasilkan dari pemotretan UAV memberikan gambaran visual yang rinci dan akurat dari suatu wilayah. Peta ini digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti perencanaan tata ruang, pemetaan tanah, dan monitoring lingkungan. Ketelitian planimetrik dan geometrik merupakan aspek penting dalam pemetaan karena berkaitan dengan akurasi koordinat dan pengukuran di lapangan. Penggunaan Ground Control Points (GCP) memainkan peran penting dalam meningkatkan ketelitian peta udara.

Namun, salah satu tantangan dalam penggunaan UAV untuk pemetaan

adalah distorsi geometrik yang disebabkan oleh proyeksi sentral kamera. Proyeksi ini menciptakan distorsi perspektif, terutama di tepi gambar, yang dapat menyebabkan pergeseran posisi objek pada peta.

Untuk mengatasi masalah ini, citra yang dihasilkan UAV perlu dikoreksi melalui proses ortorektifikasi. Ortorektifikasi mentransformasi citra dari proyeksi sentral menjadi proyeksi orthogonal, yang menghilangkan distorsi perspektif dan menghasilkan peta yang lebih akurat secara geometrik.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa variasi ketinggian terbang UAV mempengaruhi ketelitian geometrik peta foto udara yang dihasilkan. Sebagai contoh, penelitian oleh Gunawan, dkk. (2019) menyimpulkan bahwa ketinggian terbang yang lebih rendah cenderung menghasilkan distorsi perspektif lebih besar, tetapi menawarkan resolusi spasial lebih baik. Penelitian ini berfokus pada kajian perbandingan ketinggian terbang 75 meter dan 150 meter, serta mencari ketelitian planimetrik jarak dan luas dari hasil pemotretan UAV pada dua ketinggian tersebut.

Selain itu, berdasarkan Peraturan Menteri Perhubungan No. 90 Tahun 2015, penerbangan UAV di atas 150 meter memerlukan izin dari Kementerian Perhubungan. Oleh karena itu, ketinggian terbang 75 meter dan 150 meter dipilih untuk mengevaluasi akurasi tanpa melampaui batasan regulasi yang berlaku.

Penelitian ini bertujuan mengkaji pengaruh variasi ketinggian terbang terhadap ketelitian planimetrik (jarak dan luas) dan geometrik peta foto udara. Studi ini diharapkan memberikan wawasan tentang dampak ketinggian terbang terhadap distorsi perspektif serta efektivitas proses ortorektifikasi dalam meningkatkan akurasi peta.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, penulis dapat merumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi ketinggian terbang UAV (75 meter dan

150 meter) terhadap ketelitian planimetrik jarak dan luas pada peta foto udara?

2. Bagaimana tingkat akurasi geometrik peta yang dihasilkan dari transformasi proyeksi sentral ke proyeksi orthogonal pada dua ketinggian terbang UAV yang berbeda?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh variasi ketinggian terbang UAV (75 meter dan 150 meter) terhadap ketelitian planimetrik jarak dan luas pada peta foto udara.
2. Mengevaluasi tingkat akurasi geometrik peta foto udara yang dihasilkan dari pada dua ketinggian terbang UAV yang berbeda.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Untuk menyederhanakan ruang lingkup dalam penelitian ini maka di tentukan batasan masalah sebagai berikut:

1. Lokasi penelitian ini dilakukan di Dusun Kampung Sawah, Desa Kebagusan, Kecamatan Gedong Tatataan, Kabupaten Pesawaran.
2. Lokasi penelitian ini dilakukan di Permukiman padat.
3. Ketinggian terbang UAV yang digunakan dalam penelitian ini adalah 75 meter dan 150 meter dikarenakan ada Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 90 Tahun 2015 yang melarang UAV terbang diatas 150m.
4. GCP yang digunakan pada penelitian ini berjumlah 3 titik dan untuk ICP yang digunakan 25 titik yang diukur menggunakan alat GNSS dengan metode RTK.
5. Pada penelitian ini mencari ketelitian geometrik horizontal, planimetrik luas dan planimetrik jarak.
6. UAV yang digunakan dalam penelitian ini berjenis *Quad Copter* dengan merk DJI Phantom 4.

1.5 Kerangka Pemikiran

Penelitian ini berfokus pada penggunaan UAV dalam pemetaan fotogrametri, dengan tujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi ketinggian terbang (75 meter dan 150 meter) terhadap ketelitian planimetrik dan geometrik peta foto udara. Ketinggian yang lebih rendah menghasilkan resolusi lebih tinggi tetapi meningkatkan distorsi perspektif, sedangkan ketinggian yang lebih tinggi mengurangi distorsi namun menurunkan resolusi. Untuk mengatasi distorsi ini citra diubah dari proyeksi sentral menjadi proyeksi orthogonal melalui proses ortorektifikasi, yang penting untuk meningkatkan ketelitian geometrik peta. Penggunaan *Ground Control Points* (GCP) juga mendukung akurasi peta dengan memperbaiki posisi koordinat yang dihasilkan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan ketinggian terbang dalam kaitannya dengan ketelitian peta, serta menilai efektivitas ortorektifikasi dan GCP dalam meningkatkan akurasi hasil pemotretan.

1.6 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah ketinggian terbang UAV 75 meter akan menghasilkan ketelitian planimetrik yang lebih tinggi pada peta foto udara, meskipun cakupan area yang terjangkau akan lebih kecil. Sebaliknya, ketinggian terbang 150 meter diharapkan menghasilkan cakupan area yang lebih luas tetapi dengan ketelitian planimetrik yang lebih rendah. Selain itu, proses ortorektifikasi diperkirakan akan meningkatkan ketelitian geometrik peta foto udara pada kedua ketinggian terbang tersebut, dan penggunaan *Ground Control Points* (GCP) akan lebih memperbaiki akurasi koordinat serta hasil peta yang dihasilkan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan berdasarkan kajian pustaka yang bersumber dari karya ilmiah yang dibuat oleh peneliti terdahulu. Penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan dan landasan dalam penelitian ini terdapat pada tabel 1.

Tabel 1. Penelitian terdahulu

No	Judul Penelitian	Data	Metode	Hasil
1	Pemanfaatan <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> (UAV) Jenis Quadcopter untuk Percepatan Pemetaan Bidang Tanah (Studi Kasus: Desa Solokan Jeruk Kabupaten Bandung)	Peta batas administrasi Desa Solokan Jeruk, Citra Satelit, Foto Udara, dan Koordinat pengukuran GPS RTK	<i>RMSE (Root Mean Square Error)</i>	Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pemetaan dengan menggunakan UAV jenis quadcopter dapat membantu penyelesaian program PTSL, yaitu ditinjau dari aspek ketelitian dan kecepatan waktu pemetaan. Ketelitian yang dihasilkan oleh wahana UAV jenis Quadcopter mencapai 96% dan dapat masuk ke dalam skala 1 : 2.500 pada kelas 3 berdasarkan tabel ketelitian geometri pembuatan peta RBI.

(Hartono, dan Darmawan, 2019)

Tabel 2. Penelitian terdahulu

2	<p>Pengaruh Variasi Tinggi Terbang Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (Uav) Quadcopter Dji Phantom 3 Pro Pada Pembuatan Peta Orthofoto (Studi Kasus Kampus Universitas Diponegoro)</p> <p>(Ahmad, dan Suprayogi, 2017)</p>	<p>Peta batas administrasi Kab. Tapin, Citra Google Earth, Foto udara, koordinat pengukuran GPS RTK.</p>	<p><i>RMSE (Root Mean Square Error)</i></p>	<p>Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa ketelitian lebih baik didapatkan pada tinggi terbang 80m dibandingkan dengan tinggi terbang 100 meter serta jika dilihat kesalahan <i>pix</i> dari tinggi terbang 80 meter sebesar 1,52407 <i>pix</i> dan tinggi terbang 100 meter sebesar 2,33035 <i>pi</i></p>
3	<p>Perbandingan Uji Akurasi Data Pada <i>Orthophoto</i> Menggunakan Teknik Pemotretan Tegak Dan Miring Berdasarkan Standar Ketelitian Planimetris BPN (Badan Pertanahan Nasional)</p> <p>(Agustina, dan Tjahjadi, 2021)</p>	<p>Foto udara dan Pengukuran terestris dengan pengamatan <i>GPS RTK</i></p>	<p><i>RMSE (Root Mean Square Error)</i></p>	<p>Dari penelitian tersebut, berdasarkan standar ketelitian yang dikeluarkan BPN (Badan Pertanahan Nasional) untuk peta dasar dengan skala 1:1000, dengan metode pengambilan data pemotretan foto tegak memenuhi syarat, sedangkan pemotretan foto miring (<i>oblique</i>) tidak memenuhi syarat</p>
4	<p>Kajian Ketelitian Planimetrik Dan Geometrik Peta Foto Udara Dengan Variasi Tinggi Terbang UAV</p>	<p>Peta foto udara, peta batas administrasi Desa Kebagusan, Koordinat pengukuran GPS RTK</p>	<p><i>RMSE (Root Mean Square Error), PMNA PMNA Nomor 3 Tahun 1997 dan</i></p>	<p>Hasil menunjukkan pada ketinggian terbang 75 meter, ketelitian planimetrik jarak rata-rata adalah 0,24 meter, sedangkan pada 150 meter menurun menjadi 0,31 meter. Ketelitian planimetrik luas</p>

Tabel 3. Penelitian terdahulu

	(Abdalla, 2024)		Perka BIG Nomor 6 Tahun 2018	memiliki selisih 2 meter persegi pada ketinggian 75 meter dan 4 meter persegi pada 150 meter. Ketelitian geometrik mencapai 0,78 meter pada ketinggian 75 meter dan 0,93 meter pada 150 meter. Ketinggian terbang 75 meter menghasilkan ketelitian planimetrik (jarak dan luas) serta ketelitian geometrik yang lebih tinggi daripada 150 meter, sedangkan ketinggian 150 meter memberikan cakupan area yang lebih luas.
--	-----------------	--	--	--

2.2 Pemetaan Bidang Tanah

Pemetaan bidang tanah adalah kegiatan menggambarkan hasil pengukuran bidang tanah secara sistematis maupun sporadis dengan suatu metode tertentu pada media tertentu seperti lembaran kertas, drafting film atau media lainnya sehingga letak dan ukuran bidang tanahnya dapat diketahui dari media tempat pemetaan bidang tanah tersebut.

2.3 Fotogrametri

Fotogrametri atau *aerial surveying* adalah teknik pemetaan melalui foto udara. Hasil pemetaan secara fotogrametrik berupa peta foto dan tidak dapat langsung dijadikan dasar atau lampiran penerbitan peta. Fotogrametri adalah suatu seni, pengetahuan dan teknologi untuk memperoleh data dan informasi tentang suatu obyek serta keadaan di

sekitarnya melalui suatu proses pencatatan, pengukuran dan interpretasi bayangan fotografis (hasil pemotretan).

Kegiatan pemetaan secara fotogrametris yaitu menggunakan foto udara yang dilakukan selama puluhan tahun menyebabkan semakin berkembang pula peralatan dan teknik dalam pemetaan, diikuti dengan perkembangan fotogrametri yang akurat dan efisien, serta sangat menguntungkan didalam bidang pemetaan. Fotogrametri dapat dimanfaatkan untuk kegiatan pemetaan yang memerlukan ketelitian tinggi, sehingga perkembangan selanjutnya sebagian besar pemetaan topografi dan juga pemetaan persil dilakukan dengan menggunakan fotogrametri (Wahyono dkk., 2017).

Fotogrametri memiliki banyak fungsi dalam pengukuran tanah dan rekayasa. Sebagai contoh dipakai dalam pengukuran tanah untuk menghitung koordinat titik sudut, titik sudut batas. Peta-peta skala besar dibuat berdasarkan fotogrametri untuk pengkaplingan tanah, untuk memetakan garis-garis pantai, untuk menentukan koordinat titik kontrol, untuk menggambarkan penampang melintang dalam pembuatan jalan (Wolf, 1993).

Fotogrametri atau aerial surveying adalah teknik pemetaan melalui foto udara pada umumnya dipergunakan untuk berbagai kegiatan perencanaan dan desain seperti jalan raya, jalan kereta api, jembatan, jalur pipa, tanggul, jaringan listrik, jaringan telepon, bendungan, pelabuhan, pembangunan perkotaan, dsb. (Wolf, 2008)

Fotogrametri memiliki manfaat dan peran yang sangat besar baik untuk keperluan pengembangan teori maupun untuk keperluan aplikasi. Sumbangan utama fotogrametri adalah untuk pembuatan peta dengan tingkat akurasi dan informasi yang relatif detail

2.4 Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau yang umum juga disebut dengan *Remotely Piloted Vehicle (RPV)*, *Drone*, *robot plane*, dan *Pilotless Aircraft*. adalah salah satu wahana tanpa awak di udara yang mana dapat terbang tanpa pilot, menggunakan gaya aerodinamik untuk menghasilkan

gaya angkat (lift), dan dapat terbang secara autonomous atau dioperasikan dengan radio kontrol. UAV digunakan untuk berbagai keperluan baik di lingkup militer maupun sipil, dan mampu membawa beban (*payload*) sesuai dengan misi yang dijalankan.

Istilah terbaru UAV untuk fotogrametri menjelaskan bahwa platform ini dapat beroperasi dan dikendalikan dengan sistem semi-otomatis maupun otomatis oleh seorang pilot yang mengontrol dari jarak jauh. Platform ini dilengkapi dengan kemampuan untuk melakukan pengukuran fotogrametri baik secara skala kecil maupun besar dengan menggunakan sistem kamera atau kamera video, sistem kamera thermal atau inframerah, sistem LIDAR (*Light Detection and Ranging*), atau kombinasi ketiganya. UAV standar saat ini memungkinkan pendaftaran, pelacakan posisi dan orientasi dari sensor yang diimplementasikan dalam sistem lokal atau koordinat global. Oleh karena itu teknologi UAV untuk fotogrametri ini dapat dipahami sebagai alat pengukuran fotogrametri terbaru (Eisenbeiss., 2009).

Kelebihan utama dari UAV dibandingkan dengan pesawat berawak adalah bahwa UAV dapat digunakan pada situasi dengan resiko tinggi tanpa perlu membahayakan nyawa manusia, pada area yang tidak dapat diakses dan terbang pada ketinggian rendah dibawah awan sehingga foto yang dihasilkan terbebas dari awan. Selain itu, salah satu faktor kelebihan UAV adalah biaya. Harga perangkat UAV dan biaya operasionalnya jauh lebih murah jika dibandingkan dengan pesawat berawak. Dengan diimplementasikannya perangkat GPS navigasi maupun stabilisasi memungkinkan kegiatan penerbangan yang presisi (sesuai dengan rencana terbang) sekaligus menjamin terpenuhinya cakupan area dan overlap foto yang diinginkan.



Gambar 1. UAV Jenis Drone
(Sumber: Hasil penelitian mandiri)

2.5 Ground Control Point

Titik kontrol tanah (GCP) adalah target besar yang ditandai di tanah, ditempatkan secara strategis di seluruh area survey dengan teknis dan preferensi tertentu. GCP berfungsi demikian untuk bisa merujuk lokasi referensi peta di masing-masing titiknya GCP sangat penting untuk meningkatkan akurasi peta. Artinya, GCP membantu memastikan bahwa garis lintang dan bujur titik di peta secara akurat sesuai dengan koordinat GPS yang sebenarnya. GCP memenuhi dua kriteria sederhana berikut:

1. Desain dengan tingkat kontras yang tinggi agar mudah dibedakan dengan medan disekitarnya.
2. Bentuk geometri standar yang menunjukkan pusat penanda yang diukur

Adapun cara untuk menempatkan GCP di antaranya sebagai berikut:

1. Sebarkan GCP merata di tanah
2. Buat zona penyangga di sekeliling batas peta
3. Waspada perubahan ketinggian
4. Pastikan GCP tidak terhalang

GCP memiliki peran yang penting untuk melakukan georeferensi yang mana proses ini adalah mengaitkan piksel-piksel dalam foto udara atau citra dengan koordinat geografis sebenarnya di lapangan. GCP digunakan dalam proses ini untuk memastikan bahwa peta yang dihasilkan memiliki koordinat yang akurat dan konsisten dengan sistem koordinat global. Secara keseluruhan, GCP berperan penting dalam meningkatkan ketelitian planimetrik peta yang dihasilkan dari foto udara. Dengan menggunakan GCP pada pemetaan dapat memastikan bahwa jarak, area, dan posisi dalam peta sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan, sehingga menghasilkan data spasial yang lebih akurat.



Gambar 2. *Premark* yang digunakan pada saat penelitian

2.6 Independent Check Point

Independent Check Point adalah titik-titik yang posisinya diketahui dengan sangat akurat di lapangan, namun tidak digunakan dalam proses kalibrasi atau georeferensi foto udara atau citra satelit. Perbedaan ICP dan GCP adalah ICP digunakan pada saat pengolahan data, sedangkan ICP digunakan disaat data sudah menjadi produk dan tidak termasuk dalam pengolahan data. Titik ICP dan GCP ini digunakan untuk mendapatkan ketelitian horizontal pada foto hasil dari pemotretan udara.

Hubungan ICP dengan ketelitian planimetrik luas dan jarak serta ketelitian geometrik horizontal, ICP digunakan untuk memverifikasi ketelitian planimetrik dengan membandingkan koordinat titik-titik pada peta yang dihasilkan dengan koordinat sebenarnya dari ICP di lapangan. Perbedaan antara kedua set koordinat ini memberikan ukuran kesalahan planimetrik

2.7 Foto Udara

Foto udara merupakan citra yang direkam dari udara untuk memperoleh gambaran dari sebagian permukaan bumi dengan menggunakan wahana pesawat terbang dengan ketinggian tertentu dan menggunakan kamera tertentu. Berdasarkan jenisnya, foto udara dibedakan atas dua jenis yaitu foto tegak dan foto miring. Foto udara tegak merupakan foto yang dihasilkan dari hasil pengambilan foto dimana pada saat pengambilan foto tersebut sumbu kamera berada dalam posisi tegak lurus dengan permukaan bumi. Sedangkan foto miring merupakan foto yang dihasilkan dari hasil pengambilan foto di mana pada saat pengambilan foto tersebut sumbu kamera berada dalam posisi miring. Jenis foto udara yang digunakan untuk keperluan pemetaan adalah foto udara tegak (Husna dkk., 2016).

Foto udara diklasifikasikan sebagai foto udara tegak (vertikal) dan foto udara condong. Foto udara vertikal yaitu apabila sumbu kamera pada saat pemotretan dilakukan benar-benar vertikal atau sedikit miring tidak lebih dari 3° , sedangkan yang disebut dengan foto miring sekali dibuat dengan sumbu kamera yang sengaja diarahkan menyudut terhadap sumbu vertikal. Untuk foto miring, batasannya adalah antara kedua jenis foto tersebut. Secara umum foto yang digunakan untuk peta adalah foto tegak.



Gambar 3. Foto udara.
(Sumber: Hasil penelitian mandiri)

2.8 Georeferensi

Georeferensi adalah proses mengaitkan atau memasangkan data spasial (seperti peta, citra udara, atau citra satelit) dengan koordinat geografis pada permukaan bumi. Proses ini memungkinkan data spasial tersebut untuk dipetakan dan dianalisis dalam sistem koordinat geografis yang diketahui, sehingga dapat digunakan secara akurat dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) atau aplikasi pemetaan lainnya. Georeferensi merupakan proses mengaitkan piksel-piksel dalam foto udara atau citra dengan koordinat geografis sebenarnya di lapangan. Tujuan dari georeferensi memastikan peta foto udara yang dihasilkan memiliki koordinat yang akurat seperti di lapangan.

2.9 Orthorektifikasi

Proses ini merupakan proses lanjutan dari data spasial yang telah tergeoreferensikan. Orthorektifikasi merupakan proses pemrosesan citra udara atau satelit untuk menghilangkan distorsi geometris yang disebabkan oleh topografi dan perspektif sensor atau kamera. Proses ini menghasilkan citra yang memiliki representasi geometris yang akurat, di mana jarak, area, dan bentuk objek di citra sesuai dengan kondisi

sebenarnya di permukaan bumi. *Output* dari *Orthorektifikasi* adalah peta foto udara yang sudah terkoreksi dari distorsi geometrik, yang mana peta foto udara tersebut memberikan representasi yang sangat akurat dari permukaan bumi, memungkinkan analisis yang lebih tepat.

2.10 Orthophoto

Definisi ortophoto adalah gabungan dari dua atau lebih foto udara yang saling bertampalan sehingga terbentuk paduan citra (image) yang berkesinambungan dan menampilkan daerah yang luas. Ditinjau dari teknik pembuatannya, ada tiga jenis mosaik, yaitu mosaik terkontrol, tidak terkontrol, dan semi terkontrol. Mosaik terkontrol merupakan mosaik yang dibuat dari foto yang telah direktifikasi sehingga semua foto telah mempunyai skala yang sama. Mosaik tidak terkontrol merupakan mosaik yang dibuat dari foto yang belum direktifikasi serta skala belum diseragamkan. Mosaik semi terkontrol merupakan mosaik yang disusun dengan menggunakan foto udara yang mempunyai beberapa titik kontrol, tetapi foto tersebut tidak direktifikasi dan dapat mempunyai skala yang tidak seragam (Subaryono, 2008).

Orthophoto adalah reproduksi foto yang telah dikoreksi pada kesalahan oleh kemiringan pesawat, relief, serta distorsi lensa. *Orthophoto* dibentuk berdasarkan foto stereomodel, yaitu pembuatannya model demi model, dengan proses rektifikasi diferensial sehingga gambaran obyek pada foto tersebut posisinya benar sesuai dengan proyeksi orthogonal (Husna dkk., 2016).



Gambar 2. *Orthophoto*.
(Sumber: Hasil penelitian mandiri)

2.11 Peta Foto Udara

Peta foto udara adalah peta yang dihasilkan dari foto-foto yang diambil dari udara, biasanya menggunakan pesawat terbang, helikopter, atau drone *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Foto-foto ini diambil dari ketinggian tertentu dan kemudian diolah serta diintegrasikan untuk menghasilkan representasi visual dari permukaan bumi. Foto diambil dari udara menggunakan kamera khusus yang dipasang pada wahana terbang seperti pesawat atau drone. Foto udara yang dihasilkan kemudian diproses menggunakan perangkat lunak fotogrametri untuk melakukan koreksi geometrik dan menggabungkan foto-foto tersebut menjadi satu peta yang utuh. Peta foto udara memiliki berbagai skala. Skala yang lebih besar memungkinkan detail yang lebih tinggi, sementara skala yang lebih kecil memberikan cakupan area yang lebih luas. Selain itu peta foto udara memiliki tingkat akurasi yang tinggi,

terutama jika dilengkapi dengan titik kontrol darat *Ground Control Points* (GCP) yang digunakan untuk georeferensi dan kalibrasi peta. Keuntungan pada Peta foto udara memberikan gambaran visual yang mendetail dan akurat dari permukaan bumi, yang dapat digunakan untuk analisis spasial, pemantauan perubahan lahan, dan perencanaan.

2.12 *Root Mean Square Error (RMSE)*

RMSE digunakan untuk mengukur perbedaan antara nilai yang diprediksi oleh model atau sistem pengukuran dengan nilai sebenarnya. RMSE dihitung dengan mengambil akar kuadrat dari rata-rata kuadrat dari semua kesalahan (error) antara nilai yang diprediksi dan nilai sebenarnya.

Hubungannya dengan ketelitian planimetrik luas dan planimetrik jarak serta ketelitian geometrik horizontal, RMSE merupakan metode untuk menguji ketelitian dan akurasi dari suatu pengukuran yang juga termasuk pengukuran koordinat.

RMSE digunakan untuk menghitung koreksi geometrik dan transformasi citra saat menggunakan *Ground Control Point* (GCP) untuk mengoreksi foto udara, RMSE dihitung untuk menentukan seberapa baik foto udara telah dikoreksi dan dipetakan ke koordinat sebenarnya.

Dibawah ini merupakan rumus RMSE untuk menghitung ketelitian planimetrik jarak dan geometrik horizontal.

$$RMSE = \sqrt{RMSx^2 + RMSy^2} \dots\dots\dots \text{Rumus 1}$$

RMSx = Pergeseran titik koordinat arah X

RMSy = Pergeseran titik koordinat arah Y

2.13 Ketelitian Planimetrik Jarak

Ketelitian planimetrik jarak mengacu pada tingkat akurasi dalam pengukuran jarak di peta yang dihasilkan dari survei atau pemetaan. Ketelitian ini menunjukkan seberapa dekat jarak yang diukur pada peta sesuai dengan jarak sebenarnya di lapangan.

Ketelitian ini sangat penting untuk menghasilkan peta yang dapat diandalkan dan presisi tinggi, yang diperlukan dalam berbagai aplikasi, termasuk survei properti, perencanaan tata ruang, dan rekayasa sipil.

Standar pengujian ketelitian planimetrik berpedoman pada Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran.

Untuk menghitung nilai RMS jarak menggunakan rumus berikut:

$$RMS \text{ jarak} = \sqrt{\frac{\sum(\Delta D - \Delta D \text{ rata rata})^2}{n}} \dots\dots\dots \text{Rumus 3}$$

ΔD = Selisih jarak difoto dengan lapangan

n = Jumlah sampel jarak

Setelah mendapatkan nilai RMS jarak, kemudian dihitung kembali dengan perhitungan yang telah ditetapkan oleh Perka BIG No 6 Tahun 2018 sesuai dengan kelas yang telah didapatkan pada tabel 2 sebelumnya. Berikut dibawah ini merupakan ketentuan perhitungan ketelitian geometri.

Tabel 4. Ketentuan ketelitian geometri peta RBI

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0,2 mm X bilangan skala	0,3 mm X bilangan skala	0,5 mm X bilangan skala

Sumber (Perka BIG Nomor 6 Tahun 2018)

Jika nilai toleransi RMS jarak sudah diketahui, maka pengujian ketelitian planimetrik jarak dapat dilakukan dengan mengecek apakah nilai RMS jarak yang sudah dihitung memenuhi toleransi atau tidak.

2.14 Ketelitian Planimetrik Luas

Standar pengujian ketelitian planimetrik berpedoman pada Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran. Pengujian ketelitian luas ini merupakan perhitungan selisih luas bidang tanah di lapangan antara luas bidang tanah pada peta foto udara dengan luas sebenarnya di lapangan. Kesesuaian ini tidak hanya mencakup luas keseluruhan, tetapi mencakup detail batas-batas bidang tanah. Kemudian selisih luas tersebut diuji menggunakan rumus toleransi kesalahan seperti pada rumus berikut.

$$\text{Toleransi Kesalahan Luas} = \pm 0.5 \sqrt{L} \dots\dots\dots \text{Rumus 4}$$

L = Luas yang didapatkan pada pengukuran di lapangan.

Ketelitian planimetrik luas merupakan aspek penting dalam pemetaan bidang tanah, karena luas yang akurat diperlukan untuk berbagai keperluan, seperti penentuan hak atas tanah, perencanaan tata ruang, dan transaksi jual beli tanah. Sebagai contoh, di bidang pertanahan, ketelitian planimetrik luas sangat penting untuk menghindari sengketa tanah akibat ketidakakuratan data spasial.

2.15 Ketelitian Geometrik Horizontal

Ketelitian geometrik horizontal merupakan penentuan tingkat kesesuaian antara representasi geometrik bidang tanah pada peta atau data spasial lainnya dengan bentuk, dimensi, dan posisi aktualnya di lapangan. Ketelitian geometrik horizontal yang tinggi sangat penting untuk memastikan penggambaran yang akurat dan terpercaya mengenai bidang tanah, terlebih karena informasi ini menjadi landasan bagi berbagai kepentingan terkait dengan pertanahan, lingkungan, dan pembangunan berkelanjutan.

Tabel 5. Klasifikasi ketelitian geometri peta RBI

No	Skala	Ketelitian Peta RBI		
		Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
		CE90 (m)	CE90 (m)	CE90 (m)
1	1 : 1.000.000	300	600	900
2	1 : 500.000	150	300	450
3	1 : 250.000	75	150	225
4	1 : 100.000	30	60	90
5	1 : 50.000	15	30	45
6	1 : 25.000	7,5	15	22,5
7	1 : 10.000	3	7,5	9
8	1 : 5.000	1,5	3	4,5
9	1 : 2.500	0,75	1,5	2,3
10	1 : 1.000	0,3	0,6	0,9

Sumber (Perka BIG Nomor 6 Tahun 2018)

Berdasarkan Perka BIG Nomor 6 Tahun 2018 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, pengujian ketelitian geometrik horizontal ini dilakukan dengan menghitung nilai CE90

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE \dots\dots\dots \text{Rumus 2}$$

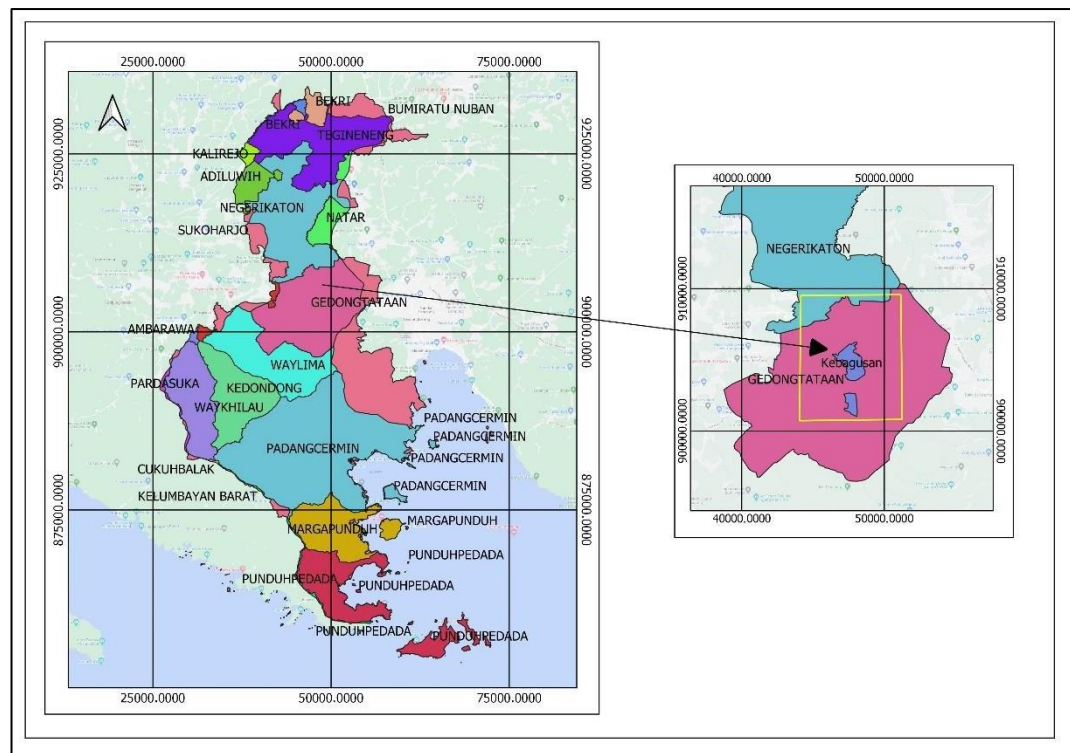
RMSE = *Root Mean Square Error* pada posisi x dan y

Kemudian dilakukan hasil perhitungan CE90 berdasarkan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, yang berisi tentang klasifikasi ketelitian untuk mengetahui masuk ke dalam kelas manakah *orthophoto* yang dihasilkan dalam penelitian ini.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini berlokasi di Dusun Kampung Sawah, Desa Kebagusan, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Secara geografis, Kabupaten Pesawaran terletak pada $5,12^{\circ} - 5,84^{\circ}$ LS dan $1014,92^{\circ} - 105,34^{\circ}$ BT. Pengumpulan data dilakukan selama 3 hari, yaitu pada tanggal 20-22 September 2023.



Gambar 3. Lokasi penelitian.
(Sumber: Hasil penelitian mandiri)



Gambar 4. Lokasi pengamatan
(Sumber: Hasil Penelitian Mandiri)

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam melakukan penelitian sebagai berikut:

1. Perangkat keras
 - a. Satu unit *Drone DJI Phantom 4*, untuk pengambilan data foto udara.
 - b. Satu unit *Handphone Iphone 6*, untuk menghubungkan *drone* dan melihat data foto udara yang sudah diakuisisi.
 - c. Laptop HP Pavilion Gaming Laptop - 15-dk1041tx, untuk menjalankan *software* atau perangkat lunak pengolahan data foto udara, dan juga untuk melakukan penulisan laporan.
 - d. Satu unit GNSS RTK, untuk pengambilan data data koordinat GCP dan ICP
2. Perangkat lunak
 - a. DJI Go 4, aplikasi ini berfungsi sebagai penghubung *remote control* dan *handphone*. Aplikasi ini juga berfungsi untuk melihat posisi keberadaan *drone*.

- b. PIX4Dcapture, *software* dengan kegunaan sebagai perencanaan jalur terbang *drone*, mengatur ketinggian terbang *drone*, dan mengatur *side* dan *front overlap*
- c. *Agisoft Metashape*, digunakan untuk mengolah foto udara yang telah terakuisisi dan mengorthorektifikasikan dengan koordinat GCP yang telah diakuisisi. Agisoft Metashape digunakan juga untuk menjadikan foto udara menjadi DSM,DTM dan *Orthophoto*.
- d. *ArcMap 10.8*, diperlukan untuk kebutuhan layout peta dan menggambarkan dimana saja posisi GCP dan ICP
- e. *PCI Geomatica 2014*, untuk keperluan *filtering* data DSM menjadi DTM
- f. *Microsoft Excel 2019*, digunakan untuk melakukan perhitungan RMSE, ketelitian geometrik, planimetrik jarak, dan planimetrik luas.
- g. *Microsoft Word 2019*, berkaitan dengan penyusunan laporan penelitian.

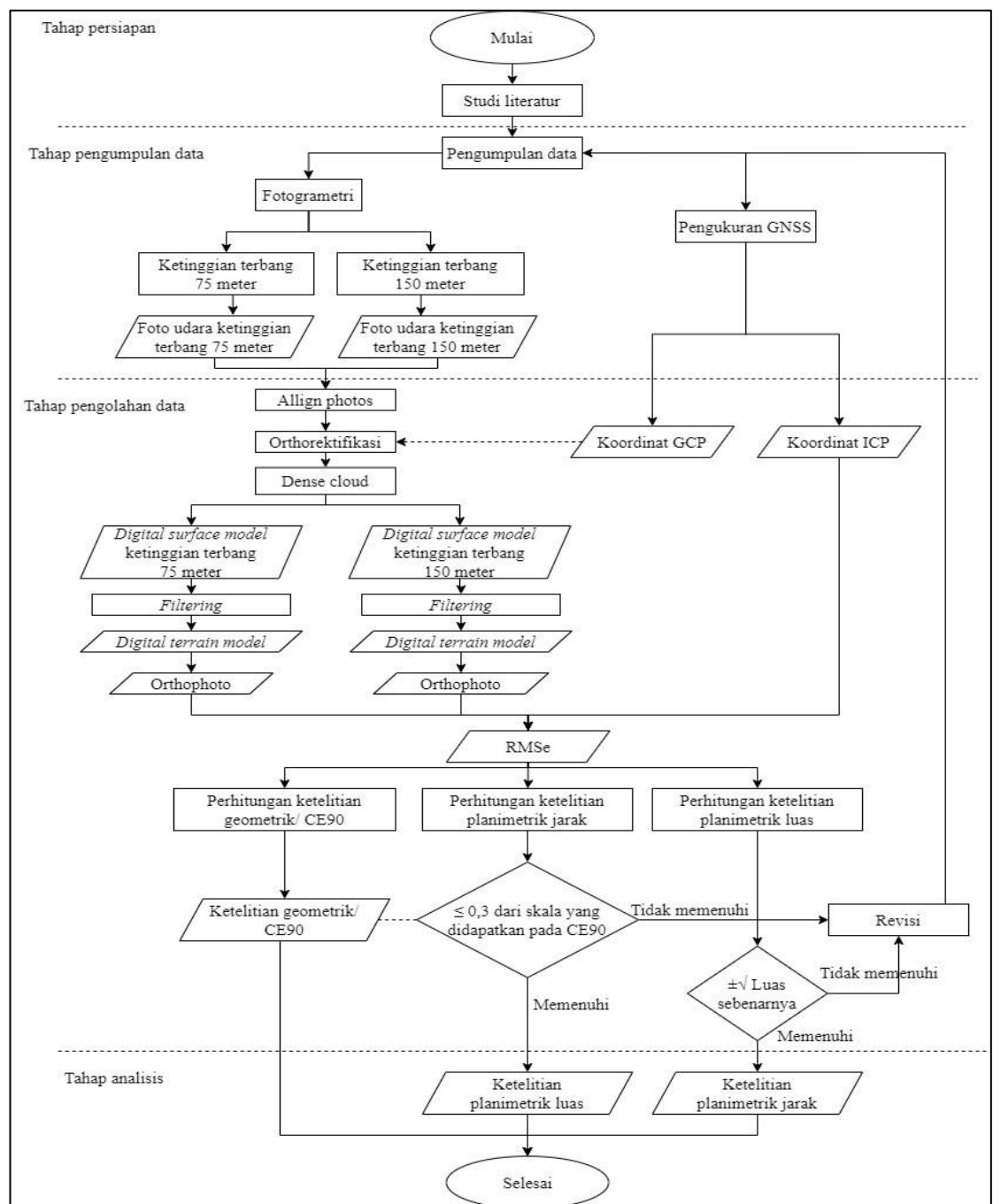
3.2.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data titik koordinat yang diukur langsung dilapangan menggunakan metode *GNSS*, yang berlokasi di Dusun Kampung Sawah, Desa Kebagusan, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Penelitian ini menggunakan 25 titik ICP yang berada pada pemukiman atau perumahan warga. Sedangkan untuk titik ICP menggunakan 3 titik yang tersebar disetiap sudut lokasi terbang *Drone* yang dapat dilihat pada gambar 7
2. Data foto udara tegak yang diambil menggunakan *Drone DJI Phantom 4* dengan 2 variasi ketinggian yang berbeda. Yaitu dengan ketinggian terbang UAV 75 meter dan 150 meter

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kualitatif yang mana metode ini merupakan metode penelitian yang digunakan untuk meneliti sebuah perbedaan dengan mencari keakuratan koordinat. Adapun gambar dibawah ini merupakan alur penelitian yang akan dilaksanakan.



Gambar 5. Diagram alir penelitian.

3.4 Tahap Persiapan Penelitian

Tahapan awal dalam melakukan penelitian ini terdiri dari studi literatur, perencanaan jalur terbang UAV, dan penentuan titik GCP serta ICP.

3.4.1 Studi Literatur

Pada tahap ini penulis mencari dan mengumpulkan literatur seperti jurnal tentang studi ketelitian planimetrik menggunakan *Drone* atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Pencarian literatur ini sebagai penunjang untuk penelitian ini.

3.4.2 Perencanaan Jalur Terbang

Pada perencanaan jalur terbang, aplikasi yang digunakan yaitu *Pix4D Capture* yang dikontrol menggunakan *smartphone android* maupun *iOS*. Jalur terbang/*flight mission* ditentukan berdasarkan AOI (*Area of Interest*) yang akan dipetakan. *Front overlap* dan *side overlap* yang digunakan dalam perencanaan jalur terbang ini, pada ketinggian terbang *drone* 150 meter menggunakan *front overlap* 70% dan *side overlap* 65%. Sedangkan pada ketinggian terbang *drone* 75 meter, menggunakan *front overlap* 70% dan *side overlap* 60%.



Gambar 6. Contoh perencanaan jalur terbang

3.4.3 Penentuan Penempatan *Ground Control Point* (GCP)

Sebagai tahap awal dalam melakukan kegiatan foto udara,

diperlukan pembuatan *premark* (penandaan titik kontrol tanah) dan pengukuran koordinat titik *premark* menggunakan *GPS*. *Premark* biasanya dibuat dengan bentuk tanda silang dengan titik *premark* berada tepat pada perpotongan tanda tersebut.

Pemasangan *premark* harus memperhatikan objek objek disekitarnya, pemasangan dilakukan dengan cara melihat posisi objek dengan kenampakan alam yang jelas seperti perempatan sawah, pojok bangunan, dan lain sebagainya. Objek tersebut harus jelas terlihat di foto udara, maupun dilapangan tanpa halangan seperti tertutup pohon.

Warna *premark* juga biasanya dipilih warna yang mencolok agar terlihat pada saat pengolahan foto udara. ICP yang digunakan untuk penelitian ini terdapat 3 titik yang tersebar disudut area jalur terbang. Titik pertama ditempatkan pada rumah warga setempat, titik pertama ini terletak dibagian timur laut dari pusat jalur terbang. Titik kedua berada di persimpangan jalan arah tenggara dari pusat jalur terbang. Dan titik ketiga berada di halaman masjid yang terletak di barat daya dari pusat jalur terbang.



Gambar 7. Perencanaan penempatan GCP

3.4.4 Penentuan Penempatan *Independent Check Point* (ICP)

Seperti yang dibahas pada penentuan penempatan ICP, penempatan ICP juga harus memiliki aspek aspek yang harus diperhatikan. Penempatan ICP berada pada sudut sudut persil milik warga.



Gambar 8. Perencanaan penempatan ICP

3.5 Tahap Pengumpulan Data Penelitian

Setelah tahap perencanaan selesai, dilakukan pengumpulan data. Tahap ini terdiri dari pengambilan GCP dan ICP serta akuisisi foto udara.

3.5.1 Pengambilan GCP dan ICP

Ground Control Point (GCP) atau yang biasa disebut dengan titik kontrol adalah titik-titik yang berada di lapangan yang dapat digunakan untuk mentransformasikan sistem koordinat udara dengan sistem koordinat tanah suatu objek yang dipetakan.

Independent Check Point (ICP) digunakan untuk memastikan bahwa model pemetaan yang dihasilkan dari pemotretan udara atau citra satelit memiliki tingkat akurasi yang tinggi.

Pengukuran GCP dan ICP menggunakan alat *GNSS* dengan

menggunakan metode RTK (*Real Time Kinematik*). Metode ini dipilih karena penelitian dilakukan bersamaan dengan program pendaftaran tanah sistematis lengkap dari Badan Pertanahan Nasional



Gambar 9. Pengambilan GCP dan ICP

3.5.2 Akuisisi Foto Udara

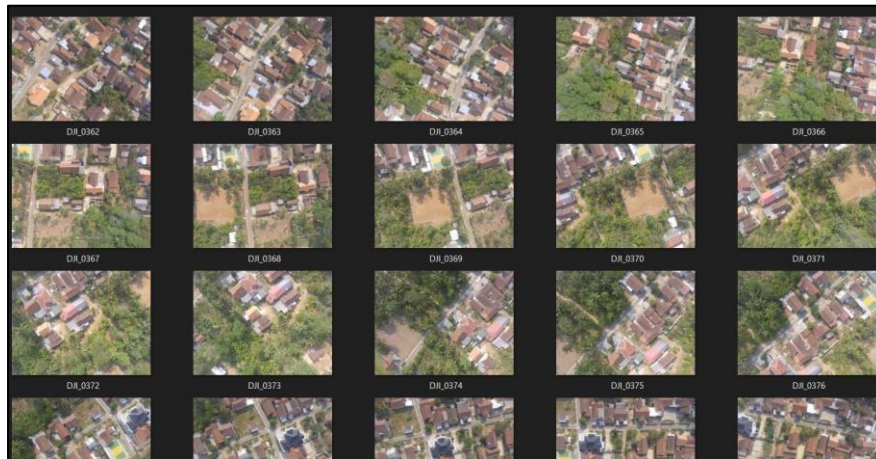
Dalam pengambilan data foto udara ini dibagi menjadi 2 ketinggian terbang yang berbeda, yaitu ketinggian 75 meter dan 150 meter.

A. Ketinggian terbang 75 meter

Untuk ketinggian terbang *drone* 75 meter ini, penulis menggunakan komposisi kamera front overlap 70% dan side overlap 60%. Dengan perkiraan waktu terbang *drone* sekitar 25 menit. Jumlah foto yang dihasilkan adalah 94 foto udara.

B. Ketinggian terbang 150 meter

Pada ketinggian ini, penulis menggunakan komposisi kamera front overlap 70% dan side overlap 65%. Dengan perkiraan waktu terbang *drone* sekitar 15 menit. Jumlah foto yang dihasilkan adalah 37 foto udara.



Gambar 10. Hasil pengambilan foto udara

3.6 Tahap Pengolahan Data Penelitian

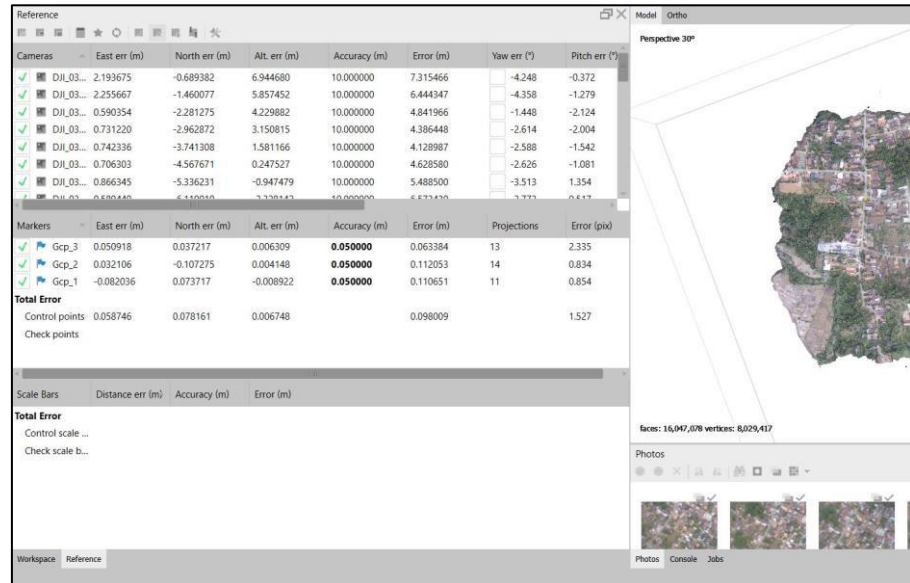
Data yang telah didapatkan pada tahap pengumpulan data kemudian dilakukan tahap pengolahan. Berikut dibawah ini merupakan tahapan tahapan pengolahan data penelitian.

3.6.1 *Allign Photos*

Merupakan proses yang digunakan untuk identifikasi titik – titik yang ada di foto. Proses ini akan membuat titik-titik yang ada menyebar mengikuti pola objek pada foto (*matching point*) dari 2 atau lebih foto agar membuat foto foto yang digabungkan menjadi foto yang berkesinambungan. Proses ini menghasilkan 3D model awal.

3.6.2 *Orthorektifikasi*

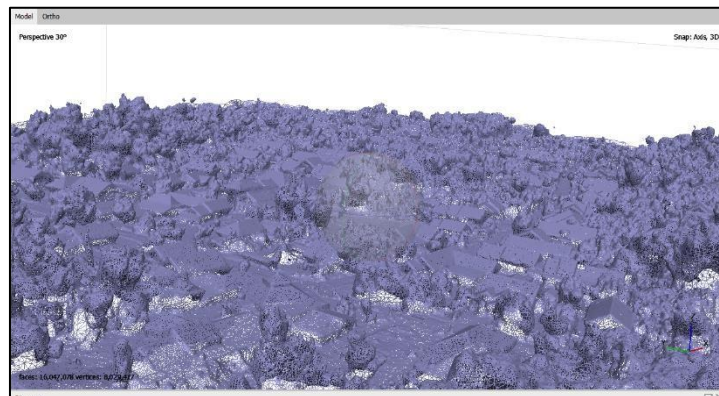
Data foto udara yang telah didapatkan kemudian diproses dengan aplikasi Agisoft Metashape untuk dilakukan proses orthorektifikasi. Proses ini sangat diperlukan agar data foto udara tersebut menghasilkan representasi yang akurat dari permukaan bumi, proses ini menggunakan koordinat ICP yang diambil menggunakan GNSS.



Gambar 11. Orthorektifikasi pada aplikasi Agisoft Metashape

3.6.3 Pembuatan model 3 Dimensi

Pembuatan model 3D menggunakan perintah *Build Mesh* pada *software agisoft. Metashape*. Model tiga dimensi nantinya akan diproses kembali untuk pembentukan *Digital Elevation Model*, *Digital Surface Model*, *Digital Terrain Model*, dan *Orthophoto*.



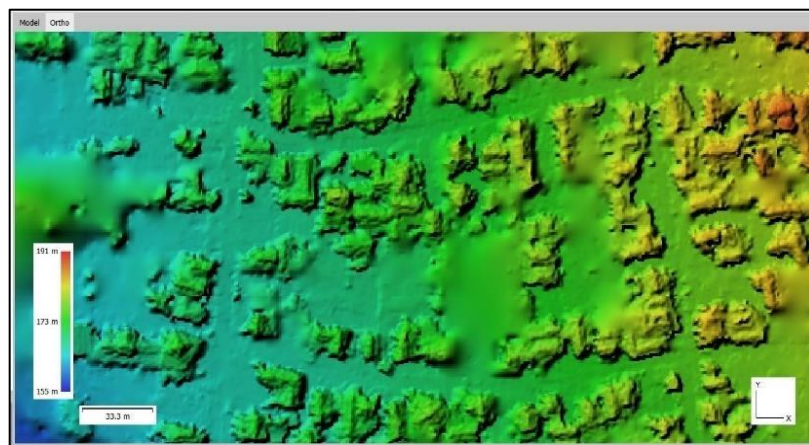
Gambar 12. Build mesh

3.6.4 Pembuatan *Digital Surface Model* dan *Digital Terrain Model*

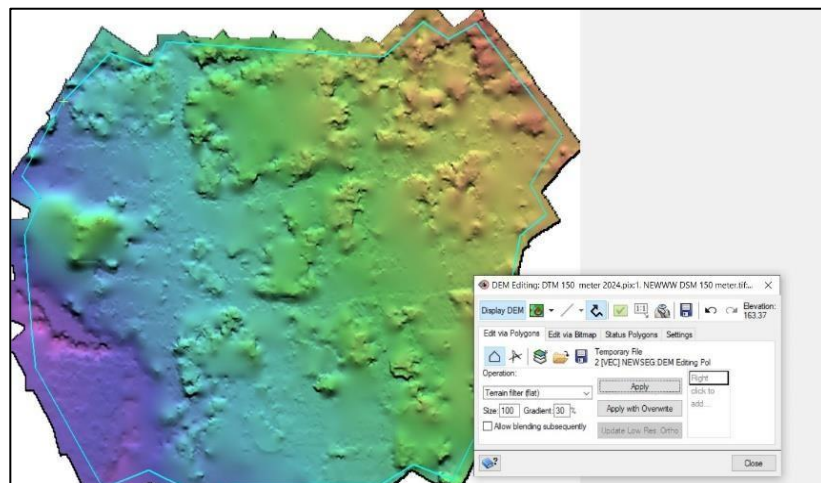
Data foto udara yang telah dilakukan proses orthorektifikasi kemudian diolah menjadi *digital surface model*, atau *DSM*. *DSM* merupakan penggambaran permukaan dari foto udara yang diambil,

mencakup objek objek seperti rumah, pohon, jalanan, dan lain sebagainya. *DSM* juga masih memuat informasi ketinggian dari objek objek yang dijelaskan pada kalimat diatas. Maka, diperlukan proses selanjutnya yaitu *filtering* dengan aplikasi PCI Geomatica untuk menghilangkan objek objek yang tidak diinginkan.

Hasil dari *filtering* menggunakan aplikasi PCI Geomatica merupakan *digital terrain model* atau *DTM*. *DTM* merupakan penggambaran topografi atau penggambaran bentuk tanah tanpa adanya objek yang menghalangi diatas tanah tersebut.



Gambar 13. Tampilan DSM pada aplikasi Agisoft



Gambar 14. *Filtering* DSM menjadi DTM

3.6.5 Pembuatan Orthophoto

Foto udara yang sudah didapatkan dalam tahap pengumpulan data selanjutnya diolah untuk menjadi *orthophoto*, proses ini cukup memakan waktu. Dikarenakan pada saat pengolahan menjadi *orthophoto*, peneliti akan mengatur ketinggian resolusi yang tinggi. Hasil dari pengolahan *orthophoto* adalah foto udara tegak yang sudah bertampalan satu sama lain dan telah terkoreksi geometrik menggunakan titik ICP.



Gambar 15. *Orthophoto*

3.6.6 Pengujian RMSE (*Root Mean Square Error*)

Setelah didapatkan 2 *orthophoto* dengan ketinggian terbang yang berbeda, dan juga telah didapatkan ICP, kemudian dilakukan pengujian dengan metode RMSE (*Root Mean Square Error*) untuk mencari seberapa besar kesalahan pada nilai tersebut dengan rumus 1.

3.6.7 Pengujian Ketelitian Geometrik CE90

Nilai RMSe yang telah didapatkan selanjutnya dihitung menggunakan rumus yang telah ditetapkan oleh Badan Informasi Geospasial dalam perka BIG no 15 Tahun 2014 untuk menentukan nilai CE90 atau ketelitian geometrik. Untuk menentukan skala peta yang akan digunakan dengan rumus 2.

3.6.8 Pengujian Planimetrik Jarak

Untuk menentukan ketelitian planimetrik jarak diperlukan nilai CE90 dan pada kelas berapa didapatkannya, karena perhitungan planimetrik ini juga harus memperhatikan pada kelas berapa CE90 yang didapatkan. Kemudian dilakukan perhitungan dengan ketentuan yang telah dikeluarkan oleh Perka BIG No 15 Tahun 2014 yang berada di tabel 3.

3.6.9 Pengujian Planimetrik Luas

Untuk ketelitian planimetrik luas dibutuhkan hasil luasan persil yang telah diukur langsung di lapangan menggunakan metode *GNSS*, untuk perhitungan ketelitian planimetrik menggunakan rumus 4. Jika luas yang didapatkan tidak memenuhi nilai toleransi yang sudah ditetapkan, dilakukan perhitungan ulang agar mendapatkan luasan yang masuk dalam batas toleransi yang telah ditetapkan.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan dalam beberapa tahapan, penulis mengambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pada ketinggian terbang UAV 75 meter, ketelitian planimetrik jarak rata rata yang dihasilkan adalah 0,36 meter, yang memenuhi standar peta skala 1:2500 kelas 1 ($\leq 1,25$ meter). Pengukuran luas pada ketinggian ini menghasilkan nilai 530 m², dengan selisih 2 meter dari nilai lapangan 532 meter persegi, yang masih dalam toleransi kesalahan $\pm 11,53$ meter persegi. Pada ketinggian terbang UAV 150 meter, ketelitian planimetrik jarak rata rata sebesar 0,35 meter, juga sesuai dengan standar yang sama. Pengukuran luas pada ketinggian ini menunjukkan nilai 528 m², dengan selisih 4 meter dari luas di lapangan, yang juga berada dalam batas toleransi. Dalam hal ini, ketinggian terbang UAV 75 meter memberikan ketelitian planimetrik yang lebih tinggi, tetapi cakupan area lebih kecil dibandingkan dengan ketinggian 150 meter, yang mendapatkan cakupan area lebih luas namun dengan ketelitian yang lebih rendah.
2. Hasil menunjukkan bahwa transformasi proyeksi dari proyeksi sentral ke proyeksi orthogonal pada ketinggian terbang UAV 75 meter menghasilkan akurasi geometrik (CE90) sebesar 0,78 meter. Sedangkan pada ketinggian terbang UAV 150 meter akurasi geometrik (CE90) adalah 0,93 meter. Kedua nilai ini masih berada dalam batas toleransi yang ditetapkan untuk peta skala 1:2500 kelas 1 yaitu $\leq 1,25$ meter. Evaluasi menunjukkan bahwa akurasi geometrik peta pada ketinggian 75 meter cenderung lebih baik dibandingkan dengan ketinggian 150 meter. Transformasi proyeksi berhasil mempertahankan ketelitian

geometrik peta pada kedua ketinggian, namun ketinggian yang lebih rendah memberikan hasil yang lebih akurat. Kesimpulannya transformasi proyeksi dari proyeksi sentral ke proyeksi orthogonal efektif dalam meningkatkan akurasi geometrik peta pada kedua ketinggian terbang UAV. Namun ketinggian terbang 75 meter memberikan akurasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan ketinggian 150 meter.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis memiliki beberapa saran, antara lain:

1. Pada saat pengambilan data foto udara, lebih baik memastikan cuacanya, tidak direkomendasikan mengambil data foto udara saat cuaca sedang berawan, dikarenakan data yang dihasilkan tidak maksimal karena cahaya yang kurang terang.
2. Untuk proses pengolahan data foto udara, direkomendasikan menggunakan device memadai agar hasil dari peta *orthophoto* dapat memiliki kualitas gambar yang baik, bahkan bisa menyaingi citra satelit resolusi tinggi.
3. Jumlah titik ICP juga sangat berpengaruh dalam proses ortorektifikasi, karena semakin banyak ICP yang dipasang maka semakin teliti dan akurat data *orthophoto* yang dihasilkan.
4. Untuk kebutuhan data yang lebih baik lagi, harus memperhatikan daerah yang akan dilakukan penelitian
5. Usahakan daerah yang akan dilakukan pengujian sudah diberikan patok pembatas bidang tanah dan tidak ada halangan seperti atap rumah dan tajuk pohon, agar pada saat melakukan deliniasi bidang tanah tidak terhalangi oleh objek objek tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, F. D. 2021. ‘Perbandingan Uji Akurasi Data Pada *Orthophoto* Menggunakan Teknik Pemotretan Tegak Dan Miring Berdasarkan Standar Ketelitian Planimetris BPN (Badan Pertanahan Nasional)’, *Prosiding FIT ISI 2020, 1*, pp. 166–171.
- Badan Informasi Geospasial. 2014. Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014. <https://jdih.big.go.id/>. Diakses pada 11 Maret 2023
- Baskoro, Agung. 2022. Kajian Ketelitian Skala Horizontal Pemetaan Dengan Teknologi Fotogrametri UAV (Studi Kasus: Pemetaan Area Pusat Kegiatan Olahraga (PKOR) Bandar Lampung). (Skripsi). Universitas Lampung. Halaman 19.
- Dewi, C., Anisa, Rahma., Fadly, R., dan Rezki Artini S. 2022. Kajian Akurasi Geometri *Orthophoto* Dari Akuisisi Data Pesawat Tanpa Awak. *Jurnal Ilmiah Indonesia* –ISSN: 2541-0849 e-ISSN: 2548-1398 Vol. 7, No. 3.
- Eisenbeiß, H. 2009 UAV photogrammetry, Institute of Photogrammetry and Remote Sensing.
- Gularso, H. 2015. Penggunaan Foto Udara Format Kecil menggunakan Pesawat Nir-Awak dalam Pemetaan Skala Besar, *Jurnal Ilmiah Geomatika Vol. 21 No.1* Agustus 2015:37-44.
- Gunawan, K. 2019 ‘Analisis Pengaruh Tinggi Terbang *Drone* Terhadap Ketelitian Geometri Peta Foto’, Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi XIV Tahun 2019(ReTII), 2019(November), pp. 143–151.
- Hariyanto, T. dan Pakaya, I. 2023 ‘Studi Ketelitian Planimetris dan Luas Hasil Foto Udara Unmanned Area Vehicle (UAV) Guna Menunjang Kegiatan Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL) (Studi Kasus : Desa Candi Laras Selatan

dan Desa Baringin B , Kabupaten Tapin , Kalimantan Selatan).

Hartono, D. dan Darmawan, S. 2019 ‘Pemanfaatan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) Jenis Quadcopter untuk Percepatan Pemetaan Bidang Tanah (Studi Kasus: Desa Solokan Jeruk Kabupaten Bandung)’, *Reka Geomatika*, 2018(1), pp. 30–40.

Hasyim, A.W., 2009. Menentukan Titik Kontrol Tanah (ICP) dengan Menggunakan Teknik GPS dan Citra Satelit untuk Perencanaan Perkotaan. ITS. Surabaya.

Husna, S.N., Subianto, S. dan Hani’ah 2016 ‘Penggunaan Parameter Orientasi Eksternal (eo) Untuk Optimisasi Digital Triangulasi Fotogrametri Untuk Keperluan *Orthophoto*’, 5, pp. 188–195.

Junarto, R., Djurjani, D., Permadi, F. B., Ferdiansyah, D., Admaja, P. K., Sholikin, A. R., & Rahmansani, R. 2020. Pemanfaatan teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) untuk pemetaan kadaster. *BHUMI: Jurnal Agraria dan Pertanahan*, 6(1).

Kementerian Agraria Dan Tata Ruang/ Badan Pertanahan Nasional. 1997. Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar Pendaftaran. Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997. <https://lpse.atrbpn.go.id/>. Diakses pada 11 Maret 2023.

Kementerian Agraria Dan Tata Ruang/ Badan Pertanahan Nasional. 2023. ‘Pentunjuk Teknis Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap 2023’, 3/ Juknis Pendaftaran Taah Sistematis Lengkap. <https://lpse.atrbpn.go.id/>. Diakses pada 11 Maret 2023.

Rahmad, R. 2019. Pemanfaatan *Drone* DJI Phantom 4 Untuk Identifikasi Batas Administrasi Wilayah. *Jurnal Geografi*, 11(2), 218–223.

Prabowo, Panji. 2021. Pengujian Akurasi Dan Ketelitian Planimetrik Pada Pemetaan Bidang Tanah Skala Besar Menggunakan Wahana Udara Dji Phantom 4. *Journal of Geodesy and Geomatics*

Pratomo, Anggoro. 2017. Pengujian Akurasi dan Ketelitian Planimetrik Pada Pemetaan Bidang Tanah Pemukiman Skala Besar Menggunakan Wahana Uumanned Aerial Vehicle (UAV). *Jurnal Geodesi Undip*. Teknik Geodesi

Undip. Semarang

- Seno, Aji Dito., Sabri, M. dan Prasetyo, Y. 2019. Analisis Akurasi Dem Dan Foto Tegak Hasil Pemotretan dengan Pesawat Nir Awak Dji Phantom 4. *Jurnal Geodesi Undip*. Teknik Geodesi Undip. Semarang
- Soedarmodjo, Theo Prastomo. 2016. Analisa Ketelitian Planimetris Citra Resolusi Tinggi Guna Menunjang Kegiatan Administrasi Pertanahan (Studi Kasus : Kabupaten Gresik, 7 Desa Prona). *Jurnal ITS*. Surabaya.
- Suciani, A., & Rahmadi, M. T. 2019. Pemanfaatan *Drone* DJI Phantom 4 Untuk Identifikasi Batas Administrasi Wilayah. *Jurnal Geografi*, 11(2), 218-223.
- Utomo, B. 2017. *Drone* Untuk Percepatan Pemetaan Bidang Tanah. *Jurnal Media Komunikasi Geografi* Vol. 18 Hal. 146.
- Wahyono, E.B. dan Suyudi, B. 2017 'Fotogrametri Terapan', Badan Pertanahan Nasional, pp. 1–133.
- Yudha, Fratama Muhammad. 2023. Kajian Ketelitian Geometrik Horizontal Untuk Pembuatan Peta Skala Besar Berbasis Teknologi Uav Di Dusun 6 Desa Way Hui. (Skripsi). Universitas Lampung. Halaman 19