

**KAJIAN KETELITIAN SKALA HORIZONTAL PEMETAAN
DENGAN TEKNOLOGI FOTOGRAMETRI UAV
(Studi Kasus: Pemetaan Area Pusat Kegiatan Olahraga (PKOR)
Bandar Lampung)**

(Skripsi)

Oleh

**AGUNG BASKORO
NPM 1815071054**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK
KAJIAN KETELITIAN SKALA HORIZONTAL PEMETAAN
DENGAN TEKNOLOGI FOTOGRAMETRI UAV
(Studi kasus : Pemetaan Area Pusat Kegiatan Olahraga (PKOR)
Bandar Lampung)

Oleh
Agung Baskoro

Skala merupakan bagian yang sangat penting dalam pembuatan peta baik peta garis maupun peta foto yang didapatkan dari hasil pemotretan foto udara, mengingat pembuatan peta tidak terlepas dari skala. Seiring perkembangan teknologi, pemetaan menggunakan foto udara (UAV) mulai diminati dalam pembuatan peta dikarenakan mempunyai ketelitian yang cukup baik dan memiliki cakupan area pemetaan yang luas dan skala yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan metode terestris. Pekerjaan pemetaan menggunakan foto udara jarang dimanfaatkan untuk kegiatan konstruksi karena membutuhkan akurasi yang tinggi. Penelitian ini bertujuan menganalisis ketelitian skala peta yang dihasilkan dari pemotretan udara UAV untuk pekerjaan konstruksi.

Penelitian ini dilakukan di area Pusat Kegiatan Olahraga (PKOR) di Bandar Lampung. Dalam penelitian ini metode yang dipakai adalah metode fotogrametri untuk pemetaan foto udara, dan proses pengolahan data dan pengujian akurasi menggunakan GCP (*Ground Control Point*) sebagai titik kontrol lapangan dalam proses orthorektifikasi dan ICP (*Independent Check Point*) sebagai titik uji setelah dilakukan orthorektifikasi.

Hasil analisis akurasi pemetaan dengan foto udara mendapatkan nilai CE90 sebesar 0.466 m yang menunjukkan bahwa pengujian ketelitian horizontal masuk dalam Skala 1:1.000 dengan katagori kelas 2, dan masuk kedalam skala 1:2.500 dengan katagori kelas 1. Berdasarkan penelitian tersebut dan merujuk kerangka acuan kerja (KAK) maka teknologi fotogrametri dapat dilakukan dalam pekerjaan konstruksi yaitu, penentuan titik BM/CP, pengukuran situasi dan detail topografi, pembuatan peta dengan skala 1:2.500 atau pembuatan peta dengan skala yg lebih kecil.

Kata Kunci : Skala, UAV, Fotogrametri, GCP dan ICP.

ABSTRACT
MAPPING HORIZONTAL SCALE ACCURACY STUDY
WITH UAV PHOTOGRAMMY TECHNOLOGY
(Case study : MAPPING AREA OF SPORTS ACTIVITY CENTER (PKOR)
BANDAR LAMPUNG)

By
AGUNG BASKORO

Scale is a very important part in making maps, both line maps and photo maps obtained from aerial photography, considering that map making is inseparable from scale. Along with the development of technology, mapping using aerial photography (UAV) began to be in demand in map making because it has good accuracy and has a wide mapping area and the resulting scale is not much different from the terrestrial method. Mapping work using aerial photographs is rarely used for construction activities because it requires high accuracy. This study aims to analyze the accuracy of the map scale generated from aerial UAV shooting for construction work.

This research was conducted in the area of the Center for Sports Activities (PKOR) in Bandar Lampung. In this study, the method used is the photogrammetric method for aerial photo mapping, and the data processing and accuracy test using GCP (Ground Control Point) as a field control point in the orthorectification process and ICP (Independent Check Point) as a test point after orthorectification.

The results of the analysis of mapping accuracy with aerial photographs get a CE90 value of 0.466 m which indicates that the horizontal accuracy test is included in the 1:1.000 scale with the category 2 class, and enters the 1:2.500 scale with the class 1 category. Based on the research and refers to the framework of reference (KAK) then photogrammetric technology can be used in construction work, namely, determining the BM/CP point, measuring the situation and topographic details, making maps with a scale of 1:2.500 or making maps on a smaller scale.

Keywords: Scale, UAV, Photogrammetry, GCP and ICP.

**KAJIAN KETELITIAN SKALA HORIZONTAL PEMETAAN
DENGAN TEKNOLOGI FOTOGRAMETRI UAV
(Studi Kasus: Pemetaan Area Pusat Kegiatan Olahraga (PKOR)
Bandar Lampung)**

Oleh

AGUNG BASKORO

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
2022**

Judul Skripsi

**: KAJIAN KETELITIAN SKALA
HORIZONTAL PEMETAAN DENGAN
TEKNOLOGI FOTOGRAMETRI UAV**

**Studi kasus : PEMETAAN AREA PUSAT
KEGIATAN OLAHRAGA (PKOR) BANDAR
LAMPUNG.**

Nama Mahasiswa

: AGUNG BASKORO

Nomor Pokok Mahasiswa

: 1815071054

Jurusan

: Teknik Geodesi & Geomatika

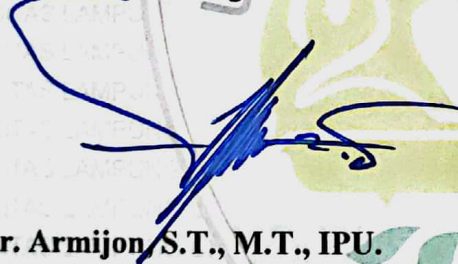
Fakultas

: Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



**Ir. Armijon S.T., M.T., IPU.
NIP. 19730410 200801 1 008**

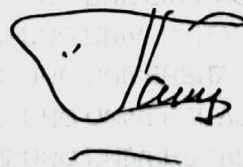
Pembimbing II



**Citra Dewi, S.T., M.Eng.
NIP. 19820112 200812 2 001**

2. Mengetahui

Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

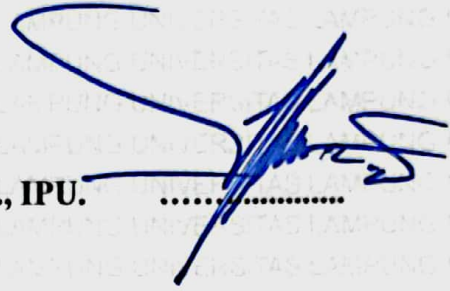


**Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM
NIP. 19641012 199203 1 002**

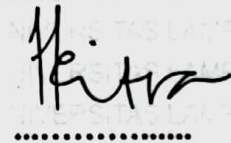
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

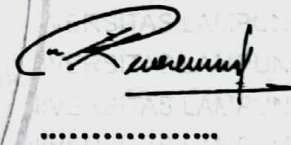
Ketua : Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU.



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



**Penguji
Bukan Pembimbing : Romi Fadly, S.T., M.Eng**



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. 
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian : 26 Juli 2022

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi berjudul “Kajian Ketelitian Skala Horizontal Pemetaan Dengan Teknologi Fotogrametri Uav. Studi Kasus : Pemetaan Area Pusat Kegiatan Olahraga (PKOR) Bandar Lampung.” adalah karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulisan lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 09 Agustus 2022



Agung Baskoro

MOTTO

“Bermimpilah seakan kau akan hidup selamanya.
Hiduplah seakan kau akan mati hari ini.”

"Kegagalan dan kesalahan mengajarkan untuk mengambil pelajaran dan menjadi lebih baik."

"Jadilah diri sendiri daripada berpura-pura menjadi orang lain yang baik."

UCAPAN TERIMAKASIH

Assalamualaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur senantiasa saya panjatkan kehadiran Allah S.W.T atas segala nikmat sehat, nikmat iman, dan islam sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi dengan judul “Kajian Ketelitian Skala Horizontal Pemetaan Dengan Teknologi Fotogrametri Uav Untuk Mendukung Pengukuran Terestris Studi Kasus : Pemetaan Area Pusat Kegiatan Olahraga (*Pkor*) Bandar Lampung”. Skripsi disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Armijon S.T., M.T., IPU. selaku Dosen Pembimbing Utama atas bimbingan dan arahnya dalam penyusunan skripsi.
4. Ibu Citra Dewi S.T., M.Eng selaku Dosen Pembimbing Kedua atas bimbingan dan arahnya dalam penyusunan skripsi.
5. Bapak Romi Fadly S.T., M.Eng selaku Dosen Penguji atas kritik, saran, serta arahan dalam penyusunan skripsi.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Geodesi Universitas Lampung yang telah membagikan ilmu dan pembelajaran selama masa perkuliahan.
7. Orang tua ku tercinta yang selalu memberi do'a dan semangat dalam proses mengerjakan skripsi.

8. Sahabat-sahabatku yang telah banyak membantu dan menyemangatiku yang tidak bisa di sebut satu persatu.
9. Kekasihku tercinta yang sudah menemaniku dan memberi semangat dan *support* dalam mengerjakan skripsi.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini belum bisa dikatakan sempurna, Penulis sangat mengharapkan saran serta kritik yang bersifat membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, 09 Agustus 2022

Penulis

Agung Baskoro

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN	iv
SURAT PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
UCAPAN TERIMAKASIH.....	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
I PENDAHULUAN	
1.1 .Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 .Tujuan.....	3
1.3 .Kerangka Pemikiran	3
1.4 .Hipotesis	3
II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 .Penelitian Terdahulu	4
2.2 .Krangka Konseptual	7
2.3 .Landasan Konseptual	9
2.3.1 Fotogrametri.....	9
2.3.2 Kegiatan Fotogrametri	11
2.3.3 Jenis Kamera	11
2.3.4 Kalibrasi Kamera	12
2.3.5 Wahana Terbang	12
2.3.6 Foto Udara.....	15
2.3.7 Skala.....	16
2.3.8 Skala Foto Udara.....	16
2.3.9 Ketelitian Peta Dasar.....	17
2.3.10 Ketelitian Geometri Peta Dasar.....	17

2.3.11 Titik Kontrol Tanah.....	18
2.3.12 GNSS (Global Navigation Satelite System.....	19
2.3.13 Root Mean Square Error (RMSE).....	20
2.3.14 Perangkat Lunak Agisoft.....	21

III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian	22
3.2 Persiapan	23
3.2.1 Alat Penelitian.....	23
3.3 Tahapan Penelitian	25
3.3.1 Studi Literatur dan Area.....	26
3.3.2 Survei lokasi dan Menentukan Titik Terbang.....	26
3.3.3 Pengambilan Data	27
3.3.4 Pengolahan Data.....	29
3.3.5 Analisis.....	34

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 . Hasil Pengambilan Data.....	35
4.1.1 Data Foto	35
4.1.2 Data Ground Control Point (GCP)	35
4.1.3 Data Independent Control Point (ICP)	36
4.2 . Hasil Georeferensi	36
4.3 Hasil kalibrasi kamera.....	37
4.4 Ortophoto	38
4.5 Hasil Uji Akurasi	39
4.6 Hipotesa Akhir	41
4.7 Penerapan Teknologi Foto Udara Dalam Pekerjaan Konstruksi	41

V SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan	44
5.2 Saran	44

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu.....	4
2. Standar Ketelitian Geometrik.....	17
3. Ketelitian Kelas.....	19
4. GCP.....	28
5. ICP.....	28
6. Uji Akurasi.....	34
7. Hasil Pengambilan Foto Udara.....	35
8. Data Ground Control Point.....	36
9. Data Independent Control Point.....	36
10. Nilai RMSE Pada Proses Georeferencing.....	37
11. Callibration Coeficients and Correlation Matrik.....	37
12. Uji Ketelitian Horizontal.....	40
13. Ketelitian Peta RBI.....	40
14. Uji CE90 Ketelitian Horizontal Skala Peta 1:1000.....	41
15. Uji CE90 Ketelitian Horizontal Skala Peta 1:2500.....	41
16. Penerapan Teknologi Foto Udara Dalam Pekerjaan Konstruksi.....	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alur Krangka Konseptual.....	9
2. Contoh Pesawat Fix Wing Uav.....	14
3. Contoh Pesawat Rotary Wing Uav.....	15
4. Premark.....	19
5. Lokasi Penelitian.....	22
6. Diagram Alir Penelitian.....	25
7. Jalur Terbang Penelitian dan penentuan titik GCP/ICP.....	26
8. Akusisi Data Foto Udara.....	27
9. Premark.....	28
10. Add Photo.....	29
11. Aligh Photo.....	30
12. Georeferensi.....	31
13. Dense Cloud	31
14. Pembuatan DSM.....	32
15. Orthophoto.....	33
16. Orthophoto.....	39

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Didalam dunia pemetaan, skala merupakan bagian yang sangat penting dalam pembuatan peta baik peta garis maupun peta foto yang di dapatkan dari hasil pemotretan foto udara. Mengingat pembuatan peta tidak terlepas dari skala, sehingga untuk menghasilkan peta dengan akurasi skala yang baik maka pemetaan memerlukan metode yang tepat agar skala peta yang dihasilkan mencapai akurasi yang baik.

Saat ini metode terestris merupakan metode yang sering digunakan untuk pembuatan peta dikarenakan metode ini memiliki keunggulan akurasi yang baik. Seiring perkembangan teknologi, pemetaan menggunakan foto udara (UAV) mulai diminati dalam pembuatan peta dikarenakan mempunyai ketelitian yang cukup baik, memiliki cakupan area pemetaan yang luas dan skala yang dihasilkan tidak jauh berbeda dengan metode terestris. Untuk mendapatkan peta dengan akurasi skala yang baik, metode foto udara sangat dipengaruhi oleh jenis kamera dan wahana yang digunakan. Penggunaan kamera standar non-metrik berformat kecil 24mm × 35mm sebagai instrumen pemotretan udara menjadi salah satu instrumen penting pada sebuah misi pemotretan udara. Kamera non metrik memiliki kualitas gambar yang baik namun, kualitas geometriknya kurang baik hal ini mengakibatkan penentuan posisi pada foto udara yang dihasilkan menjadi kurang akurat. Kualitas geometrik dari foto udara dapat ditingkatkan dengan cara melakukan kalibrasi pada kamera yang akan digunakan.

Pada pelaksanaannya, pekerjaan pemetaan menggunakan foto udara jarang dimanfaatkan untuk kegiatan konstruksi karena membutuhkan akurasi

yang tinggi. Seperti halnya pada proyek-proyek pembangunan yang membutuhkan ketelitian skala peta sesuai dengan kerangka acuan kerja (KAK) untuk mendukung pekerjaan tersebut. Kebutuhan akan data yang akurat ini sangat dibutuhkan dalam mendesain pekerjaan-pekerjaan konstruksi dengan baik, contohnya seperti jalan, gedung, aliran sungai dan sebagainya. Teknologi foto udara dalam kegiatan akuisisi data memang memiliki keunggulan lebih menghemat waktu dan biaya pekerjaan dapat dipangkas menjadi lebih murah. Namun lebih berpotensi terjadi masalah baik karena faktor sinyal yang sering hilang, angin kencang yang datang diluar perkiraan maupun kamera yang perlu rutin dilakukan kalibrasi, sehingga dapat memengaruhi kualitas dari skala foto udara. Namun dengan diperhitungkannya berbagai permasalahan tersebut, penggunaan teknologi fotogrametri UAV dalam pemetaan skala horizontal apakah dapat memenuhi standar ketelitian skala peta jika merujuk ke Perka BIG sehingga dapat diterapkan untuk pekerjaan konstruksi sesuai dengan kerangka acuan kerja (KAK).

Untuk mengetahui apakah pemetaan menggunakan foto udara memenuhi standar ketelitian skala peta merujuk ke perka BIG sehingga dapat digunakan dalam pekerjaan konstruksi sesuai dengan kerangka acuan kerja (KAK), maka diperlukan pengujian terhadap ketelitian geometrik peta foto yang dihasilkan. Pengujian ketelitian geometrik ini dilakukan di area Pusat Kegiatan Olahraga (PKOR) yang berada di kota Bandar Lampung. Dalam prosesnya pengujian ketelitian menggunakan data pengukuran GCP (*Ground Control Point*) sebagai titik kontrol lapangan dalam proses orthorektifikasi dan ICP (*Independent Check Point*) sebagai titik uji setelah dilakukan orthorektifikasi. Jika skala peta yang dihasilkan memenuhi standar ketelitian merujuk perka BIG dan sesuai dengan standar ketelitian peta dasar pada proyek konstruksi, diharapkan peta tersebut dapat dijadikan alternatif untuk menunjang peta terestris serta dapat menunjang kebutuhan pemetaan sesuai dengan kerangka acuan kerja di dalam dunia konstruksi. Oleh karena itu, dilakukan penelitian ini.

1.2 Tujuan

Dengan bertitik tolak pada perumusan masalah di atas, maka tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah menganalisis ketelitian skala peta yang dihasilkan dari pemotretan udara UAV untuk pekerjaan konstruksi.

1.3 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan latar belakang dan tujuan yang sudah dibangun, penelitian ini mencoba mencari tahu apakah skala yang dihasilkan menggunakan teknologi UAV dapat memenuhi standar dan ketelitian skala peta merujuk perka BIG sehingga dapat digunakan untuk pekerjaan konstruksi.

Untuk mencari tahu jawaban penelitian tersebut maka dilakukanlah pengujian geometrik yang berguna untuk pengujian pada skala peta yang dihasilkan dari pemotretan udara. Data yang digunakan yaitu data GCP (*Ground Control Point*) dan ICP (*Independent Check Point*). Data GCP berguna sebagai titik kontrol tanah dalam proses orthorektifikasi, sedangkan data ICP berguna sebagai titik uji setelah dilakukannya orthorektifikasi. Dengan adanya pengujian terhadap geometrik tersebut, maka dapat diketahui akurasi dan ketelitian skala peta foto yang dihasilkan.

1.4 Hipotesis

Untuk mengetahui ketelitian skala peta foto yang dihasilkan, dalam penelitian ini pengujian akurasi geometrik menggunakan data GCP (*Ground Control Point*) sebagai titik kontrol lapangan dan digunakan dalam proses orthorektifikasi serta data ICP (*Independent Check Point*) digunakan untuk titik uji setelah dilakukan orthorektifikasi. Maka peneliti menduga bahwa produk yang dihasilkan menggunakan teknologi foto udara UAV dapat digunakan untuk menyediakan peta dengan hasil skala peta foto yang dihasilkan memenuhi standar toleransi yang dibutuhkan yaitu sebesar 1:1.000 dan layak untuk digunakan dalam proses pembuatan peta dasar untuk keperluan konstruksi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Kumpulan dari beberapa jurnal yang digunakan sebagai referensi dan merupakan penjabaran mengenai perbedaan antara penelitian terdahulu dan penelitian yang sedang dilakukan. Berikut ini adalah penelitian terdahulu yang menjadi kajian dan referensi bagi penulis dalam melakukan penelitian ini.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul	Perbedaan Penelitian	Persamaan Peneliti	Hasil
Dendi Haris Rachmanto, 2020	Pemanfaatan Metode Fotogrametri Untuk Pemetaan, Institut Teknologi Malang	1. Studi Kasus: Universitas Pendidikan Indonesia 2. Perka BIG No. 15 tahun 2014 tentang pedoman teknis ketelitian peta dasar.	1. Wahana UAV <i>Quad Copter</i> 2. Skala peta yang dihasilkan yaitu 1:1.000 pada kelas 2	Uji akurasi Root Mean Square Error (RMSE) digunakan untuk menggambarkan akurasi meliputi kesalahan random dan sistematis.
I Putu Harianja Prayogo, 2020	Pemanfaatan Teknologi <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> (UAV) Quadcopter Dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka <i>Ground Control Point</i> (GCP)	1. Lokasi: Universitas Sam Ratulangi Manado 2. Premark yang digunakan yaitu terpal. 3. Perangkat Lunak pengolahan data foto yaitu <i>Pix 4d Mapper Pro</i> . 4. Metode pengukuran GPS yang digunakan yaitu Metode	1. Wahana UAV <i>Quad Copter</i> . 2. Perka BIG nomor 6 Tahun 2018 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar	Hasil penelitian Menghasilkan resolusi spasial yakni 4,4 Cm/Pixel. Dari uji akurasi didapatkan nilai CE90 sebesar 0,05 m dan nilai LE90 sebesar 0,12 yang berarti skala kelas 1 dengan ketelitian 0,3 meter. Report RMSE untuk ketelitian hasil pengukuran menggunakan UAVdrone menggunakan titik kontrol tanah

		<p>Statik.</p> <p>5. Penggunaan GCP yang dipakai sebanyak 12 titik.</p> <p>6. Skala yang dihasilkan 1:1.000 pada kelas 1</p>		<p>mendapatkan nilai error horizontal 0,05 m dan vertikal 0,12 m, tanpa titik kontrol tanah</p> <p>mendapatkan nilai 2,54 m dan vertikal 0,78 m.</p>
<p>Ahmad Fajri Tarmizi, 2019</p>	<p>Uji Akurasi Ketelitian Peta Orthofoto Menggunakan Pesawat UAV Untuk Tata Guna Lahan</p>	<p>1. Studi Kasus: Kecamatan Purworejo, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah.</p> <p>2. Perka BIG No. 14 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.</p> <p>3. Wahana UAV Fix wing (<i>Cessna Nimbus VTOL V2</i>)</p> <p>4. Perangkat lunak pengolah data foto yaitu: <i>Global Mapper, Trimbel Inpho, Terrasolid, ArcGis.</i></p> <p>5. Kamera yang digunakan yaitu Kamera <i>Metric Phase One.</i></p> <p>6. Pengukuran GCP dan ICP menggunakan alat Total Station.</p> <p>7. Skala peta dihasilkan yaitu 1:1000 kelas 1.</p>	-	<p>Tujuan dalam penelitian ini yaitu Mengetahui tingkat akurasi peta orthofoto di kecamatan purworejo menggunakan UAV untuk tata guna lahan berdasarkan SNI Badan Informasi Geospasial (BIG) No 15 Tahun 2014 tentang ketelitian peta RBI. Metode pembuatan orthofoto menggunakan perangkat lunak <i>Trimble Inpho, dan Terrasolid</i> untuk pembuatan DSM. Skala peta yang dihasilkan yaitu 1:1.000 pada kelas 1 untuk skala Horizontal dan 1:1.000 pada kelas 1 untuk Skala Vertikal.</p>

Ahmad Solihuddin Al Ayyubi, 2017	Analisa Planimetrik Hasil Pemetaan Foto Udara Skala 1:1.000 Menggunakan Wahana Fix Wing Uav	<ol style="list-style-type: none"> 1. Studi Kasus: Kampus ITS Sukolilo 2. Wahana UAV <i>Fix Wing</i> 3. Perka BIG No. 15 tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. 4. Perangkat Lunak pengolah data foto yaitu: <i>Mission Planner</i> 5. Penggunaan titik GCP sebanyak 16 Titik 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Metode Pengukuran GPS yaitu <i>Rapid Static</i>. 2. Penggunaan metode Analisa Georeferensi 3. Skala peta yang dihasilkan yaitu 1:1.000 pada kelas 2 	<p>Hasil Penelitian Ini Didapat Bahwa Nilai RMSE Yang Dihasilkan Yaitu Sebesar 0,163 Meter Dan Hasil Uji Akurasi CE90 Yaitu Sebesar 0,24 Meter. Berdasarkan NMAS Nilai Akurasi Pada Penelitian Ini Memenuhi Toleransi Untuk Skala 1:1.000 Yaitu Pada Kelas 2</p>
----------------------------------	---	--	--	--

Penelitian pertama oleh Dendi Haris Rachmanto, 2020 melakukan penelitian dengan judul Penggunaan metode fotogrametri untuk pemetaan, tujuan dari penelitian ini adalah untuk menemukan hasil definitif dari uji akurasi dan hasil penelitian ini berupa Root Mean Square Error (RMSE) yang digunakan untuk menggambarkan akurasi termasuk kesalahan acak dan sistematis.

Penelitian ke-dua I Putu Harianja Prayogo, 2020 dengan judul penelitian Pemanfaatan Teknologi *Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Quadcopter* Dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka *Ground Control Point (GCP)*, tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan akurasi hasil pengukuran dengan drone UAV dengan *ground control point* dan tanpa *ground control point*. Hasil disertasi ini menunjukkan bahwa resolusi spasialnya adalah 4,4 Cm/piksel. Dari uji akurasi didapatkan nilai CE90 sebesar 0,05m dan nilai LE90 sebesar 0,12 yang berarti pengukuran kelas 1 dengan akurasi 0,3m. Laporan RMSE akurasi hasil pengukuran drone UAV dengan *ground control point*

mendapatkan nilai kesalahan horizontal 0,05m dan kesalahan vertikal 0,12 m.

Penelitian ke-tiga Ahmad Fajri Tarmizi, 2019 Tujuan dalam penelitian ini yaitu Mengetahui tingkat akurasi peta orthofoto di kecamatan purworejo menggunakan UAV untuk tata guna lahan berdasarkan SNI Badan Informasi Geospasial (BIG) No 15 Tahun 2014 tentang ketelitian peta RBI. Metode pembuatan orthofoto menggunakan perangkat lunak Trimble Inpho, dan Terrasolid untuk pembuatan DSM. Skala peta yang dihasilkan yaitu 1:1.000 pada kelas 1 untuk skala Horizontal dan 1:1.000 pada kelas 1 untuk Skala Vertikal.

Penelitian ke-empat Ahmad Solihuddin Al Ayyubi, 2017 judul penelitian Analisa Planimetrik Hasil Pemetaan Foto Udara Skala 1:1.000 Menggunakan Wahana *Fix Wing* UAV, Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat akurasi pengujian akurasi dan hasil dari penelitian ini yaitu hasil RMSE sebesar 0,163 meter dan hasil pengujian akurasi CE90 sebesar 0,24 meter. Berdasarkan NMAS, nilai presisi penelitian ini memenuhi toleransi skala 1:1.000 yaitu kelas 2.

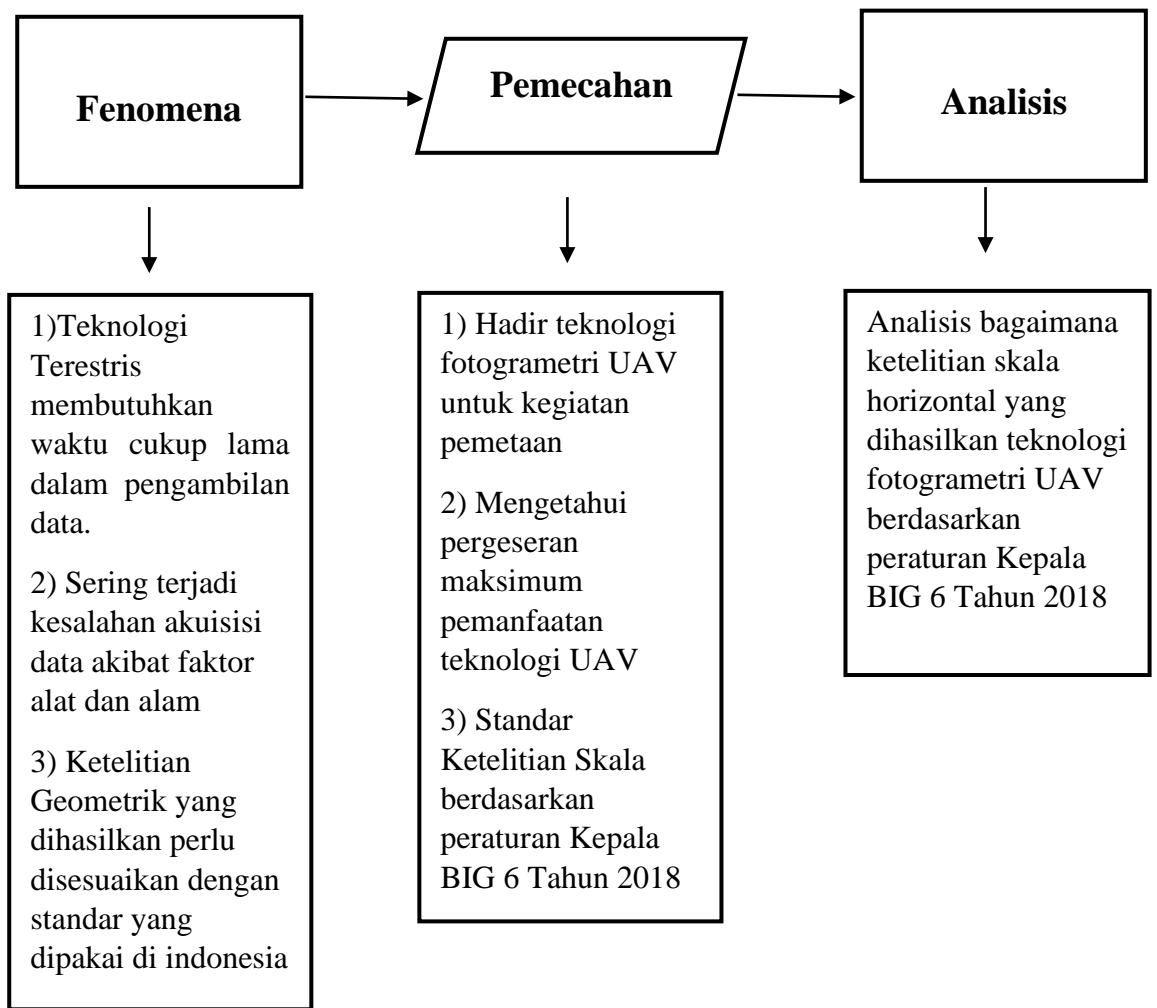
2.2 Kerangka Konseptual

Dunia pemetaan saat ini semakin dimudahkan dengan berbagai pilihan fasilitas teknologi yang dapat digunakan dalam pengambilan data. Pemanfaatan teknologi terestris adalah yang paling umum digunakan untuk kegiatan pengambilan data topografi. Meskipun teknologi terestris selalu diperbaharui untuk memudahkan dalam membantu pekerjaan bidang pemetaan namun, tidak bisa dipungkiri masih membutuhkan waktu dan biaya dalam pelaksanaannya. Seiring perkembangan waktu hadirilah teknologi pemetaan udara (Fotogrametri) UAV yang dapat menyelesaikan pekerjaan dengan mudah.

Teknologi pemetaan foto udara dapat digunakan dalam berbagai macam kegiatan pemetaan dengan lebih cepat dan biaya yang lebih murah. Namun kesalahan dalam kegiatan akuisisi data dari udara tidak menutup

kemungkinan terjadi pergeseran akibat berbagai faktor. Seperti faktor alat berupa kamera yang perlu dilakukan kalibrasi secara berkala, wahana pesawat UAV, maupun akibat faktor alam berupa awan dan sejenisnya sehingga berpengaruh terhadap akurasi geometrik yang dihasilkan. Standar toleransi pergeseran yang dibutuhkan pada dasarnya berbeda-beda tergantung jenis pekerjaan yang dilakukan, seperti halnya untuk mendukung perencanaan dalam pekerjaan konstruksi maka akan sangat dibutuhkan produk peta yang teliti sesuai dengan acuan peraturan yang digunakan di Indonesia. Sehingga agar pemetaan menggunakan teknologi fotogrametri berbasis UAV dapat digunakan dengan baik perlu diketahui berapa pergeseran maksimal peta yang dihasilkan sesuai ketentuan peraturan kepala BIG no 6 Tahun 2018.

Setelah diketahui berapa ketelitian data yang dihasilkan kemudian berada pada kelas ketelitian skala dimana sesuai ketentuan peraturan kepala BIG no 6 Tahun 2018, maka nantinya dapat direkomendasikan pemanfaatan teknologi fotogrametri UAV untuk kegiatan pemetaan.



Gambar 1. Alur Krangka Konseptual Penelitian

2.3 Landasan Konseptual

2.3.1 Fotogrametri

Fotogrametri adalah suatu seni, ilmu dan teknologi yang memperoleh informasi tentang objek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran dan penafsiran foto udara (Thomson dan Gruner, 1980). Fotogrametri berasal dari kata *photos* yang berarti sinar, *gramma* yang berarti sesuatu yang tergambar dan *metron* yang berarti mengukur. Sehingga fotogrametri dapat diartikan sebagai "pengukuran secara grafis dengan menggunakan

sinar". Dari definisi ini dapat dimengertikan bahwa fotogrametri mencakup (Wolf, 1983):

- Perekaman objek (pemotretan)
- Pengukuran objek dengan foto udara
- Pemotretan objek dengan hasil ukuran untuk dijadikan bentuk peta.

Fotogrametri merupakan ilmu yang memperoleh informasi dari suatu objek melalui proses pencatatan, pengukuran, dan interpretasi fotografis di mana bagian geometrik dari foto udara yaitu sudut, jarak, koordinat dan sebagainya merupakan faktor utama. Dari pengertian ini terdapat dua aspek penting, yaitu ukuran obyek (kuantitatif) dan jenis obyek (kualitatif). Kedua aspek tersebut berkembang menjadi cabang fotogrametri yaitu, fotogrametri metrik dan fotogrametri interpretatif.

1. Fotogrametri Metrik

Fotogrametri metrik merupakan pengukuran cermat berdasarkan foto dan sumber informasi lain yang digunakan untuk menentukan lokasi relative titik-titik (sehingga dapat memperoleh sudut, jarak, luasan, elevasi, volume dan bentuk objek). Fotogrametri metrik paling banyak digunakan untuk menyusun peta *planimetrik* dan peta topografi, disamping untuk pemetaan geologi, kehutanan, pertanian, keteknikan, pertanahan dan lainnya.

2. Fotogrametri Interpretatif

Fotogrametri interpretatif merupakan ilmu yang mempelajari pengenalan dan identifikasi objek serta menilai arti pentingnya objek tersebut melalui suatu analisa sistematis dan cermat. Fotogrametri interpretatif yang meliputi cabang ilmu interpretasi foto udara dan penginderaan jauh.

2.3.2 Kegiatan Fotogrametri

Menurut Lillesand and Kiefer (1994), terdapat beberapa aspek dasar di dalam fotogrametri yaitu sebagai berikut:

- a) Menentukan jarak medan mendatar dan besarnya sudut berdasarkan pengukuran yang dilakukan pada foto udara tegak.
- b) Menentukan tinggi suatu objek dari pengukuran pergeseran letak oleh relief.
- c) Menentukan tinggi suatu objek dan ketinggian medan dengan pengukuran paralaks citra.
- d) Penggunaan titik kontrol tanah.
- e) Membuat sebuah peta di dalam plotter stereo.
- f) Membuat ortofoto.
- g) Menyiapkan rencana penerbangan untuk memperoleh foto udara.

2.3.3 Jenis Kamera

Dalam fotogrametri kamera merupakan instrument yang paling penting, karena kamera digunakan untuk membuat foto dalam fotogrametri. Sehingga dapat dikatakan foto yang akurat (mempunyai kualitas geometri yang tinggi) di dapat dari kamera yang teliti, baik untuk keperluan foto udara maupun foto terrestrial. Kamera fotogrametri di kelompokkan menjadi dua katagori yaitu:

a. Kamera Metrik

Kamera metrik merupakan kamera yang didesain secara khusus untuk keperluan fotogrametri. Kamera metrik pada umumnya mempunyai ukuran 23cmx23cm, dibuat stabil dan di kalibrasi secara keseluruhan. Terdapat beberapa nilai-nilai kalibrasi dari sebuah kamera metrik seperti *distorsi radial lensa*, panjang fokus, koordinat titik utama diketahui dan dapat digunakan untuk waktu yang lama.

b. Kamera Non-Metrik

Kamera non-metrik dirancang secara khusus untuk foto profesional maupun pemula, karena lebih mengutamakan kualitas foto dari pada kualitas *geometric*.

2.3.4 Kalibrasi Kamera

Di dalam fotogrametri akurasi dari data suatu obyek yang dihasilkan bergantung dari kalibrasi kamera. Kamera dianggap terkalibrasi jika jarak fokus, *offset* titik pusat foto dan distorsikan telah diketahui. Kalibrasi kamera merupakan proses penentuan parameter internal dari sebuah kamera. Parameter internal ini dibutuhkan untuk merekonstruksi ulang berkas-berkas sinar pada saat pemotretan dan agar diketahui besaran kesalahan sistematik dari sebuah kamera. Atkinson menjabarkan bahwa tujuan kalibrasi adalah sebagai berikut:

1. Evaluasi kinerja kamera.
2. Evaluasi dari stabilitas lensa.
3. Penentuan parameter optik dan geometric dari sistem lensa.
4. Penentuan parameter optik dan geometris sistem lensa kamera.
5. Penentuan parameter optik dan geometrik sistem pengumpulan data citra.

Kalibrasi kamera dilakukan untuk menentukan suatu parameter internal kamera (IOP) yang meliputi: *principal distance*, titik pusat fidusial foto (X_o , Y_o), distorsi lensa (k_1 , k_2 , k_3 , p_1 dan p_2), distorsi akibat perbedaan skala dan ketidak orthogonal sumbu X dan Y (b_1 , b_2).

2.3.5 Wahana Terbang

Sepanjang sejarah, wahana yang digunakan dalam menerbangkan kamera untuk memperoleh foto udara terdiri dari berbagai macam jenis dan ukuran. Diantaranya sebagai berikut:

1. *Unmanned Aerial Vehicle (UAV)*

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau dikenal sebagai ‘*drone*’ merupakan sebuah wahana terbang tanpa awak manusia yang mengoperasikan penerbangan pada badan pesawatnya. Penerbangannya dikendalikan secara mandiri oleh remot *control* atau komputer di dalam kendaraan dari pilot yang berada ditanah atau di kendaraan lain. Secara umum, UAV untuk pemetaan fotogrametri dapat dibagi menjadi dua kategori yaitu:

a. *Fixed wing UAV*

Pesawat tanpa awak dengan alat utama untuk penerbangannya berupa sayap yang bersifat tetap sering digunakan dalam kegiatan pemetaan baik skala menengah maupun besar. Pesawat ini mampu membawa beban hingga 10 kg dan terbang sampai sejauh lebih dari 500 kilometer (beberapa jenis mampu terbang sampai 800km). Pesawat jenis ini lebih stabil dan mampu digunakan untuk memetakan daerah yang cukup luas. *Fix Wing UAV* memiliki kelebihan dan kekurangan yaitu:

1. Kelebihan

- a) Stabilitas yang sangat baik
- b) Jangkauan yang lebih luas
- c) Penerbangan linier.

2. Kekurangan

- a) Biaya cukup mahal
- b) Tidak mudah dibawa-bawa
- c) Kurang efisien dalam pemetaan yang tumpang tindih.



Gambar 2. Contoh Pesawat Fix Wing UAV untuk keperluan pemetaan.

b. *Rotary Wing UAV (Copter).*

Jenis kedua dari pesawat UAV adalah *rotary wing (copter)*, yang dicirikan oleh adanya baling-baling pada badan pesawatnya. Pesawat jenis ini mampu membawa beban hingga 2kg dengan jarak yang ditempuh hingga 5 kilometer.

Beberapa pesawat jenis ini dilengkapi seperti sistem otomatis untuk menghindari tabrakan dengan objeklain, misalnya pada *DJI Phantom 4* dan *Aibotix x6* yang dikategorikan sebagai *smart flying* kamera.

1. Kelebihan

- a) Lincah
- b) Kemampuan manuver
- c) Biaya murah
- d) Dapat dibawa kemana-mana
- e) Akurasi.

2. Kekurangan

- a) Kecepatan dan ketahanan yang terbatas
- b) Jangkauan area tidak luas
- c) Tidak stabil pada saat kondisi angin kencang



Gambar 3. Contoh Pesawat Rotary Wing UAV untuk keperluan fotogrametri.

Baik pesawat UAV jenis *fixed wing* maupun *copter* memiliki kemampuan terintegrasi dengan sistem perencanaan jalur terbang (*flight management software*) dan penerbangan otomatis (*autonomous flight*). Adapun data yang diperoleh dari UAV dapat dikirimkan kepada pengguna melalui sistem yang disebut dengan *telemetry*, dimana UAV dapat dikontrol dan diunduh datanya pada saat terbang. Kemudahan pengoperasian UAV untuk memperoleh foto udara ini pula yang mendorong berkembangnya pasar UAV untuk fotogrametri.

2.3.6 Foto Udara

Foto udara merupakan gambaran berbagai objek yang ada di permukaan bumi yang diambil menggunakan sebuah wahana seperti pesawat terbang, helikopter, balon udara, parasut, *drone* atau UAV, serta berbagai wahana lainnya. Kamera atau sensor terpasang pada wahana yang dapat dipicu dari jarak jauh atau dapat juga secara otomatis, adapun faktor yang menjadi penyebab kelemahan pada saat pemotretan foto udara sebagai berikut:

1. Tinggi terbang
2. Cuaca
3. Pixel yang di gunakan
4. Angin

5. Pemasangan kamera yang tidak sempurna mengakibatkan perubahan orientasi kamera,
6. Arah terbang yang tidak sempurna,
7. tinggi terbang,
8. Jenis kamera.

2.3.7 Skala

Skala adalah perbandingan antara jarak dua buah titik (tempat) di peta dengan jarak sesungguhnya di lapangan. Skala yakni merupakan bagian yang sangat penting dalam peta oleh karena itu, skala harus tercantum pada peta. Hanya dengan bantuan skala orang dapat memperoleh ukuran jarak dan luas wilayah dari peta yang bersangkutan. Skala dapat berujud skala angka maupun skala grafis.

Skala peta tidak hanya menunjukkan perbandingan jarak di peta dengan jarak di lapangan (misalnya untuk mengukur suatu jarak di lapangan atau menghitung luas suatu areal), tetapi juga menunjukkan ketelitian geometris dan detail dari unsur dan informasi yang disajikan. Semakin besar skala peta, maka semakin teliti dan semakin detail unsur dan informasi yang disajikan demikian pula sebaliknya.

2.3.8 Skala Foto Udara

Skala foto adalah perbandingan antara jarak objek pada foto dengan objek sebenarnya yang sama. Rasio panjang fokus kamera dengan panjang terbang juga disebut skala foto. Perbandingan skala foto udara adalah sebagai berikut:

$$\text{Skala} = \frac{f}{H} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :
f = Panjang fokus kamera (cm)
H = Tinggi Terbang (cm)

2.3.9 Ketelitian Peta Dasar

Ketelitian peta dasar meliputi:

- a. Ketelitian Geometri merupakan nilai yang menggambarkan ketidak pastina koordinat posisi suatu objek pada peta dibandingkan dengan koordinat posisi objek yang dianggap posisi sebenarnya. Komponen ketelitian geometri terdiri atas:
 1. Akurasi horizontal
 2. Akurasi vertikal.
- b. Atribut, atau akurasi semantik, adalah nilai yang menggambarkan derajat kesesuaian atribut objek pada peta dengan atribut nyata.

2.3.10 Ketelitian Geometri Peta Dasar

Menurut Peraturan Kepala (Perka) Badan Informasi Geospasial No. 6 Tahun 2018 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar terdiri dari:

- a. Peta Rupabumi Indonesia (RBI);
- b. Peta Lingkungan Pantai Indonesia (LPI) dan
- c. Peta Lingkungan Laut Nasional (LLN).
- d. Ketelitian Geometri Peta RBI

Ketentuan untuk standar ketelitian geometri Peta RBI yang dihasilkan tertera pada tabel di bawah ini:

Tabel 2. Standar Ketelitian Geometri

No	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE 90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE 90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE 90 dalam m)
1	1:1.000.000	400	300	200	600	300	900	400
2	1:500.000	200	150	100	300	150	450	200
3	1:250.000	100	75	50	150	75	225	100
4	1:100.000	40	30	20	60	30	90	40
5	1:50.000	20	15	10	30	15	45	20
6	1:25.000	10	7,5	5	15	7,5	22,5	10
7	1:10.000	4	3	2	6	3	9	4
8	1:5.000	2	1,5	1	3	1,5	4,5	2
9	1:2.500	1	0,75	0,5	1,5	0,75	2,3	1
10	1:1.000	0,4	0,3	0,2	0,6	0,3	0,9	0,4

Sumber: Peraturan Kepala BIG No.6 Tahun 2018

Nilai ketelitian di setiap kelas diperoleh melalui ketentuan seperti yang tertera dibawah ini:

Tabel 3. Ketelitian Kelas

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0,3 x bilangan skala	0,6 x bilangan skala	0,9 x bilangan skala
vertikal	0,5 x interval kontur	1,5 x ketelitian kelas 1	2 x ketelitian kelas 1

Sumber: Peraturan Kepala BIG No.6 Tahun 2018

Nilai akurasi posisi peta dasar pada tabel 3 adalah nilai CE90 untuk akurasi horizontal dan LE90 untuk akurasi vertikal, artinya nilai akurasi posisi kesalahan peta dasar tidak melebihi nilai akurasi dengan pasti. pada tingkat 90%. Nilai CE90 dan LE90 dapat diperoleh dengan menggunakan rumus yang mengacu pada *National Map Accuracy Standards (NMAS)* sebagai berikut:

$$CE90 = 1,5175 \times RMSEr \dots\dots\dots(2)$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSEz \dots\dots\dots(3)$$

Dengan :

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

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

2.3.11 Titik Kontrol Tanah

1. Ground Control Point (GCP)

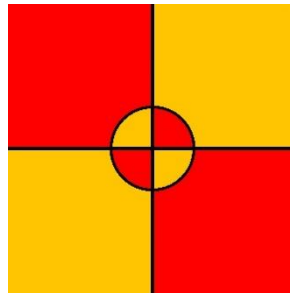
Ground Control point (GCP) merupakan proses penandaan lokasi berupa titik yang diperlukan dalam kegiatan mengkoreksi data dan memperbaiki keseluruhan peta citra yang disebut dengan retrifikasi GCP. Retrifikasi GCP terdiri dari koordinat X dan Y yang terdiri atas koordinat sumber dan koordinat referensi. Keakurasian GCP tergantung dari jenis GPS yang digunakan serta pengamatan tertentu terhadap lokasi dan waktu pengambilan.

2. *Independent Check Point (ICP)*

Independent Check Point atau bisa juga disebut dengan titik pengecekan, merupakan titik kontrol tanah yang digunakan untuk kontrol kualitas dari objek dengan cara membandingkan koordinat model terhadap koordinat yang sebenarnya. Perbedaan GCP dan ICP adalah GCP digunakan pada saat pengolahan data, sedangkan ICP digunakan saat data sudah menjadi produk dan tidak termasuk dalam pengolahan data. Titik GCP dan ICP ini digunakan agar supaya mendapatkan ketelitian horizontal pada foto hasil dari pemotretan udara.

3. *Premark*

Suatu tanda lapangan yang dipasang pada titik di tanah sehingga dapat terlihat pada foto udara untuk keperluan pengukuran titik kontrol biasa digunakan dalam foto udara dengan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) Posisi suatu titik pada hasil foto udara saat ditunjukkan dengan suatu sistem koordinat.



Gambar 4 Premark

2.3.12 *GNSS (Global Navigation Satellite System)*

Dalam penentuan posisi GCP dan ICP GNSS sangatlah dibutuhkan untuk mendapatkan titik kontrol untuk keperluan pemetaan. GNSS (*Global Navigation Satellite System*) adalah sistem navigasi satelit untuk penentuan posisi yang dikembangkan oleh beberapa negara, seperti negara Amerika Serikat yang mengembangkan GPS (*Global*

Positioning System), negara Rusia yang mengembangkan *GLONASS*, *BEIDOU* yang dikembangkan oleh negara China dan *GALILEO* yang dikembangkan dari Eropa. Sistem ini dapat menginformasikan mengenai posisi secara tiga dimensi dan ditambah dengan menginformasikan waktu. Penggunaan teknologi GNSS dapat juga digunakan untuk mengetahui keadaan meteorologi, deformasi serta banyak hal turunan lainnya.

2.3.13 Root Mean Square Error (RMSE)

Merupakan besarnya tingkat kesalahan hasil prediksi, di mana semakin kecil mendekati 0 nilai RMSE maka hasil prediksi akan semakin akurat. RMSE adalah metode alternatif untuk mengevaluasi teknik peramalan yang digunakan untuk mengukur tingkat akurasi hasil prakiraan suatu model RMSE merupakan nilai rata-rata dari jumlah kuadrat kesalahan, juga dapat menyatakan ukuran besarnya kesalahan yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan. Nilai RMSE rendah menunjukkan bahwa variasi nilai yang dihasilkan oleh suatu model prakiraan mendekati variasi nilai observasinya.

Nilai RMSE dirumuskan sebagai berikut:

$$RMSE \text{ Horizontal} = \sqrt{\frac{D^2}{n}} = \sqrt{\frac{D(X_{data} - X_{cek})^2 + (Y_{data} - Y_{cek})^2}{n}} \dots\dots\dots(4)$$

$$D^2 = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan:

- n = Jumlah total pengecekan pada peta
- D = Selisih koordinat yang diukur dilapangan dengan koordinat di peta
- x = Nilai koordinat pada sumbu x
- y = Nilai koordinat pada sumbu y
- Data = Koordinat pada peta yang belum dicek
- Cek = Koordinat pada peta yang sudah dicek di lapangan

2.3.14 Perangkat Lunak Agisoft

Agisoft merupakan sebuah perangkat lunak yang diproduksi oleh *Agisoft LCC* tahun 2006. Perusahaan riset yang inovatif bergerak di bidang teknologi komputer dalam algoritma pengolahan citra dengan teknik fotogrametri digital. Produk - produk *agisoft* diantaranya *agisoft photoscan*, *agisoft lens* dan *agisoft stereo*. *Agisoft Lens*, software yang digunakan untuk kalibrasi kamera otomatis dengan target kalibrasi di layar LCD. *Agisoft PhotoScan* digunakan untuk membangun rekonstruksi 3D, visualisasi, survei dan tugas pemetaan.

Agisoft PhotoScan (umumnya dikenal sebagai *PhotoScan*) merupakan perangkat lunak profesional untuk fotogrametri, perangkat lunak ini tersedia dalam versi standar dan pro. Versi standar cukup untuk pekerjaan media interaktif biasa sedangkan versi pro dirancang untuk membuat konten peta GIS. Perangkat lunak ini dikembangkan oleh *Agisoft LLC* yang berlokasi di Petersburg di Rusia.

Perangkat lunak ini dapat menghasilkan objek 3D dari pengolahan data foto 2D yang diperoleh dari pemotretan menggunakan kamera.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Dalam penelitian ini lokasi yang digunakan yaitu area Pusat Kegiatan Olahraga (PKOR), yang terletak di Provinsi Lampung, tepatnya di Kota Bandar Lampung.



Gambar 5. Lokasi Penelitian

3.2 Persiapan

Sebelum melakukan penelitian diperlukan suatu persiapan agar dalam proses penelitian dapat berjalan dengan baik dan tepat. Sehingga dapat memperoleh hasil yang baik dan tepat. Ada beberapa hal yang harus dipersiapkan, antara lain yaitu:

3.2.1 Alat Penelitian

Alat yang dipergunakan untuk penelitian ini yaitu:

A. Perangkat Keras

Perangkat keras yang dipergunakan dalam pengolahan data ini menggunakan satu unit laptop, satu unit drone, dan satu set gps geodetik dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Laptop

Tipe Laptop	: Dell G3 15 3579
System Operasi	: Windows 10 Home Single Language 64-bit
Processor	: Intel® Core™ i5-8300
RAM	: 16 GB

2. Drone

Tipe Drone	: DJI Phantom 3 Professional
Max Speed	: 16 m/s (ATTI mode)
Max Flight Time	: 23 Menit
Sistem Satelit	: GPS/GLONASS
Sensor Kamera	: 1/2.3" CMOS Effective pixels: 12.4 M (total pixels: 12.76 M)
Lensa	: FOV 94° 20 mm (35 mm format equivalent) f/2.8 focus at ∞

3. GPS Geodetik

Tipe GPS	: Hi-Target V30
Sinyal Terlacak	: GPS, GLONASS, SBAS, GIOVE-A, GIOVE-B, GALILEO
Akurasi Statis	: H: $\pm (2.5+1\text{ppm RMS})\text{mm}$ V: $\pm(5+1\text{ppm RMS})\text{mm}$
Akurasi Kinematik	: H: $\pm (10+1\text{ppm RMS})\text{mm}$ V: $\pm (20+1\text{ppm RMS})\text{mm}$

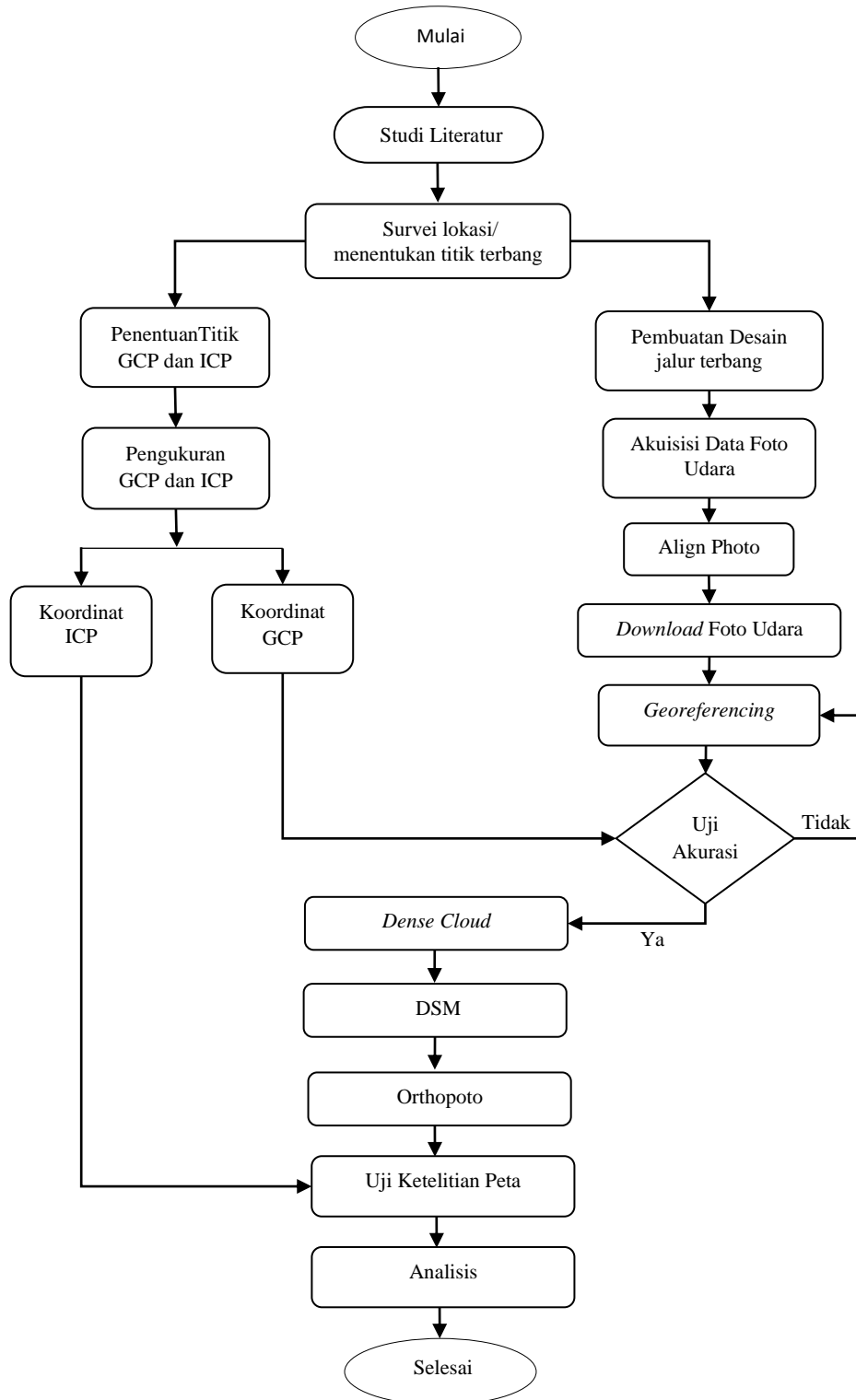
B. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang dipergunakan dalam mengolah data penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. *Agisoft Metashape*
2. *Autocad Civil 3D*
3. *Topcon Tools dan Hi-Target Geomatics Office*
4. Microsoft Excel

3.3 Tahapan Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat tahapan-tahapan yang dapat dilihat dalam diagram alir di bawah ini:



Gambar 6. Diagram Alir Penelitian

3.3.1 Studi Literatur dan Area

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pemahaman terhadap teori dan materi yang terkait dalam penelitian ini. Dalam hal ini yaitu materi tentang fotogrametri, cara pemrosesan foto udara, pengamatan dengan GPS Geodetik, dan spesifikasi alat yang akan dipergunakan dalam penelitian ini. Referensi tersebut dapat berupa buku, jurnal, maupun pendapat dari para ahli pada bidang terkait.

3.3.2 Survei Lokasi dan Menentukan Titik Terbang

Pada kegiatan ini dilakukan untuk mengetahui lokasi yang akan dijadikan area penelitian serta untuk mengetahui batasan area yang akan dilakukan penelitian. Dalam hal ini dilakukan pula penentuan titik GCP dan ICP Serta pembuatan rencana jalur terbang.



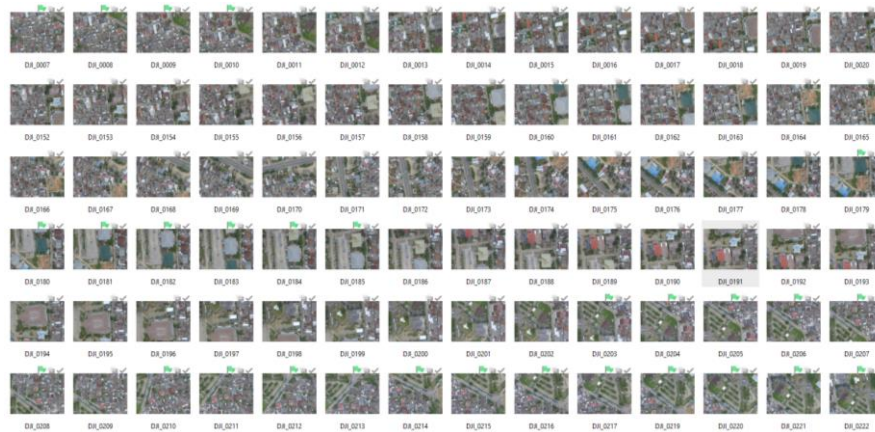
Gambar 7. jalur terbang dan penentuan titik GCP/ICP

3.3.3 Pengambilan Data

Pada tahapan ini terdapat dua pengambilan data yaitu:

a. Akuisisi data foto udara

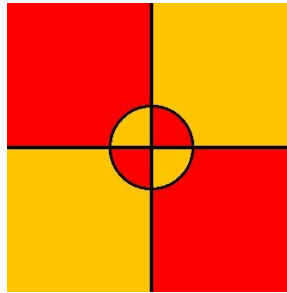
Akuisisi ini dilakukan untuk mendapatkan hasil foto udara yang menggunakan kamera non-metrik yang dalam wahana UAV tipe *Rotary Wing (Copter)*.



Gambar 8 akuisisi data foto udara

b. Pengukuran GPS Geodetik

Titik GCP dan ICP ditempatkan di area yang tidak terhalang oleh obyek lain, seperti batang pohon maupun semak belukar. Selain itu penempatan titik GCP dan ICP juga mempertimbangkan kendaraan yang melintas, maupun keramaian yang dapat mengakibatkan terhalangnya titik GCP dan ICP tersebut. Dalam penelitian ini, masing-masing titik GCP dan ICP yang digunakan yaitu sebanyak 5 titik. Tanda premark buatan yang digunakan adalah berupa banner dengan ukuran 1,5x1,5m yang sudah didesain untuk keperluan foto udara. Gambar premark dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 9 premark

Titik GCP dan ICP diukur menggunakan penerima GNSS dengan metode rapid static, yang dimana metode ini memerlukan pengamatan yang singkat yaitu 30 menit. Metode rapid static umumnya dilakukan untuk baseline yang pendek (< 5 km) dan diimplementasikan dengan menggunakan moda radial. Ketelitian yang dihasilkan pada metode rapid static adalah dalam orde centimeter.

Setelah tahap pengukuran GCP dan ICP lapangan dilakukan, selanjutnya hasil pengukuran GCP dapat dipergunakan untuk keperluan georeferensi dalam perangkat lunak Sfm. Sedangkan ICP dapat dipergunakan untuk keperluan uji akurasi. Hasil pengukuran GCP dan ICP dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4 GCP

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)	Keterangan
1	530.991,094	9.405.325,936	113,463	GCP 1
2	530.744,116	9.405.270,483	113,118	GCP 2
3	530.893,617	9.405.500,226	114,942	GCP 3
4	530.839,685	9.405.739,487	113,414	GCP 4
5	530.999,502	9.405.685,362	112,562	GCP 5

Tabel 5 ICP

No.	X (m)	Y (m)	Z (m)	Keterangan
1	531.086,441	9.405.292,813	113,552	ICP 01
2	530.715,473	9.405.354,977	114,421	ICP 02
3	530.822,236	9.405.412,512	115,014	ICP 03
4	530.782,515	9.405.613,308	113,364	ICP 04
5	531.081,969	9.405.507,081	113,792	ICP 05

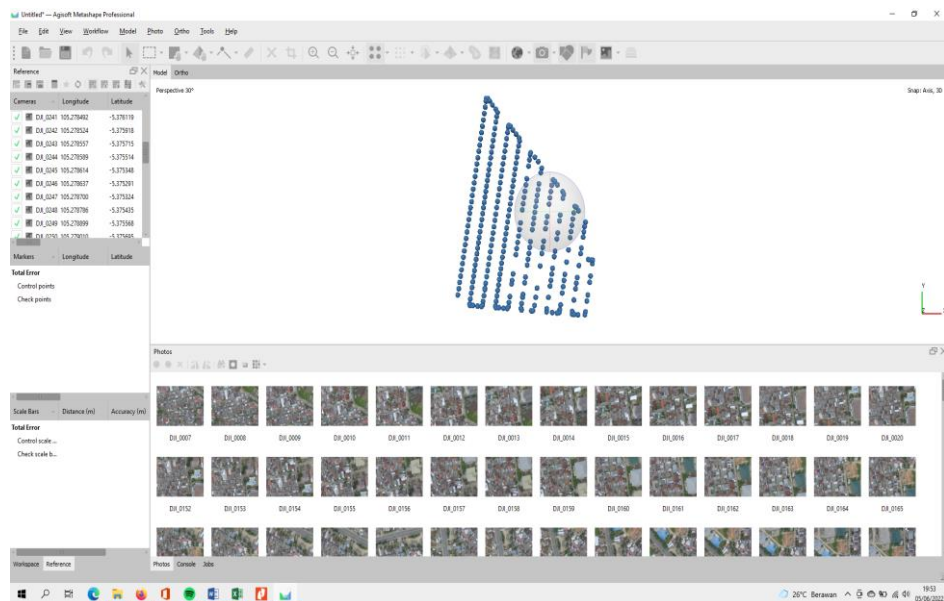
3.3.4 Pengolahan Data

Pengolahan data dibagi menjadi dua yaitu pengolahan data GCP dan ICP, serta pengolahan data foto udara. Pengolahan data GCP dan ICP dilakukan menggunakan *software HI-Target Geomatics Office* dan pengolahan data Foto Udara menggunakan *Software Agisoft Metashape Professional*.

Adapun penjelasan dalam pengolahan data foto udara adalah sebagai berikut:

1. Add photo

Langkah awal dalam pemrosesan pengolahan data foto udara yaitu dengan menambahkan keseluruhan data foto udara yang sudah diperoleh kedalam *software* pengolahan data foto seperti gambar dibawah ini:

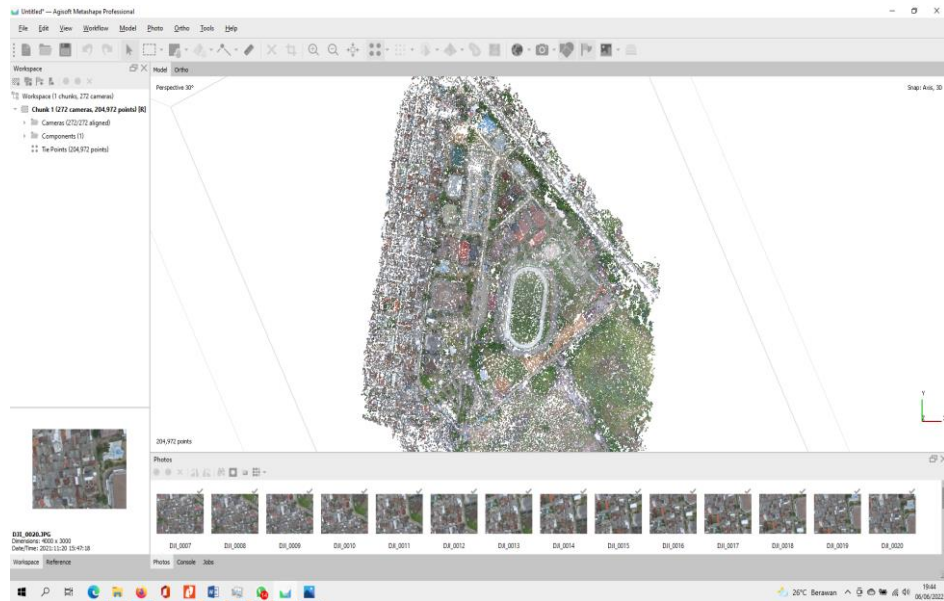


Gambar 10. Add Photo

2. Align photo

Setelah seluruh foto yang akan diproses ditambahkan kedalam *software* pengolahan maka proses selanjutnya adalah menyelaraskan foto-foto tersebut. Penyelarasan ini berfungsi untuk menentukan posisi kamera yang sesungguhnya pada saat

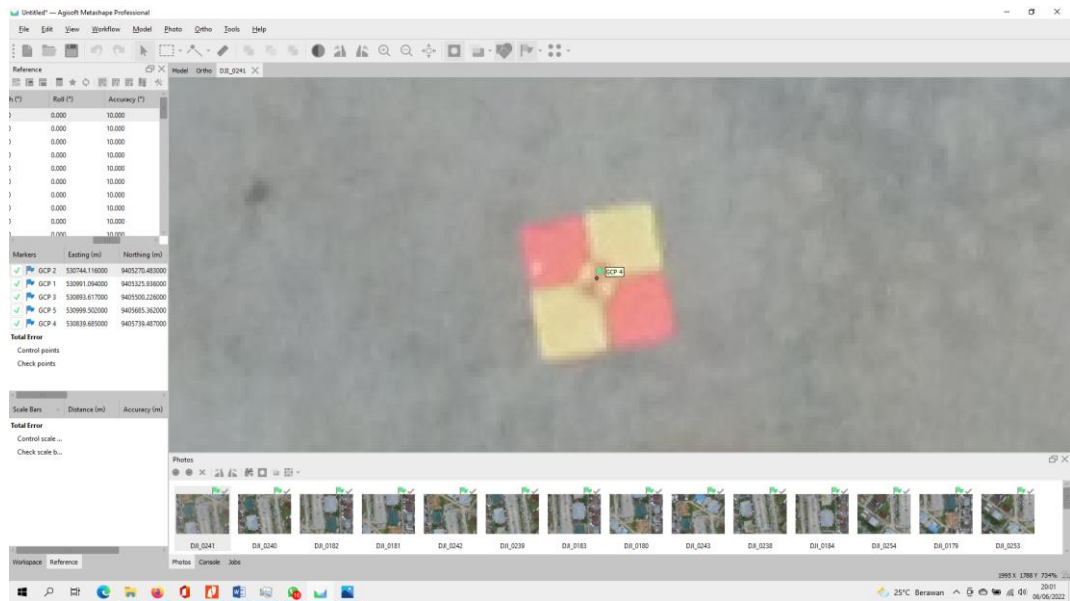
pemotretan udara serta mengorientasikan antara satu foto dengan foto lainnya sehingga dapat membentuk titik-titik point cloud model dari obyek yang sama antar foto walaupun titik-titik tersebut masih dalam posisi yang renggang seperti gambar di bawah ini:



Gambar 11. *Align Photo*

3. *Georeferensi*

Georeferensi merupakan proses transformasi foto udara dengan menggunakan titik referensi koordinat tanah. *Georeferensi* ini dilakukan untuk mengoreksi dan memperbaiki data foto agar mendapatkan akurasi yang baik serta memenuhi kriteria yang ditetapkan. Untuk melakukan tahapan ini parameter yang dibutuhkan adalah *tie point* dan data titik GCP.



Gambar 12. Georeferensi

4. *Dense Cloud*

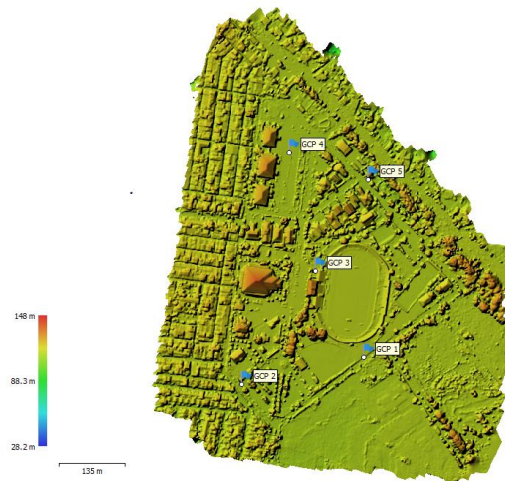
Proses pembentukan *dense cloud* dibentuk dari sekumpulan titik dengan jumlah ribuan hingga jutaan yang nantinya akan menghasilkan model 3D yang menjadi input dalam proses pembuatan *Digital Surface Model (DSM)*. Rekonstruksi permukaan topografi melalui tahap densifikasi *sparse point cloud* pada tahap *align photo*. Selanjutnya *sparse point cloud* dilakukan *dense image matching* pada seluruh foto *Multiviews stereo* berdasarkan parameter IOP dan EOP yang diperoleh pada tahapan sebelumnya (Forlani, et al 2015).



Gambar 13. *Dense Cloud*

5. Pembuatan DSM

DSM dihasilkan berdasarkan interpolasi pada data point cloud 3D (Nogueira and Roberto, 2017). DSM merupakan parameter input surface saat proses pembuatan *orthophoto* (Ruzgiene et al., 2015). DSM digunakan untuk menghilangkan efek relief displacement dari foto udara sehingga hasil foto udara mempunyai proyeksi *orthogonal* dan memiliki skala yang sama di semua area foto. Rekonstruksi *Dense Point Cloud* pada tahapan sebelumnya akan diproses dengan metode interpolasi hingga menghasilkan DSM dalam format data raster.



Gambar 14. Pembuatan DSM

6. Pembuatan *Orthophoto*

Tahapan *orthophoto* adalah tahapan akhir pada proses pengolahan data foto udara menggunakan metode SfM untuk menghasilkan citra resolusi tinggi. *Orthophoto* merupakan citra tegak (Nogueira and Roberto, 2017). *Orthophoto* adalah gambar yang telah terorthorektifikasi sehingga berada pada lokasi yang sebenarnya dipermukaan bumi (Modiri, Enayatib and Ebrahimikiac, 2015). *Orthophoto* dibentuk berdasarkan setiap foto dan model yang direkonstruksi pada tahap sebelumnya. Pembuatan *orthophoto* tiap foto udara yang

diolah dan menyatukannya menjadi mosaik orthophoto. Proses tersebut menggunakan input data DSM. DSM digunakan untuk mengkoreksi relief displacement obyek dari foto udara, sehingga foto memiliki proyeksi orthogonal dan memiliki posisi yang akurat. Apabila semua foto dalam blok tersebut sudah terorthorektifikasi, maka proses selanjutnya adalah mosaik dengan proses blending antar foto, sehingga sambungan antar foto tidak terlihat dan kontras maupun brightness seragam untuk semua area.



Gambar 15 Orthophoto

7. Uji Akurasi

Setelah foto sudah terorthorektifikasi maka langkah selanjutnya adalah uji akurasi. Uji akurasi yang dilakukan pada penelitian kali ini adalah untuk menguji akurasi ketelitian horizontal antara koordinat GNSS dengan koordinat *Orthophoto*. Pengujian ketelitian (X,Y) menggunakan

parameter *Independent Check Point* (ICP) pada *orthophoto* dan *Independent Check Point* (ICP) hasil pengukuran GNSS untuk mendapatkan hasil ketelitian horizontalnya.

Tabel 6 Uji akurasi

Titik ICP	Jarak ke titik GPS yang bersesuaian	Koordinat GNSS		Koordinat Orthophoto		$(X_{GPS}-X_{CP})^2$	$(Y_{GPS}-Y_{CP})^2$	$(X_{GPS}-X_{CP})^2+(Y_{GPS}-Y_{CP})^2$
		X	Y	X	Y			
ICP 01	0,306	531.086,441	9.405.292,813	531.086,135	9.405.292,803	0,094	0,000	0,094
ICP 02	0,325	530.715,473	9.405.354,977	530.715,798	9.405.354,989	0,106	0,000	0,106
ICP 03	0,130	530.822,236	9.405.412,512	530.822,361	9.405.412,477	0,016	0,001	0,017
ICP 04	0,335	530.782,515	9.405.613,308	530.782,845	9.405.613,249	0,109	0,003	0,112
ICP 05	0,379	531.081,969	9.405.507,081	531.081,654	9.405.507,292	0,099	0,045	0,144
5						Jumlah	:	0,472
						Rata-rata	:	0,094
						RMSEr	:	0,307
						CE90 %	:	0,466

3.3.5 Analisis

Setelah proses uji akurasi dilakukan dan mendapatkan ketelitian horizontal, tahapan selanjutnya adalah melakukan analisis terhadap ketelitian yang didapatkan sejauh mana skala peta foto yang dihasilkan dalam penelitian ini dapat mendukung skala peta pemetaan terestris.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Dari hasil pengujian akurasi pemetaan dengan foto udara mendapatkan nilai CE90 sebesar 0,466 m yang menunjukkan bahwa pengujian ketelitian horizontal masuk dalam Skala 1:1.000 dengan katagori kelas 2, dan masuk kedalam skala 1:2.500 dengan katagori kelas 1.
- b. Dalam pekerjaan konstruksi terdapat beberapa kegiatan yang dapat dilakukan menggunakan teknologi foto udara UAV merujuk kerangka acuan kerja (KAK) yaitu, mengidentifikasi lokasi titik BM/CP, pengukuran situasi dan detail topografi, pembuatan peta dengan skala 1:2.500 atau pembuatan peta dengan skala yg lebih kecil.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah didapatkan maka terdapat beberapa saran seperti berikut:

Teknologi foto udara UAV mampu menghasilkan akurasi yang cukup tinggi, namun untuk saat ini belum mampu memenuhi standar akurasi tertinggi. Sehingga kurang direkomendasikan untuk kegiatan pemetaan yang membutuhkan standar akurasi yang tinggi seperti pekerjaan konstruksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Fajri Tarmizi, (2019) Uji Akurasi Ketelitian Peta Orthofoto Menggunakan Pesawat UAV Untuk Tata Guna Lahan (Studi Kasus : Kecamatan Purworejo, Kabupaten Purworejo, Jawa Tengah), Institut Teknologi Nasional Malang.
- Ahmad Solihuddin Al Ayyubi, (2017) Analisa Planimetrik Hasil Pemetaan Foto Udara Skala 1:1000 Menggunakan Wahana Fix Wing UAV, Universitas Diponegoro.
- Ahmad Syauqani, Sawitri Subiyanto, A. S. (2017) “Jurnal Geodesi Undip Januari 2017 Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (Uav),” *Jurnal Geodesi Undip*.
- Amrizal, ST., MT. (2016) *Modul Teknik Fotogrametri*. Pusat Pengembangan Dan Pemberdayaan Pendidik Dan Tenaga Kependidikan Bidang Bangunan Dan Listrik Medan.
- Badan Informasi Geospasial (2014) “Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar,” *Badan Informasi Geospasial. Bogor*.
- Badan Informasi Geospasial (2018) “Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 6 tahun 2018 tentang perubahan atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.
- Dendi Haris Rachmanto, (2020) Pemanfaatan Metode Fotogrametri Untuk Pemetaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

- Forlani, G. (2015) 'Where is photogrammetry heading to? State of the art and trends', *Geodesy and Geomatics to the Edge*, 26, pp. 85–96. doi: 10.1007/s12210-015-0381x.
- I Putu Harianja Prayogo, (2020) dengan judul penelitian Pemanfaatan Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (UAV) *Quadcopter Dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka Ground Control Point (GCP)*, Institut Teknologi Nasional Malang
- Lillesand, T. M, Kiefer R. W., (1994). *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Modiri, M., Enayatib, H. and Ebrahimikiac, M. (2015) 'The assessment of orthophoto quality with respect to the structure of digital elevation model', *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 40(1W5), pp. 487–492. doi: 10.5194/isprsarchives-XL-1-W5-487-2015.
- Nogueira, F. C. and Roberto, L. (2017) 'Accuracy Analysis of Orthomosaic and DSM Produced from Sensor Aboard UAV', XVIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto -SBSR, d(2011), pp. 4880–4887.
- Ruzgiene, B. dkk. (2015) 'The surface modelling based on UAV Photogrammetry and qualitative estimation', *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*. Elsevier Ltd, 73, pp. 619–627.
- Thompson, dan Heinze Gruner (1980), *Foundations of Photogrammetry*. In, Chester C. Slama, Editor in Chief, *Manual of Photogrammetry*, Chapter I, P. 5, Falls Church: American Society
- Wolf, P.R, (1983), *Elements of Photogrammetry*, 2nd edition, McGraw Hill Book Company, New York