

SKRIPSI

**PEMETAAN RUAS JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
MENGUNAKAN FOTOGRA METRI UDARA  
DENGAN METODE *SMALL UNMANNED AERIAL  
VEHICLE* (SUAV)  
STA 22+100 – STA 44+200**



**POLITEKNIK NEGERI MANADO  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
PROGRAM STUDI TEKNIK KONSTRUKSI DAN JALAN  
JEMBATAN  
2023**

## DAFTAR ISI

COVER

HALAMAN JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

LEMBAR PENGESAHAN SIAP SEMINAR

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

HASIL UJI PLAGIASI

LEMBAR KESIAPAN MENJADI DOSEN PEMBIMBING

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

KATA PENGANTAR..... i

ABSTRAK ..... iii

ABSTRACT ..... iv

DAFTAR ISI..... v

DAFTAR TABEL ..... ix

DAFTAR GAMBAR..... x

DAFTAR LAMPIRAN..... xiv

**BAB 1 PENDAHULUAN ..... 1**

1.1 Latar Belakang ..... 1

1.2 Rumusan Masalah ..... 2

1.3 Tujuan Penelitian..... 2

1.4 Manfaat Penelitian..... 3

1.5 Batasan Masalah..... 3

1.6	Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II</b>	<b>TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1	Landasan Teori.....	6
2.1.1	Pemetaan .....	6
2.1.2	Fotogrametri.....	7
2.1.3	Data Spasial (Data Keruangan) .....	8
2.2	Proyeksi <i>Universal Transverse Mercator</i> (UTM) .....	9
2.3	<i>Small Unmanned Aerial Vehicle</i> (SUAV) dan Kamera .....	10
2.4	Kelebihan dan Kekurangan Pemetaan Udara ( <i>Aerial Mapping</i> )	12
2.4.1	Kelebihan .....	12
2.4.2	Kekurangan.....	13
2.5	<i>Ground Control Point</i> (GCP) .....	13
2.6	<i>Orthophoto</i> .....	14
2.7	Koreksi Geometrik.....	14
2.7.1	Proyeksi Peta.....	15
2.8	Peraturan dan Persyaratan .....	16
2.8.1	Skala Peta.....	16
2.8.2	Pengumpulan Data Geospasial.....	16
2.9	Persiapan Pengumpulan Data.....	18
2.9.1	Pembuatan Rencana Jalur Terbang.....	18
2.9.2	Perencanaan Titik Kontrol Tanah .....	19
2.9.3	Pengukuran Tiktik Kontro.....	20



2.10 Pelaksanaan Survei Pemotretan Udara.....	20
2.10.1 Kalibrasi Boresight dan Lever Arm .....	20
2.10.2 Pemotretan Udara.....	21
2.11 Hasil Penelitian Relevan .....	21
2.12 Kerangka Pikir.....	25
<b>BAB III METODOGI PENELITIAN .....</b>	<b>27</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	27
3.2 Metode dan Jenis Penelitian.....	28
3.3 Jenis Data dan Metode Pengumpulan Data.....	28
3.4 Bagan Alir Penelitian.....	29
3.5 Data, Peralatan, dan Bahan.....	30
3.5.1 Data .....	30
3.5.2 Peralatan.....	31
3.5.3 Bahan .....	31
3.6 Tahap Persiapan dan Pengambilan Data Lapangan .....	32
3.6.1 Persiapan Peralatan .....	33
3.6.2 Pembuatan <i>Bench Mark</i> .....	33
3.6.3 <i>Pengambilan Koordinat Ground Control Point (GCP)</i> .....	33
3.7 <i>Software</i> untuk Pengolahan Data Serta Tahapannya.....	34
3.7.1 DJI Go 4 .....	34
3.7.2 Pix4D Capture.....	37
3.7.3 <i>Software Agisoft MetaShape Professional 1.0.7</i> .....	46

3.7.4 Microsoft Office Excel 2013 .....	66
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>73</b>
4.1 Hasil .....	73
4.1.1 Jalur Terbang.....	73
4.1.2 Hasil Pengukuran Ground Control Point (GCP).....	74
4.1.3 Pengolahan <i>Orthophoto</i> .....	76
4.1.4 Analisa <i>Error</i> Uji Ketelitian Akurasi.....	79
4.1.5 Layout Peta Skala 1:1000 .....	80
4.2 Pembahasan.....	80
4.2.1 Prosedur Penggunaan DJI Mavic 2 Pro Dalam Melakukan Akuisisi Data .....	80
4.2.2 Analisis Georeferencing.....	81
4.2.3 Ketelitian Vertikal dan Horizontal .....	83
<b>BAB V PENUTUP.....</b>	<b>97</b>
5.1 Kesimpulan.....	87
5.2 Saran.....	88
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>90</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>93</b>
<b>LEMBAR ASISTENSI SKRIPSI</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI REVISI SKRIPSI</b>	
<b>BIODATA MAHASISWA</b>	

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Danau Tondano adalah Danau terluas di Provinsi Sulawesi Utara yang letaknya di Kabupaten Minahasa. Danau Tondano diapit oleh Pegunungan Lembean, Gunung Kaweng, Bukit Tampusu, dan Gunung Masarang. Danau ini dilingkari dengan jalan provinsi serta jalan nasional yang menghubungkan antara kota Tondano, Kecamatan Tondano Timur, Kecamatan Eris, Kecamatan Kakas, Kecamatan Remboken, dan Kecamatan Tondano Selatan.

Dalam dunia konstruksi khususnya bidang teknik sipil, terdapat ilmu survei pemetaan. Pemetaan adalah proses pembuatan sebuah peta. Seiring dengan kemajuan teknologi, dari segi peralatan dan semakin kompleksnya proses pemetaan maka semakin banyak juga metode yang digunakan salah satunya fotogrametri udara menggunakan Sistem Pesawat Udara Kecil Tanpa Awak (SPUKTA) atau secara umum dikenal dengan sebutan *Small Unmanned Aerial Vehicle* (SUAV).

Fotogrametri udara adalah teknik pemetaan melalui foto yang diambil lewat udara. Teknik fotogrametri udara terus berkembang sehingga waktu kegiatan pemetaan dapat lebih singkat dan perolehan data serta hasil pengolahan data untuk menjadi peta lebih mudah dan dengan tingkat resolusi spasial yang tinggi. Penggunaan *Ground Control Point* (GCP) selalu digunakan secara bersamaan dengan fotogrametri udara sehingga menghasilkan tingkat akurasi yang tinggi dalam hasil atau produk akhir foto udara. Dalam pembuatan titik *Ground Control Point* (GCP) ada aturan sebagai acuan atau standar yang diatur dalam Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No 6 tahun 2018 tentang Pedoman Teknik Ketelitian Peta Dasar.

Untuk mengetahui tentang pemetaan dengan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) maka penulis ingin melakukan penelitian pemetaan di jalan

lingkar Danau Tondano dengan judul “**Pemetaan Ruas Jalan Lingkar Danau Tondano Menggunakan Fotogrametri Udara Dengan Metode *Small Unmanned Aerial Vehicle* (SUAV) STA 22+100 – STA 44+200**”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibahas pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Bagaimana proses metode pembuatan fotogrametri menggunakan Sistem Pesawat Udara Kecil Tanpa Awak (SPUKTA) yang baik hingga menjadi *orthophoto* dan data apa saja yang dapat dihasilkan dari *orthophoto* (*software* yang digunakan) untuk perencanaan geometrik jalan?
2. Seberapa akurat hasil akurasi *RMSE (Root Mean Squared Error) Ground Control Point (GCP)* terhadap *orthophoto* dan *GCP*?
3. Bagaimana gambaran peta udara ruas jalan lingkar Danau Tondano pada saat kondisi terkini STA 22+100 – STA 44+200?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian pada penelitian ini, sebagai berikut:

1. Melakukan teknik cara pemetaan fotogrametri untuk menghasilkan *orthophoto* yang optimal dan juga mengetahui *output* data *orthophoto* (*software* yang digunakan) untuk perencanaan geometrik jalan.
2. Menganalisis ketelitian akurasi *RMSE (Root Mean Squared Error) Ground Control Point* terhadap *orthophoto* dan *GCP* serta menghasilkan data yang akurat sesuai dengan Perka BIG No 6 tahun 2018.
3. Membuat gambaran peta ruas jalan lingkar Danau Tondano dengan tingkat akurasi yang optimal.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk dapat memberikan penerapan konsep fotogrametri udara dalam teknologi Sistem Pesawat Udara Kecil Tanpa Awak (SPUKTA) pada pembuatan peta beresolusi tinggi, serta menyediakan data untuk perencanaan infrastruktur Ruas Jalan Lingkar Danau Tondano.

## 1.5 Batasan Masalah

Terkait hal teknis dalam pemetaan ruas jalan lingkar Danau Tondano menggunakan fotogrametri udara dengan metode *Small Unmanned Aerial Vehicle* (SUAV) STA 22+100 – STA 44+200, maka penulis membatasi masalah yakni :

1. Penelitian ini hanya berfokus pada pemetaan dengan metode *Small Unmanned Aerial Vehicle* (SUAV) saja
2. Lokasi yang diteliti yaitu di ruas jalan lingkar Danau Tondano pada STA 22+100 – STA 44+200 atau GCP 20-42. Menggunakan sistem koordinat global dalam hal ini digunakan *Universal Transverse Mercator* dengan *Ellips* WGS 84 yang umum dipakai. Pada sistem koordinat UTM 51 karena Sulawesi Utara terletak pada bagian UTM 51 N.
3. Metode pengukuran yang dilakukan adalah *Real Time Kinematik* (RTK) dan *Orthophoto* bersumber dari fotogrametri.
4. Penggunaan alat dalam pengambilan data *Ground Control Point* (GCP) menggunakan GPS Geodetik SINOGNSS T300 dan alat untuk pengambilan foto udara menggunakan *Drone DJI Mavic 2 Pro*.
5. Menganalisis dan perhitungan *Error* ketelitian peta *orthophoto* berdasarkan Perka BIG No 6 tahun 2018 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, untuk metode pengumpulan data lapangan berdasarkan Perka BIG Nomor 1 Tahun 2020, Tentang Standar Pengumpulan Data Geospasial Dasar untuk Pembuatan Peta Skala Besar.
6. Metode dan teknik pengambilan serta pengolahan data dilakukan sesuai dengan studi literatur (penelitian yang sebelumnya) dan pengalaman penulis

sebelumnya dalam survei lapangan, kemudian dianalisis dengan penggambaran dan perhitungan menggunakan *Software Agisoft MetaShape Professional 1.0.7*, dan *ArcGIS*.

## 1.6 Sistematika Penulisan

Agar mempermudah penulisan Proposal Skripsi ini maka diperlukan sistematika penulisan sehingga pada penulisan ini dapat terarah dengan baik dan sesuai dengan acuan permasalahan atau penelitian yang diangkat. Sistematika penulisan Proposal Skripsi ini disusun sebagai berikut :

### BAB I

#### PENDAHULUAN

Dalam bab ini terdiri dari :

1. Latar Belakang Masalah.
2. Perumusan Masalah.
3. Tujuan Penelitian.
4. Manfaat Hasil Penelitian.
5. Batasan Masalah.
6. Sistematika Penulisan

### BAB II

#### KERANGKA PIKIR TEORITIS

Bab ini menguraikan laporan penelitian yang pernah dilakukan para peneliti sebelumnya baik berupa skripsi, tesis, disertasi atau buku-buku yang diterbitkan.

### BAB III

#### METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan metode-metode yang digunakan dalam mengumpulkan data maupun dalam menganalisis data dalam menyelesaikan penelitian ini.

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini membahas mengenai hasil analisis data yang telah dikerjakan selama melakukan penelitian, serta memuat ide dari peneliti untuk memberikan alternatif solusi atas permasalahan yang dihadapi.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

Bab ini berisi tentang kesimpulan serta saran berdasarkan hasil penelitian.

## **DAFTAR PUSTAKA**

Semua literatur yang memuat referensi yang berkaitan dengan isi penelitian harus dicantumkan dalam daftar Pustaka.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Landasan Teori

##### 2.1.1 Pemetaan

Pemetaan adalah proses penyajian informasi tentang permukaan bumi berupa fakta, baik bentuk permukaan bumi maupun kekayaan alamnya yang berdasar pada skala, sistem proyeksi, serta berbagai simbol dan lambang dari unsur yang ada dimuka bumi.

Pemetaan adalah pengelompokan rangkaian wilayah yang terkait dengan lokasi geografis tertentu di wilayah tersebut, termasuk dataran tinggi, pegunungan, sumber daya dan potensi demografis dengan implikasi sosial budaya yang memiliki ciri khas dalam menggunakan skala yang tepat (Munir, 2012).

Pemetaan adalah ilmu mempelajari kenampakan permukaan bumi dengan alat dan memperoleh informasi yang akurat. Dengan kata lain, pemetaan dan geografi adalah sama karena sama-sama membicarakan sesuatu yang ada di bumi atau di atas bumi sepanjang itu mempengaruhi permukaan bumi.

Pada proses pembuatan peta, aturan dan prosedur tertentu harus diikuti untuk mendapatkan peta yang benar dan berkualitas tinggi. Proses pemetaan harus dilakukan secara teratur dan berurutan karena jika tidak dilakukan secara teratur dan berurutan maka tidak akan dihasilkan peta yang baik dan benar.

##### a) Jenis peta berdasar bentuknya

###### ➤ Peta Digital

Peta yang dihasilkan dalam aplikasi komputer, biasanya menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG).

➤ Peta Timbul (relief)

Peta relief adalah peta yang menunjukkan bentuk sebenarnya dari permukaan bumi.

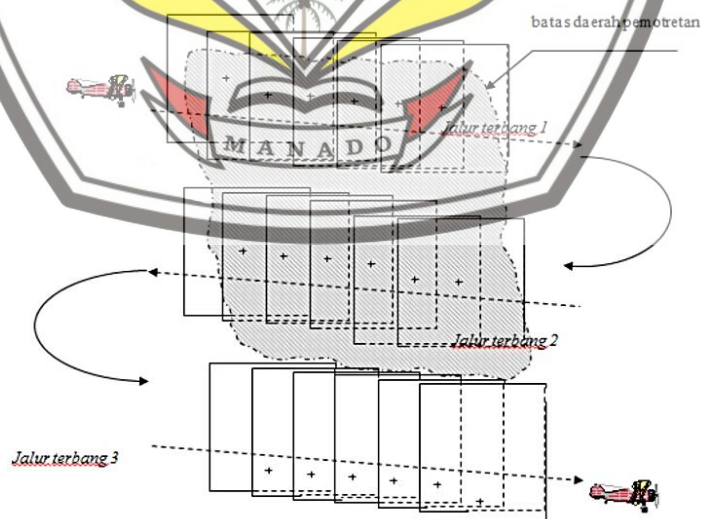
➤ Peta Datar

Peta datar adalah peta yang dibuat pada bidang dua dimensi. Misalnya kertas, kain atau kanvas.

### 2.1.2 Fotogrametri

Fotogrametri berasal dari 3 (tiga) kata dasar yaitu “foto” yang berarti sinar/cahaya, “grama” yang berarti sesuatu yang bergambar, dan “metri” yang berarti mengukur. Dalam artian, fotogrametri merupakan terbentuknya titik-titik cahaya menjadi sebuah gambar yang diambil menggunakan kamera dan memiliki ukuran baik sudut, koordinat, dan elevasi.

Menurut *American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)* fotogrametri adalah seni, ilmu pengetahuan dan teknologi untuk mendapatkan informasi dapat dipercaya tentang objek fisik dan lingkungan melalui sebuah proses perekaman, pengukuran, dan interpretasi gambar fotografi berdasarkan pola rekaman radiasi tenaga elektromagnetik yang terekam (Aries, 2018).



Gambar 2.1 Pemotretan Udara

(Sumber: Ramdhan, 2014)

Fotogrametri adalah teknik survei dan pemetaan yang hasilnya didapatkan melalui foto udara. Hasil dari fotogrametri yaitu berupa peta citra yang tidak dapat langsung digunakan sebagai lampiran atau dasar untuk publikasi peta. Pada pemetaan fotogrametri ini tidak lepas dari referensi survei tanah mulai dari penetapan atau perencanaan titik *Ground Control Point* (GCP) hingga pada pengukuran batas tanah.

Salah satu teknik pengumpulan data objek 3 dimensi yaitu teknik fotogrametri udara sebagai sumber utamanya. Foto udara yang dihasilkan memberikan sebuah informasi 3D topografi permukaan bumi. (I Putu Prayogo, et.al, 2020).

a) Prinsip Dasar Fotogrametri

Prinsip dasar metode pengukuran fotografi adalah triangulasi. Triangulasi Udara adalah bagian dalam kegiatan pemetaan fotogrametri dengan mengukur titik foto yang lebih kecil kemudian mengubahnya menjadi titik acuan (titik kontrol tanah).



Gambar 2.2 Triangulasi oleh Pesawat Terbang

(Sumber : Pondok Surveyor, 2012)

### 2.1.3 Data Spasial ( Data Keruangan)

Data Spasial atau biasa disebut data keruangan merupakan data yang menunjuk posisi geografi dimana setiap karakteristik memiliki satu lokasi yang harus ditentukan dengan pengukuran. Untuk menentukan posisi secara mutlak berdasar pada sistem koordinat *CORS NTRIP* (*Networked Transport of RTCM via*

*Internet Protocol*). Untuk area kecil, sistem koordinat yang paling sederhana adalah *grid* segiempat teratur. Untuk area yang lebih besar, berdasarkan proyeksi kartografi yang umum digunakan (Tuman,2001).

## 2.2 Proyeksi *Universal Tranverse Mercator* (UTM)

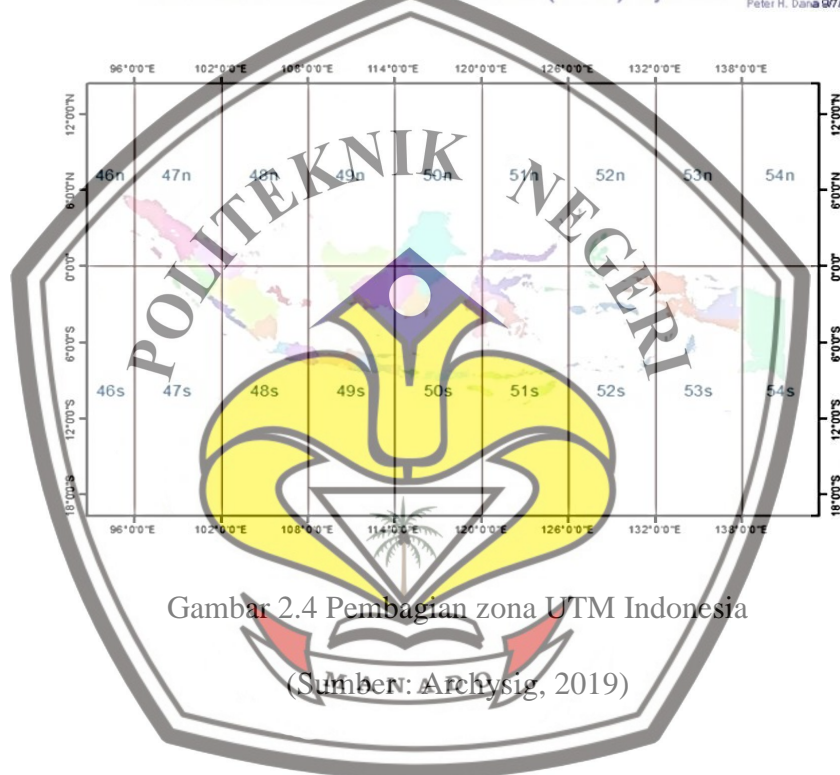
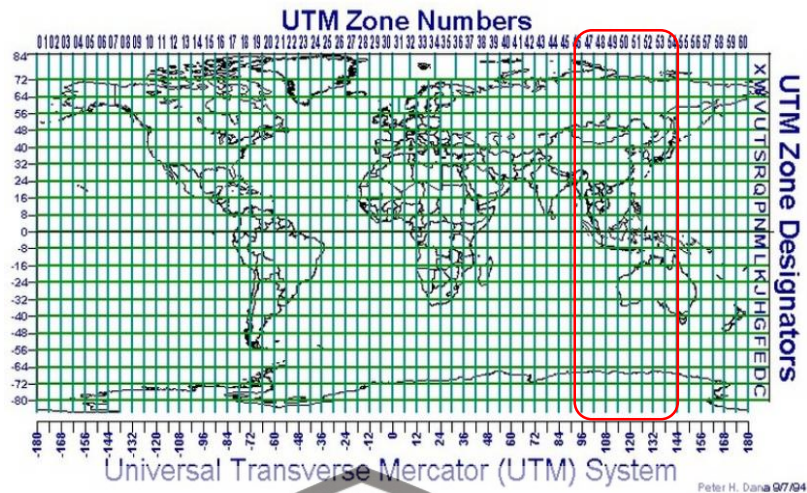
*Universal Transverse Mercator Projection* (UTM) adalah proyeksi melintang berbentuk silinder, artinya proyeksi tersebut menggunakan bidang proyeksi berbentuk silinder yang berpotongan tegak lurus terhadap sumbu bumi dengan sifat distorsi yang konsisten.



Gambar 2.3 Ilustasi proyeksi UTM

(Sumber : Saddam Hussein, 2022)

Proyeksi Universal-Transverse-Mercator (UTM) ini membagi bumi menjadi 60 zona. Setiap zona memiliki lebar (meridian)  $6^\circ$  dan panjang (sejajar)  $8^\circ$  (kecuali pada garis lintang  $72^\circ\text{LU}$  dan  $84^\circ\text{LU}$  di mana panjang zona adalah  $12^\circ$  lintang) dan setiap zona memiliki meridian pusatnya sendiri. Pembagian zona dimulai dari  $180^\circ$  BB ke arah timur hingga  $180^\circ$  BT, secara berurutan zona diberi nomor 1-60. Indonesia sendiri terbagi menjadi 18 zona UTM.



### 2.3 *Small Unmanned Aerial Vehicle* (SUAV) dan Kamera

*Small Unmanned Aerial Vehicle* (SUAV) adalah pesawat udara kecil tanpa awak, dimana terdapat mesin terbang yang dikendalikan oleh manusia melalui remot kontrol. Kontrol pada pesawat tanpa awak ini ada dua variasi, yang pertama yaitu kontrol melalui pengendali jarak jauh menggunakan remot kontrol dan yang kedua adalah pesawat terbang secara mandiri berdasarkan program yang dimasukkan melalui koneksi antara monitor dengan pesawat sebelum terbang (otomatis).



Gambar 2.5 DJI Mavic 2 Pro

(Sumber: Alibaba.com, 2023)

Dalam pemetaan fotogrametri, SUAV memiliki keunggulan dari segi biaya yang relatif murah, lebih populer di kalangan masyarakat, dan mudah diaplikasikan untuk pemetaan daerah yang relatif kecil dibandingkan dengan pesawat berawak. Keunggulan SUAV yaitu bisa diperoleh dengan berbagai syarat yaitu perancangan desain SUAV terkait keterbatasan ruang, berat, penempatan komponen dalam *body*, aspek operasional saat *take-off* dan *landing*, pengalaman pilot *drone* terampil, masalah pengolahan data yang besar dan kompleks, pembatasan penerbangan yang disebabkan oleh kondisi cuaca, cahaya, angin, medan, pembatasan komunikasi, dan waktu penerbangan (Saadatseresht et al., 2015 dalam Purwanto, 2017).

Istilah terbaru SUAV fotogrametri menjelaskan bahwa platform dapat dioperasikan dan dikendalikan dari jarak jauh baik secara semi-otomatis atau mandiri, maupun otomatis tanpa perlu pilot duduk di didalam kendaraan.

Dalam penelitian ini, drone yang digunakan dalam pengambilan foto udara adalah DJI Mavic 2 Pro dikarenakan kamera yang terpasang pada drone sudah memenuhi standart spesifikasi keakuratan untuk foto udara. Spesifikasi kamera DJI Mavic 2 Pro adalah sebagai berikut:

- Sensor 1” CMOS
- Lens Effective Pixels: 20 million
- Lens FOV: about 77°
- Lens 35 mm Format Equivalent: 28 mm
- Lens Aperture: f/2.8–f/11
- Lens Shooting Range: 1 m to  $\infty$
- ISO Range Video:

	100-6400
	Photo:
	100-3200 (auto)
	100-12800 (manual)
➤ Shutter Speed	Electronic Shutter: 8–1/8000s
➤ Still Image Size	5472×3648
➤ Still Photography Modes	Single shot
	Burst shooting: 3/5 frames
	Auto Exposure Bracketing (AEB):
	3/5 bracketed frames at 0.7 EV Bias
	Interval (JPEG:2/3/5/7/10/15/20/30/
	60s RAW:5/7/10/15/20/30/60s)
➤ Video Resolution	4K: 3840×2160 24/25/30p
	2.7K: 2688x1512 24/25/30/48/50/60p
	FHD:1920×1080 24/25/30/48/50/60/
	120p
➤ Max Video Bitrate	100Mbps
➤ Color Mode	Dlog-M (10bit), support HDR video
	(HLG 10bit)
➤ Supported File System	FAT32 (≤ 32 GB)
	exFAT (≤ 32 GB)
➤ Photo Format	JPEG / DNG (RAW)
➤ Video Format	MP4 / MOV (MPEG-4 AVC/H.264,
	HEVC/H.265)

## 2.4 Kelebihan dan Kekurangan Pemetaan Udara (*Aerial Mapping*)

### 2.4.1 Kelebihan

#### a) Data Akurat

Salah satu keunggulan pada pemetaan udara adalah data yang didapatkan akan lebih akurat, juga data yang diambil atau didapatkan adalah data terbaru dari suatu wilayah atau kawasan.

#### b) Waktu Lebih Cepat

Keunggulan dari pemetaan udara ini tidak memakan waktu yang lama. Dibandingkan pemetaan secara manual, pemetaan udara ini mempunyai proses yang lebih cepat dan mudah. Proses pengambilan foto suatu kawasan melalui udara hanya memerlukan waktu 3-4 hari untuk luas area dengan kisaran 100-2000 Hektar (tergantung cuaca dan jumlah baterai yang digunakan).

c) Biaya Terjangkau

Dengan waktu yang tergolong lebih cepat serta pengoperasian Sistem Pesawat Udara Kecil Tanpa Awak (SPUKTA) sangat mudah dan efektif, maka biaya yang digunakan juga lebih terjangkau (kecil).

d) Peta Udara Beresolusi Tinggi

Keunggulan lainnya dari pemetaan udara menggunakan Sistem Pesawat Udara Kecil Tanpa Awak (SPUKTA) yaitu gambar udara yang didapatkan akan lebih jelas dan bersih dengan resolusi yang tinggi. Selain gambar 2D, dengan menggunakan metode ini kontur tanah suatu kawasan secara 3D juga bisa dihasilkan.

#### 2.4.2 Kekurangan

- a) Biaya pengadaan alat yang terbilang tinggi ( Drone, GPS Geodetik).
- b) Penyesuaian dengan cuaca, dimana hasil foto udara tidak akan optimal bila cuaca buruk.

#### 2.5 *Ground Control Point* (GCP)

*Ground Control Point* (GCP) adalah titik kontrol tanah, dalam artian proses penandaan suatu titik koordinat untuk kepentingan mengoreksi dan juga memperbaiki data foto udara.

Penentuan lokasi dan jumlah GCP yang akan dilakukan pengamatan bergantung pada bentuk dan luasan Area of Interest (AOI) serta harus memperhatikan Strength of Figure (SoF) atau kekuatan jaringan dari sebaran titik kontrol tanah sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) bidang Kerangka Kontrol Horizontal (KKH). Menurut Suradji et al. (2009) dalam Taftazani et al. (2016), lokasi penentuan GCP mengacu pada obstruksi maksimal  $15^\circ$  ke semua arah, bebas dari *multipath effect*, tidak mengganggu fasilitas umum, dan mudah diakses dan diidentifikasi.



Gambar 2.6 Titik GCP

## 2.6 Orthophoto

*Orthophoto* adalah gambar suatu kawasan yang pengambilannya menggunakan foto udara yang telah dilakukan perbaikan geometrinya atau dapat diartikan sebagai hasil dari fotogrametri. Sebagai contoh, sebuah bangunan yang terlihat miring dikarenakan sudut pengambilan gambarnya diperbaiki hingga terlihat tegak.



Gambar 2.7 Hasil sebelum dan sesudah di *Orthophoto*

(Sumber : Fahreza, 2023)

## 2.7 Koreksi Geometrik

Data yang direkam oleh sensor satelit menunjukkan bentuk permukaan bumi yang tidak beraturan. Meskipun tampak seperti area datar, area yang terekam sebenarnya mengandung kesalahan karena efek kelengkungan bumi atau sensor itu sendiri. Oleh karena itu, diperlukan georeferensi yang berarti proses pemberian

koordinat peta pada suatu citra yang sudah direncanakan. Koreksi geometrik adalah sebuah proses yang sangat diperlukan jika citra akan disesuaikan dengan peta atau citra yang mempunyai sistem proyeksi peta.

Pada koreksi geometrik, koreksi dilakukan untuk setiap piksel pada citra yang telah memiliki koordinat, sehingga diperlukan GCP. GCP merupakan elemen penting saat melakukan kegiatan pemetaan. Fungsi terpentingnya adalah meningkatkan akurasi garis lintang dan bujur data sesuai dengan kondisi sebenarnya.

### 2.7.1 Proyeksi Peta

Proyeksi peta adalah model matematis yang digunakan untuk mengubah posisi 3D pada titik permukaan bumi menjadi 2D atau permukaan datar. Dalam prosesnya, proyeksi peta menimbulkan distorsi pada geometri permukaan bumi, yaitu jarak, arah, bentuk, dan skala. Berdasarkan bidang proyeksinya, proyeksi peta dibagi menjadi 3, yaitu:

#### 1) Planar

Proyeksi planar adalah proyeksi peta yang menggunakan bidang datar sebagai proyeksinya. Proyeksi planar ini cocok untuk penggambaran daerah kutub.

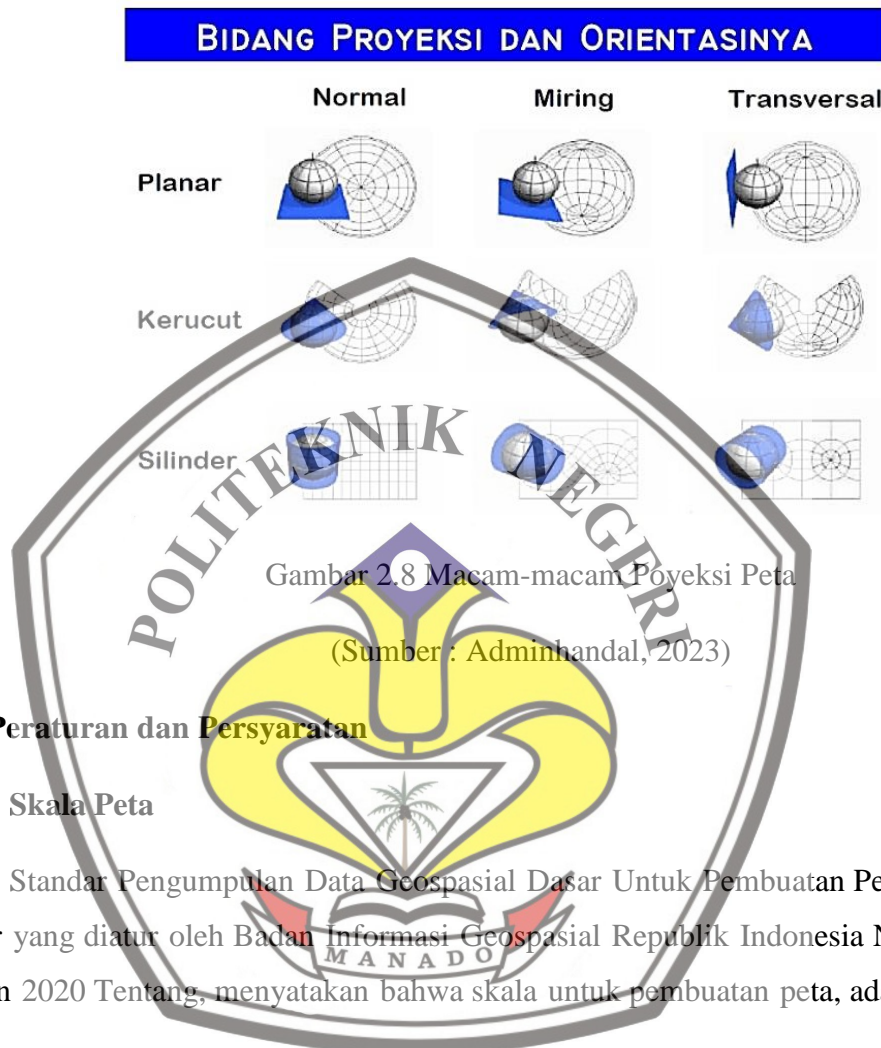
#### 2) Kerucut

Proyeksi peta berbentuk kerucut adalah proyeksi peta yang menggunakan bentuk kerucut sebagai bidang proyeksinya. Proyeksi peta berbentuk kerucut tidak dapat digunakan untuk menggambarkan wilayah kutub dan khatulistiwa.

#### 3) Silinder

Proyeksi peta silinder adalah proyeksi peta yang menggunakan bentuk silinder sebagai bidang proyeksinya. Proyeksi peta ini digunakan

untuk menggambar belahan khatulistiwa. Proyeksi peta silinder tidak dapat digunakan untuk memetakan belahan kutub.



Gambar 2.8 Macam-macam Proyeksi Peta  
(Sumber : Adminhandal, 2023)

## 2.8 Peraturan dan Persyaratan

### 2.8.1 Skala Peta

Standar Pengumpulan Data Geospasial Dasar Untuk Pembuatan Peta Skala Besar yang diatur oleh Badan Informasi Geospasial Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2020 Tentang, menyatakan bahwa skala untuk pembuatan peta, adalah :

- 1:1.000
- 1:2.500;
- 1:5.000; dan
- 1:10.000.

### 2.8.2 Pengumpulan Data Geospasial

Pengumpulan Data Geospasial Dasar untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar dilaksanakan dengan:

- a. Survei pemotretan udara menggunakan kamera metrik;

Kamera Metrik Kamera metrik merupakan kamera yang dirancang khusus untuk keperluan fotogrametri.



Gambar 2.9 Kamera Metrik (Phototheodolite)

(Sumber : Google, 2023)

- b. Survei pemotretan udara menggunakan kamera nonmetric;

Kamera nonmetric adalah kamera yang banyak terdapat di pasaran. Kamera jenis ini tidak dirancang secara khusus untuk keperluan fotogrametri.

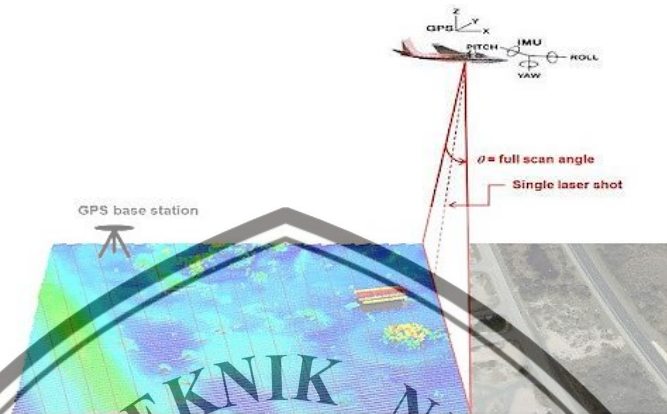


Gambar 2.10 Kamera Nonmetrik

(Sumber : Google, 2023)

c. Survei LiDAR (*Light Detection and Ranging*);

Survei LiDAR merupakan teknologi survey yang menggabungkan pengukuran jarak laser dari alat ke objek dan teknologi GNSS/IMU untuk mendapatkan koordinat 3D (X,Y,Z) dengan tingkat presisi yang tinggi.



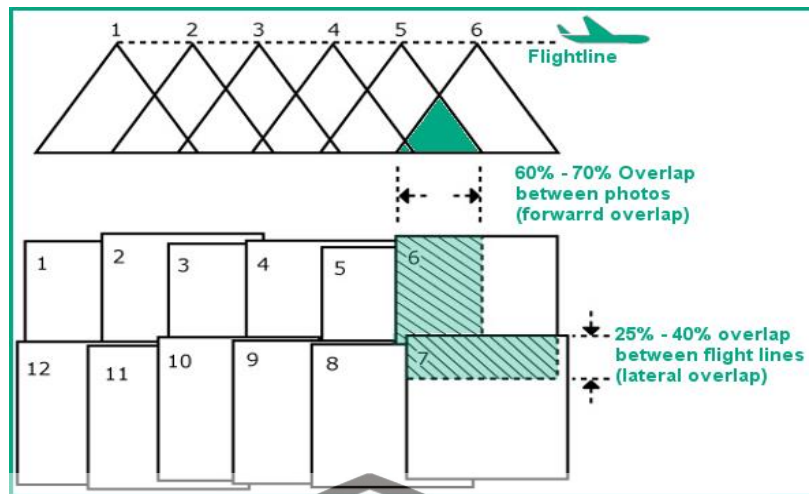
Gambar 2.11 Ilustrasi Prinsip Kerja LiDAR

(Sumber: Google, 2023)

## 2.9 Persiapan Pengumpulan Data

### 2.9.1 Pembuatan Rencana Jalur Terbang

Perencanaan jalur terbang diperlukan dalam pekerjaan fotogrametri agar foto yang dihasilkan berkualitas dan sesuai dengan apa yang sudah direncanakan. Proses perencanaan jalur terbang biasanya diambil jarak yang paling panjang untuk melakukan perekaman, hal ini untuk mendapatkan kestabilan pesawat saat pengambilan gambar. Pada saat merancang jalur terbang di buat sepanjang garis yang sejajar untuk membuat foto yang tumpang tindih. Perlu diperhatikan juga perencanaan waktu (lama), tinggi dan juga kecepatan *drone* terbang, agar tidak melebihi kapasitas baterai.



Gambar 2.12 Contoh *overlap* dan *sidelap* pada kegiatan pemotretan udara

(Sumber: Grind GIS, 2015)

Pembuatan rencana terbang menggunakan software *Pix4Dcapture* berbasis android seperti yang diperlihatkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.13 Pembuatan Jalur Terbang

## 2.9.2 Perencanaan Titik Kontrol Tanah

Menurut Peraturan Badan Informasi Geospasial Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2020 tentang Standart Pengumpulan Data Geospasial Dasar Untuk Pembuatan Peta Skala Besar, titik kontrol tanah terdiri atas ground control point (GCP). GCP direncanakan terletak pada pojok, perimeter dan tengah dari blok area pekerjaan. Jumlah GCP disesuaikan dengan bentuk dan luas blok pekerjaan. Titik

kontrol tanah harus ditempatkan di tempat yang terbuka agar terlihat jelas pada foto udara dari banyak *angle*. Jika blok pekerjaan dibagi menjadi subblok, harus ada titik kontrol tanah di dalam area tambalan dari subblok tersebut..

### 2.9.3 Pengukuran Titik Kontrol

Menurut Peraturan Badan Informasi Geospasial Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2020 tentang Standart Pengumpulan Data Geospasial Dasar Untuk Pembuatan Peta Skala Besar, pengukuran titik kontrol dimulai dengan survei untuk mengetahui kondisi sekitar titik kontrol tanah di lapangan yang sudah ditentukan sebelumnya. Setelah itu dilanjutkan pada tahap pengolahan data GNSS pada titik kontrol tanah yang pada pengolahannya, *baseline* harus mendapatkan hasil “FIXED”, bila hasil masih menunjukkan “FLOAD” maka pengolahan *baseline* harus dilakukan kembali dengan cara mengubah strategi pengolahan. Setelah mendapatkan hasil “FIXED”, berikutnya masuk pada proses *premark* atau penandaan pada titik tersebut dengan tanda yang dapat terlihat jelas pada saat proses pemotretan udara. Pada penelitian ini, pengukuran titik control tanah menggunakan Stasiun GNSS Kontinyu KORS yang berada di kota Manado. Metode pengukuran disesuaikan untuk mendapatkan ketelitian yang dipersyaratkan.

## 2.10 Pelaksanaan Survei Pemotretan Udara

### 2.10.1 Kalibrasi *Boresight* dan *Lever Arm*

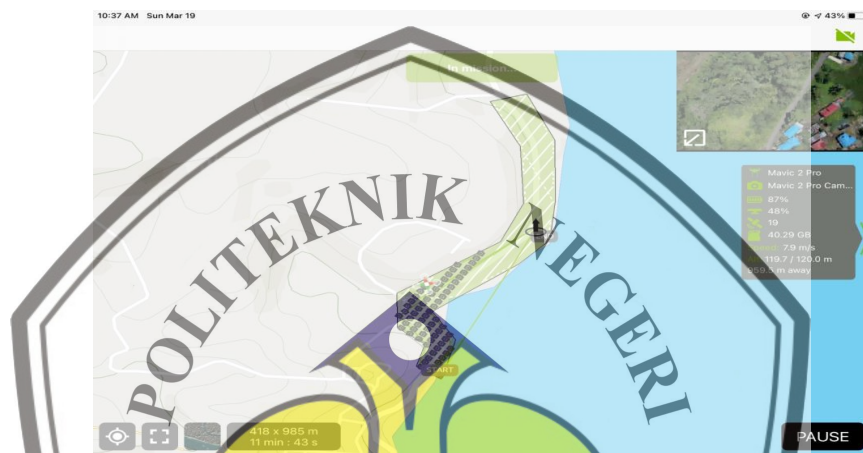
Pada Peraturan Badan Informasi Geospasial Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2020 tentang Standart Pengumpulan Data Geospasial Dasar Untuk Pembuatan Peta Skala Besar, wajib melakukan kalibrasi *boresight* dan *lever arm* sebelum melakukan misi pemotretan pertama ataupun setiap ada perubahan konfigurasi sistem kamera udara.

- a) *Boresight* adalah perbedaan sudut antar sumbu koordinat sensor
- b) *Lever arm* adalah perbedaan posisi antar titik pusat sumbu koordinat sensor

Kalibrasi ini dilakukan agar mendapatkan koreksi *boresight misalignment* dan *lever arm* antara kamera udara digital, antena GNSS dan IMU. Metode pengukuran *boresight* dan *lever arm* disesuaikan dengan alat yang digunakan.

### 2.10.2 Pemotretan Udara

Tahapan ini dapat dilakukan bila kalibrasi *boresight* dan *lever arm* sudah dilakukan. Pada tahapan ini mengharuskan pelaksanaan mengacu pada rencana jalur terbang yang sudah dibuat.



Gambar 2.14 Proses Pemotretan Foto Udara

### 2.11 Hasil Penelitian Relevan

Setiap penelitian sangat memerlukan suatu hasil penelitian yang relevan atau penelitian sebelumnya yang sudah memiliki hasil untuk dijadikan suatu pedoman atau referensi sebelum melakukan penelitian yang akan digunakan, maka dari itu berikut adalah beberapa penelitian yang sudah dilakukan.

1. Rivaldo E. Pedah (2022) “Pemetaan Kawasan Kampus Politeknik Negeri Manado Menggunakan Fotogrametri Udara Dengan Kontrol Alat GPS Geodetik”

Tujuan Penelitian:

- 1) Melakukan teknik cara pemetaan fotogrametri untuk menghasilkan *orthophoto* yang optimal.

- 2) Menganalisis ketelitian akurasi *orthophoto* dengan titik ikat tanah GCP dan nilai *error* serta menghasilkan data yang akurat sesuai dengan Perka BIG No 6 tahun 2018.
- 3) Membuat peta jalan lingkar Danau Tondano dengan tingkat akurasi yang optimal.

Metode penelitian yang digunakan adalah survei. Pembuatan peta udara menggunakan data *Ground Control Point* (GCP) alat GPS Geodetik untuk acuan permukaan tanah, pengolahan foto udara menggunakan *Mobile Photogrammetri* berbasis android serta menggunakan *Software Agisoft Metashape* dan pembuatan *layout* produk akhir menggunakan *ArcGis*.

Hasil yang didapatkan dari penelitian yang bertempat di Politeknik Negeri Manado yaitu peta *orthophoto* skala 1:1000 menggunakan wahana udara *DJI Mavic Pro 2* mendapatkan luas kawasan sebesar 10,1 Hektas dengan tinggi terbang 120 meter, nilai RMSe GCP pada *orthophoto* sebesar 0,02472 m, nilai RMSez GCP pada *orthophoto* sebesar 0.002273 m. Dari hasil RMSe didapati nilai CE90 sebesar 0.04 m nilai X dan Y horizontal dan nilai RMSez didapati nilai LE90 sebesar 0.004 m nilai Z vertical. Dari nilai diatas tersebut membuktikan 90% kesalahan horizontal dan vertical tidak melebihi radius tersebut.

2. I Putu Harijanja Prayogo, Fabian J. Manoppo, Lucia I. R. Lefrandt (2020) "Pemanfaatan Teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (SUAV) *Quadcopter* Dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka *Ground Control Point* (GCP)"

Tujuan Penelitian:

- 1) Menguraikan teknik cara pemetaan fotogrametri sehingga dapat menghasilkan gambar *orthophoto* yang terkoreksi berdasarkan Badan Informasi Geospasial.

- 2) Membandingkan ketelitian hasil pengukuran menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle (SUAV) Drone* menggunakan titik kontrol tanah dan tanpa titik kontrol tanah.

Menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle (SUAV) Drone* untuk foto udara dan GPS Geodetik serta menggunakan metode *Real-Time Kinematic (RTK)* untuk pengukuran *Ground Control Point (GCP)*.

Hasil penelitian yang dilakukan di Universitas Sam Ratulangi menghasilkan resolusi spasial 4.4 Cm/Pixel. Dari uji akurasi koordinat planimetris hasil pemetaan foto foto udara didapatkan nilai CE90 sebesar 0,05 m dan nilai LE90 sebesar 0.12 yang berarti bahwa uji akurasi horizontal ketelitian peta memenuhi untuk skala 1:1000 yaitu masuk kedalam orde kelas 1 dengan ketelitian maksimum sebesar 0,3 meter.

3. Sonar Rochmadi (1993) “Perkembangan Teknologi Pemetaan Dan Kaitannya Dengan Pendidikan”

Tujuan Penelitian :

Memberi Pengertian kepada peserta didik tentang adanya keterbatasan pada teknologi yang betapapun canggihnya. Disamping itu, untuk menguasai prinsip-prinsip dasar yang akan sangat berguna untuk menguasai teknologi yang lebih canggih.

Memberikan penahan kelebihan dan keterbatasan dari teknologi baru. Teknologi pemetaan muktakhir telah menunjukkan kelebihan dibandingkan teknologi konvensional.

4. Ahmad Solihuddin Al Ayyubi (2017) “Analisa Planimetrik Hasil Pemetaan Foto Udara Skala 1:1000 Menggunakan Wahana *Fix Wing* UAV (Studi Kasus : Kampus ITS Sukolilo)”

Tujuan Penelitian:

- 1) Membuat peta foto udara skala 1:1000 daerah kampus ITS, Sukolilo.
- 2) Melakukan perbandingan Independent Check Point model dan lapangan.
- 3) Melakukan uji akurasi koordinat planimetrik berdasarkan Perka BIG No. 15 Tahun 2014 tentang ketelitian horizontal.

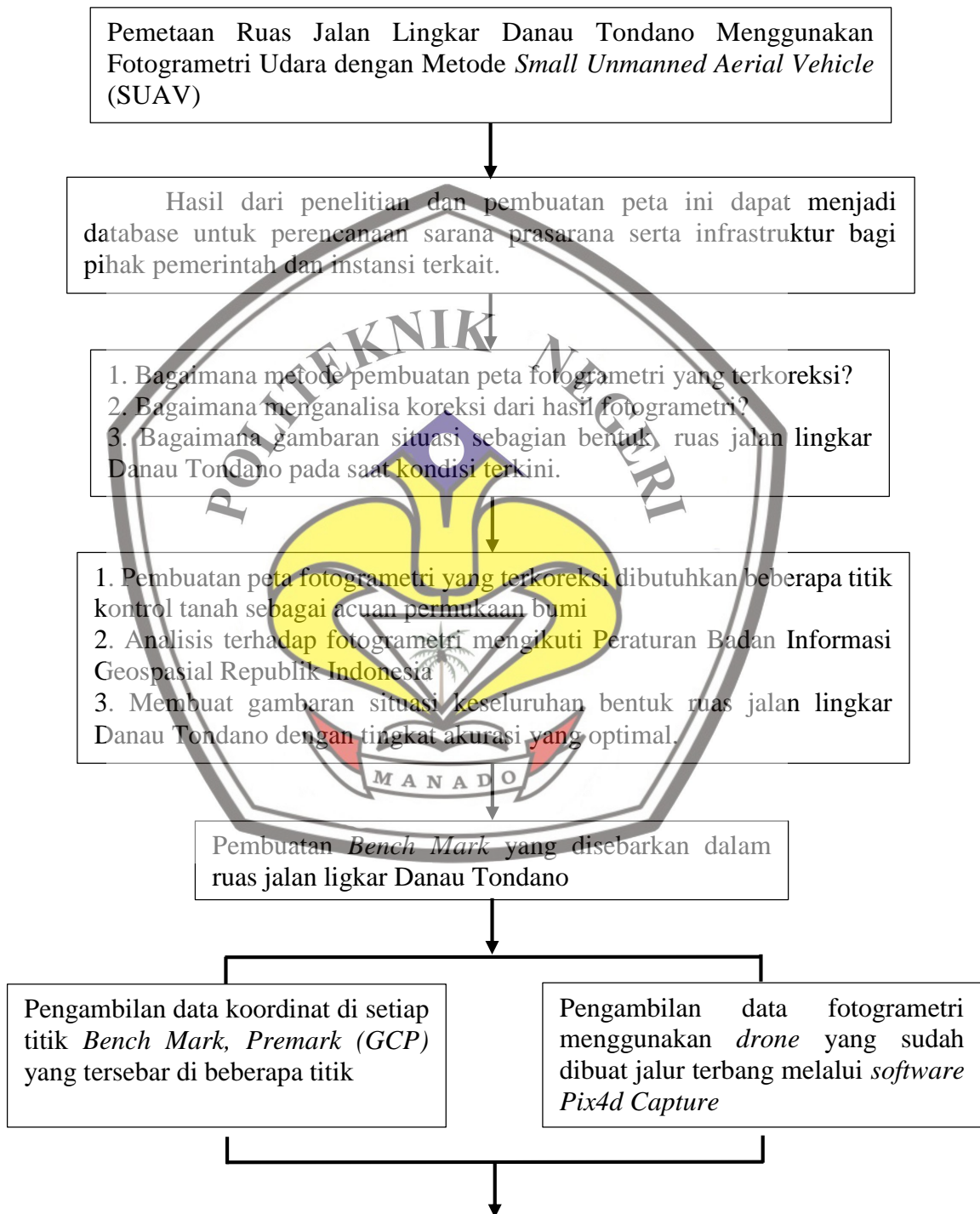
Metode yang digunakan adalah Wahana *Fix Wing* UAV. Hasil dari penelitian ini adalah:

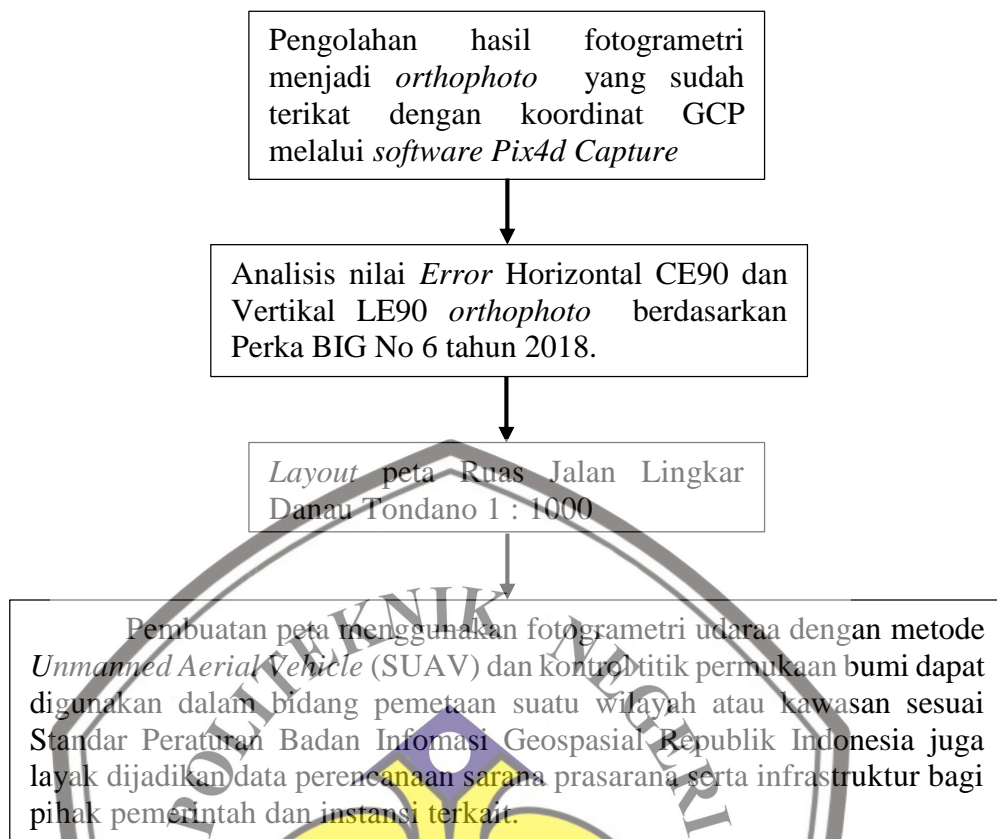
- 1) Telah dilakukan pemetaan dengan metode fotogrametri menggunakan wahana *Fix Wing* UAV jenis *SkyWalker* di daerah Kampus ITS, Sukolilo dengan jumlah foto 686 dan tinggi terbang rata-rata 277 m.
- 2) Perbandingan ICP model dengan lapangan menunjukkan nilai selisih terbesar yaitu pada ICP 11 sebesar -0,139 m untuk koordinat X dan pada ICP 7 sebesar 0,215 m untuk koordinat Y.
- 3) Dari uji akurasi koordinat planimetris hasil pemetaan foto udara didapatkan nilai CE90 sebesar 0,248 m yang berarti bahwa uji akurasi horizontal ketelitian peta memenuhi untuk skala 1:1000 yaitu masuk kedalam orde kelas 2 dengan ketelitian minimum sebesar 0,3 m.



## 2.12 Kerangka Pikir

Dalam penelitian sangat penting untuk adanya suatu sistem yang teratur demi terstrukturnya alur dari penelitian tersebut. Maka dari itu pada gambar 2.16 di bawah merupakan alur pikir dari penulis.





Gambar 2.15 Bagan alur pikir

(Sumber: Penulis, 2023)

## BAB III

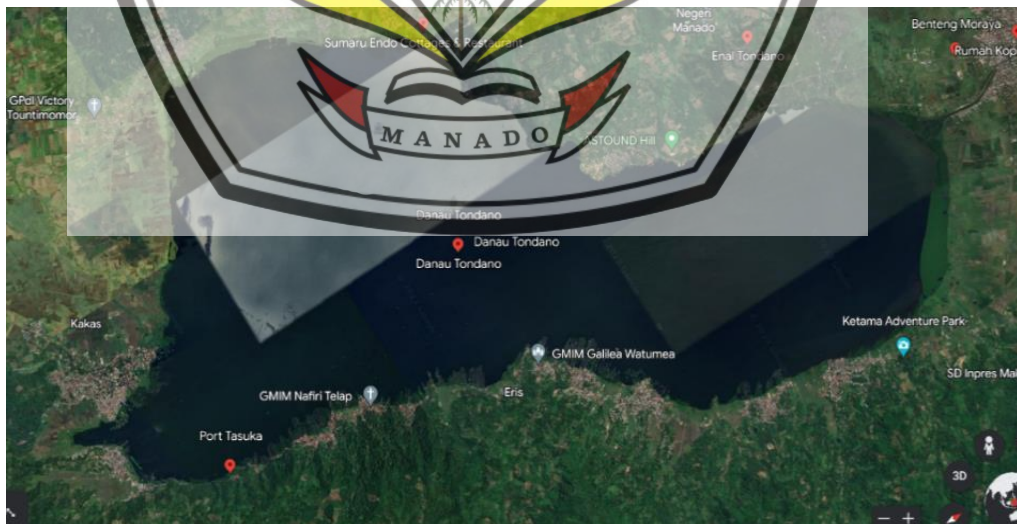
### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di ruas Jalan Lingkar Danau Tondano, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. Untuk proses penelitian, pengolahan data, hingga menjadi prodak akhir dapat dilihat pada tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3.1 Jadwal Pelaksanaan Penelitian (*Time Schedule*)

No	Jenis Kegiatan	BULAN															
		Februari				Maret				April				Mei			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
1	Penyusunan Proposal	■															
2	Seminar Proposal																
3	Pembuatan Bench Mark GCP																
4	Pengambilan Data Koordinat Titik GCP																
5	Pengambilan Foto Udara dengan Teknik Fotogrametri																
6	Pengolahan Data Foto Udara									■	■	■	■				
7	Layout Peta 1:1000													■	■	■	■
8	Penyusunan Skripsi													■	■	■	■
9	Ujian Skripsi																■



Gambar 3.1 Area Danau Tondano dan Sekitarnya

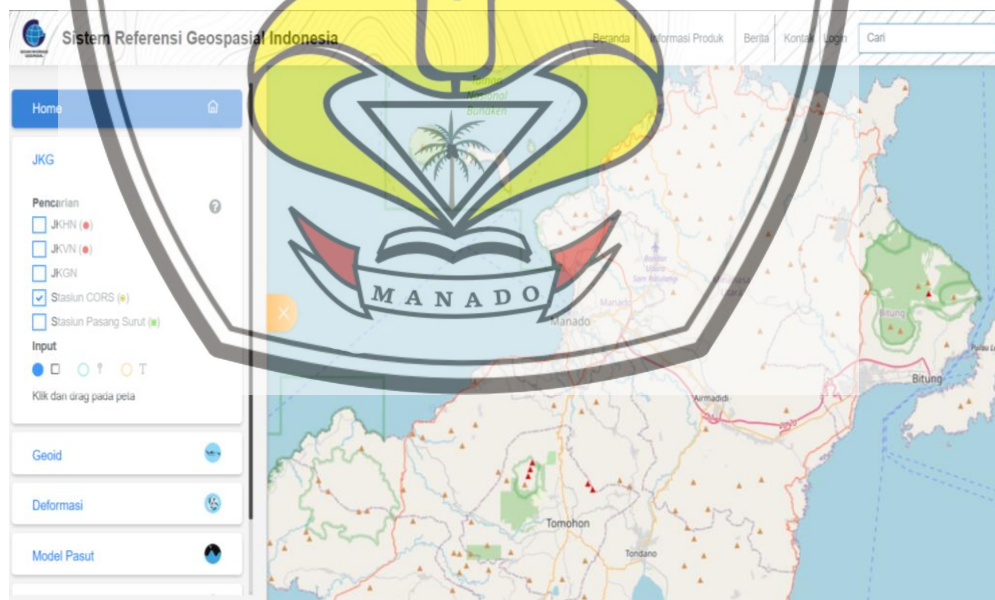
(Sumber : Google Earth, 2023)

### 3.2 Metode dan Jenis Penelitian

Metode penelitian menggunakan data primer lewat survei foto udara dan data *Ground Control Point* (GCP) dari alat GPS Geodetik untuk acuan mendapatkan nilai titik koordinat, pengolahan foto udara menggunakan *Software Agisoft Metashape* dan pembuatan *layout* produk akhir menggunakan *ArcGis*.

### 3.3 Jenis Data dan Metode Pengumpulan Data

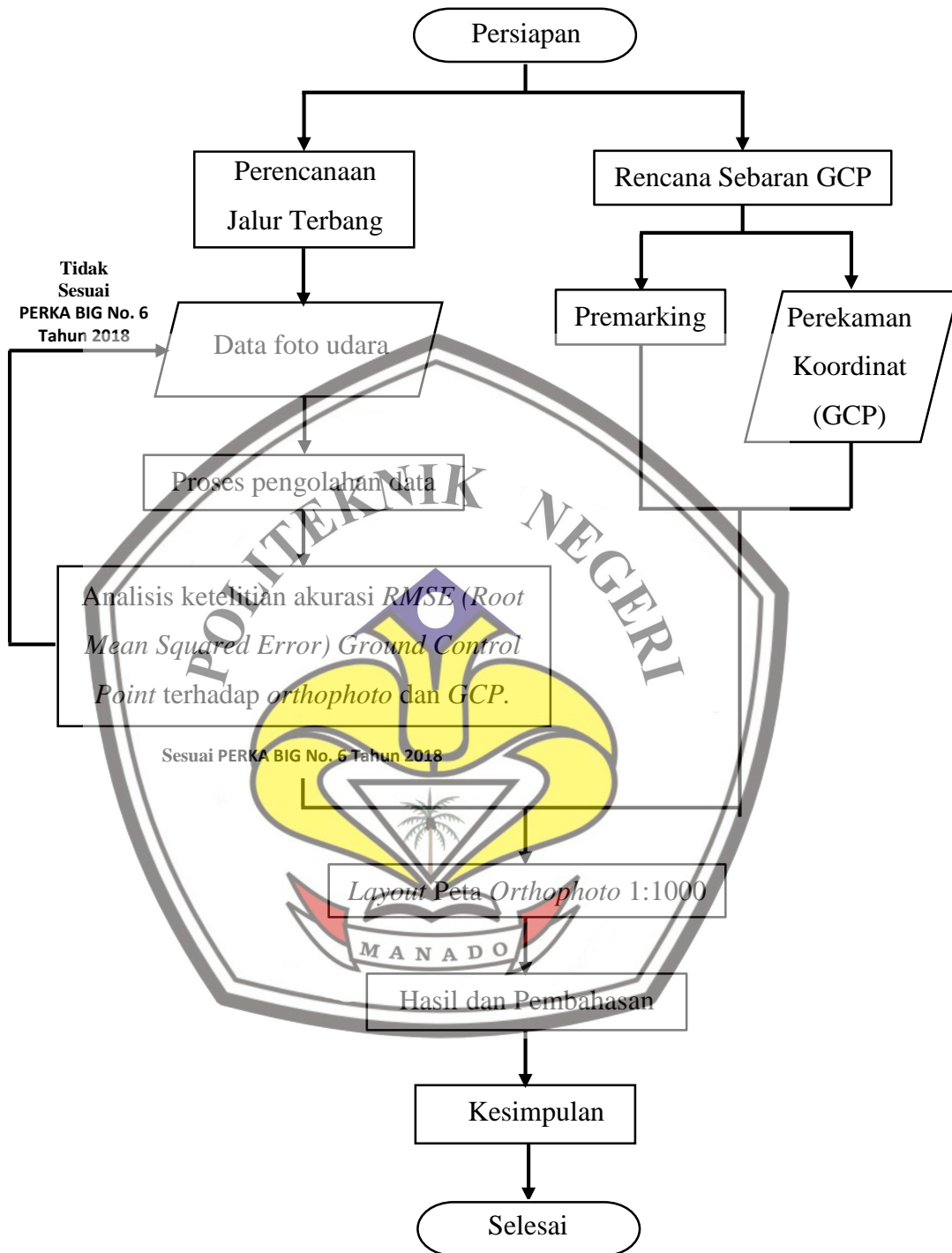
Data yang dibutuhkan adalah data pengukuran foto udara yang diambil di lapangan dan data koordinat titik-titik di permukaan bumi yang diperoleh dari alat GPS Geodetik sebagai kontrol akurasi foto udara. Untuk data fotogrametri udara yang diambil oleh Sistem Pesawat Udara Kecil Tanpa Awak (SPUKTA) dan koordinat permukaan tanah diperoleh dari data GPS Geodetik yang terikat dengan Jaring Kontrol Nasional berupa data *Cors* BIG yang terdapat di halaman Pos Pengamatan di Kota Manado, Sulawesi Utara.



Gambar 3.2 Halaman Pos Pengamatan Kota Manado, Sulawesi Utara

(Sumber : Sistem Referensi Geospasial Indonesia, 2023)

### 3.4 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.3 Bagan alir penelitian

Adapun tahap persiapan dan pengambilan data lapangan dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Hal yang paling utama adalah persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pengambilan foto udara serta telah memastikan dalam keadaan siap pakai.
- 2) Selanjutnya adalah perencanaan sebaran titik GCP dan dilanjutkan dengan pembuatan atau penandaan *Bench Mark*.
- 3) Setelah proses perekaman titik oordinat GCP, dilanjutkan dengan pengambilan foto udara.
- 4) Setelah selesai pengambilan foto udara, selanjutnya adalah pengolahan data di *Software Agisoft Metashape*, dan dari hasil pengolahan data tersebut maka akan diketahui hasil ketelitian akurasi RMSE (*Root Mean Squared Error*) *Ground Control Point* terhadap *orthophoto* dan GCP.
- 5) Bila hasil ketelitian sesuai dengan PERKA BIG No. 6 Tahun 2018, maka hasil *orthophoto* dilanjutkan pada proses layout. Dari situ akan didapatkan hasil serta dapat menyimpulkan hasil tersebut. Tahapan selesai.

### 3.5 Data, Peralatan dan Bahan

#### 3.5.1 Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Koordinat GCP berasal dari perekaman oleh alat GPS Geodetik yang terdiri dari 42 (empat puluh dua) titik yang terkoreksi lewat koordinat CORS BIG.
- 2) Hasil dari foto udara bersumber dari pemotretan dengan wahana *Drone DJI Mavic 2 Pro*
- 3) Peta Citra *Google Earth*
- 4) Aplikasi *Avenza Maps* yang menampilkan data sebaran GCP.

### 3.5.2 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak (*software*) dan perangkat keras (*hardware*) sebagai berikut ini:

#### 1) Perangkat Lunak (*Software*)

- a) *DJI GO 4* sebagai aplikasi untuk menerbangkan *Drone* dan cek kontrol penerbangan.
- b) *Pix4d Capture* (IOS) dan *ctrl+DJI* (android) sebagai aplikasi pembuat rencana akuisisi data foto udara.
- c) *Software Agisoft Metashape* untuk mengolah data foto udara menjadi *orthophoto* dan *DEM*
- d) *ArcGIS* untuk analisa *orthophoto* dan pembuatan *layout* peta
- e) *Microsoft Office Excel 2013* untuk menganalisis perhitungan uji ketelitian akurasi horizontal dan vertical.

#### 2) Perangkat Keras (*Hardware*)

- a) *SUAV DJI Mavic 2 Pro* untuk pengambilan foto udara
- b) GPS Geodetik *SINOGNSS T300* untuk pengambilan koordinat *Ground Control Point (GCP)*
- c) *MSI GS75 Stealth 10SFS Intel(R) Core(TM) i7-10750H CPU @ 2.60GHz GPU(s) NVIDIA GeForce RTX 2070 Super with Max-Q Design RAM 32GB.*

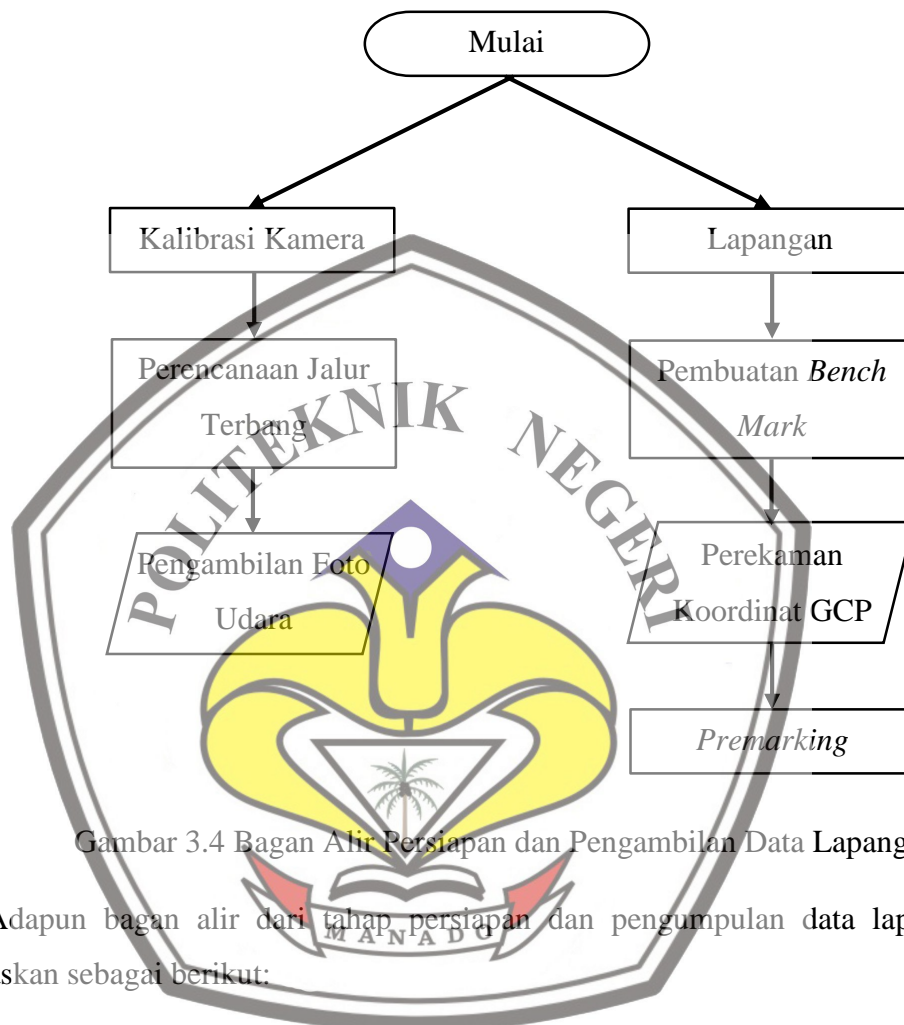
### 3.5.3 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Terpal warna *orange* ukuran 0,2 x 2 meter untuk titik *Bench Mark*
- 2) Cat berwarna merah untuk titik *Bench Mark*
- 3) Kuas untuk pengecatan titik *Bench Mark*

### 3.6 Tahap Persiapan dan Pengambilan Data Lapangan

Ditahap persiapan ini terdapat beberapa kegiatan persiapan seperti yang terlihat pada bagan alir berikut ini :



Gambar 3.4 Bagan Alir Persiapan dan Pengambilan Data Lapangan

Adapun bagan alir dari tahap persiapan dan pengumpulan data lapangan dijelaskan sebagai berikut:

1. Tahap persiapan dibagi menjadi dua tahap yaitu kalibrasi kamera dan pengambilan data di lapangan. Kalibrasi kamera dilakukan melalui aplikasi *DJI GO 4* serta mengikat mode GPS dan resolusi kamera dengan drone. Perencanaan jalur terbang dibuat dengan menggunakan aplikasi *Pix4D Capture*, kemudian data dikumpulkan berdasarkan side overlap, kecepatan terbang udara, ketinggian udara dan kemiringan kamera. Untuk perencanaan disesuaikan kebutuhan AOI, ukuran foto. Setelah itu dilanjutkan dengan pemotretan atau pengambilan foto udara.

2. Kegiatan lapangan dilakukan dengan membuat bench mark GCP dan perekaman koordinat tanah dengan menggunakan metode *Real Time Kinematik* (RTK) yang dikoreksi dengan data CORS BIG. Penempatan titik GCP sesuai dengan aturan jaring kontrol horizontal CORS BIG. Lalu setiap titik GCP diberikan *premark* untuk memudahkan proses *georeferencing*.

### 3.6.1 Persiapan Peralatan

Tahap awal sebelum pengambilan data lapangan, sebaiknya semua peralatan yang akan digunakan dalam keadaan siap pakai. Contohnya baterai GPS Geodetik, tab dan *drone* di charge full. Untuk mengantisipasi kemungkinan-kemungkinan buruk yang terjadi, maka persiapan peralatan ini menjadi fokus utama.

### 3.6.2 Pembuatan Bench Mark

*Bench Mark* merupakan tahapan pertama dalam pengambilan data lapangan pada penelitian ini. Tahapan awal yaitu pembuatan *Bench Mark* untuk titik patokan ikat bumi yang tidak tergeser atau terganggu. Untuk titik BM pada penelitian ini terbuat dari terpal berwarna terang (*orange*) yang dipasangkan pasak agar tidak bergeser dan juga dilakukan pengecatan di jalan/aspal menggunakan cat air berwarna merah.

### 3.6.3 Pengambilan Koordinat *Ground Control Point* (GCP)

Setelah tahapan pembuatan *Bench Mark*, maka dilanjutkan dengan pengambilan koordinat GCP menggunakan alat GPS Geodetik SINOGNSS T300. Metode yang digunakan pada saat perekaman adalah metode NTRIP-RTK (*Network Transport RTCM via Internet Protocol – Real Time Kinematik*).

Penggunaan metode ini untuk pengamatan posisi secara *real time* perekaman koordinat di lapangan. Tahapan perekaman koordinat GCP sebagai berikut:

- 1) Letakkan Tripod di atas patok atau lokasi BM yang sudah ditentukan atau dibuat sebelumnya
- 2) Pasang alat GPS Geodetik SINOGNSS T300 lalu aktifkan
- 3) Hubungkan sinyal WiFi dari alat GPS Geodetik SINOGNSS T300 dengan *Smart Phone*
- 4) Setelah terhubung, buka aplikasi *survey master*, lalu koneksikan antara *hand controller* dengan *receiver* GPS Geodetik juga koneksikan antara *receiver* GPS Geodetik dengan CORS BIG
- 5) Setelah semua perangkat terkoneksi, dilanjutkan dengan perekaman koordinat pada menu *Topo Survey* dan pastikan status perekaman koordinat mendapatkan hasil "*Fixed*"; bila hasil masih menunjukkan "*Flood*" maka harus mengubah strategi pengolahan hingga mendapatkan status "*Fixed*"
- 6) Setelah perekaman koordinat selesai, *export* data koordinat *hand controller*
- 7) Tahap perekaman koordinat GCP selesai.

### 3.7 Software untuk Pengolahan Data

#### 3.7.1 DJI Go 4

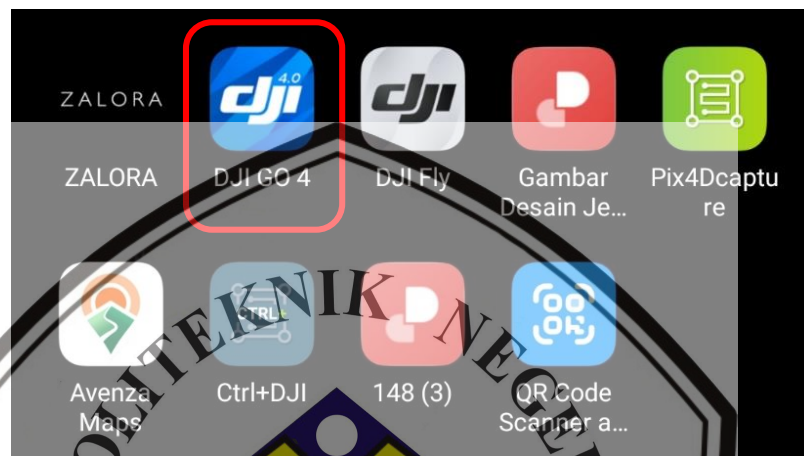


Gambar 3.5 DJI Go 4

(Sumber : DJI, 2023)

*DJI Go 4* ini adalah aplikasi bawaan dari *drone* merk DJI. Dalam pemetaan, aplikasi ini hanya digunakan untuk memastikan *home point* telah terkunci dengan baik dan sempurna. Berikut ini adalah tahapan penggunaan untuk memastikan *home point* terkunci:

1. Nyalakan *remote drone* lalu nyalakan *aircraft*, kemudian klik *icon* aplikasi *DJI Go 4* seperti yang ada pada gambar dibawah ini:



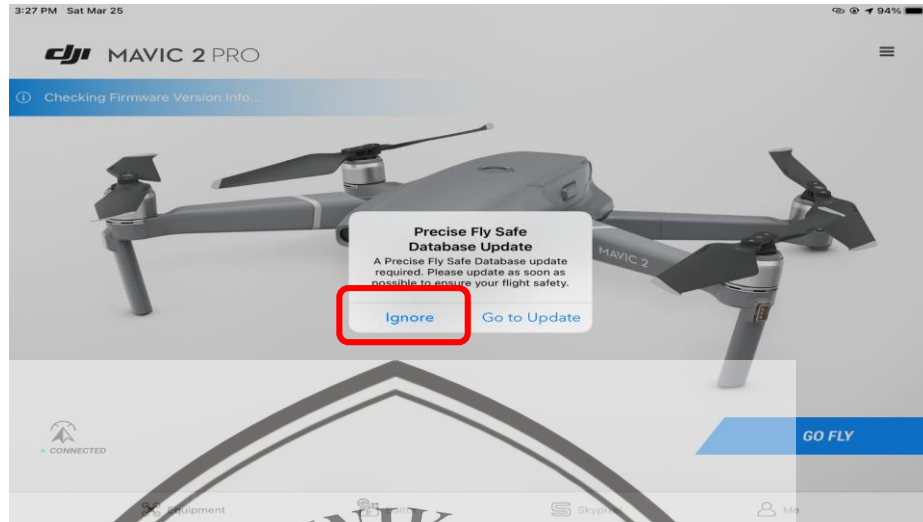
Gambar 3.6 Aplikasi *DJI Go 4*

Tampilan *DJI Go 4* sesudah di klik akan seperti pada gambar berikut:

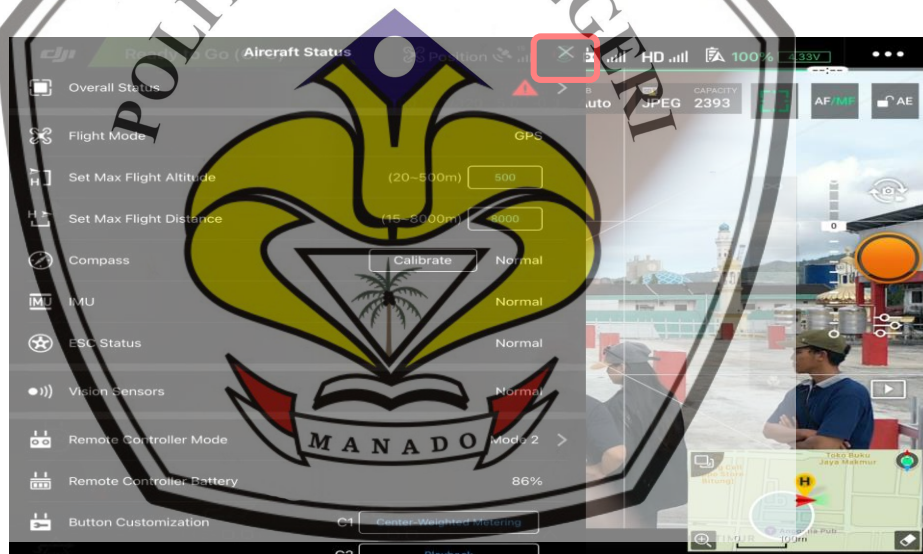


Gambar 3.7 Tampilan Awal Aplikasi *DJI Go 4*

2. Selanjutnya klik “*Enter Device*” maka akan terlihat *view* seperti pada gambar dibawah ini. Klik *Ignore* > kemudian tanda (X



Gambar 3.8 Pemberitahuan Update pada Aplikasi *DJI Go 4*



Gambar 3.9 Pemberitahuan *Update* pada Aplikasi *DJI Go 4*

Indikator GPS telah terkunci dengan sempurna adalah:

1. *Ready To Go* (GPS)
2. Huruf “H” yang menandakan *home point* telah terlihat pada peta navigasi yang terletak dibagian kanan bawah aplikasi
3. Terdapat *sound* dengan bunyi “*Home Point Has Been Detected*”

Jika koneksi antara *drone* dengan *remote* tidak terjadi atau posisi kamera tidak/belum horizontal maka disarankan untuk dilakukan *restart drone* serta *remote*.



Gambar 3.10 Indikator GPS Telah Terkunci dengan Sempurna

### 3.7.2 Pix4D Capture



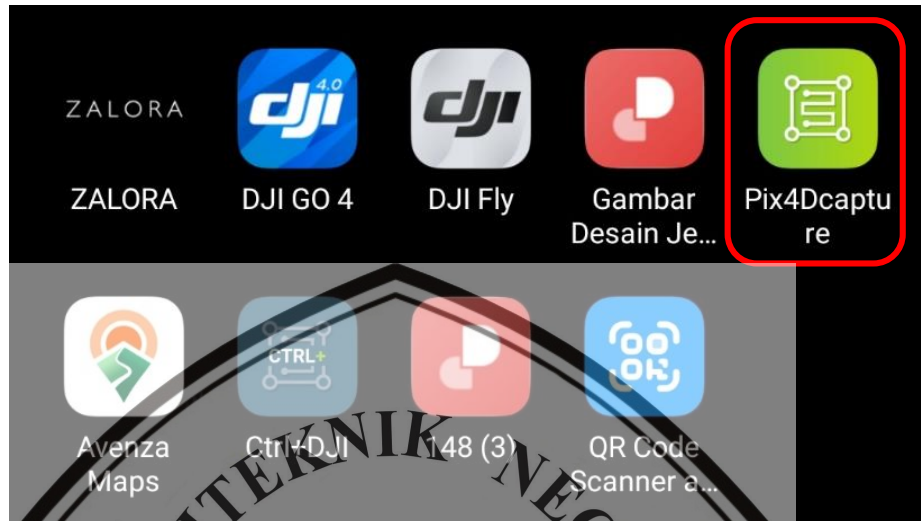
Gambar 3.11 Pix4D Capture

(Sumber : Pix4D)

*Pix4d Capture* adalah aplikasi pengembang yang digunakan untuk melakukan misi penerbangan dan pemotretan *auto pilot*. Aplikasi ini adalah aplikasi

free yang tersedia di perangkat berbasis IOS serta Android. Namun disarankan menggunakan berbasis IOS.

Tahapan menggunakan *Pix4D Capture* sebagai berikut:



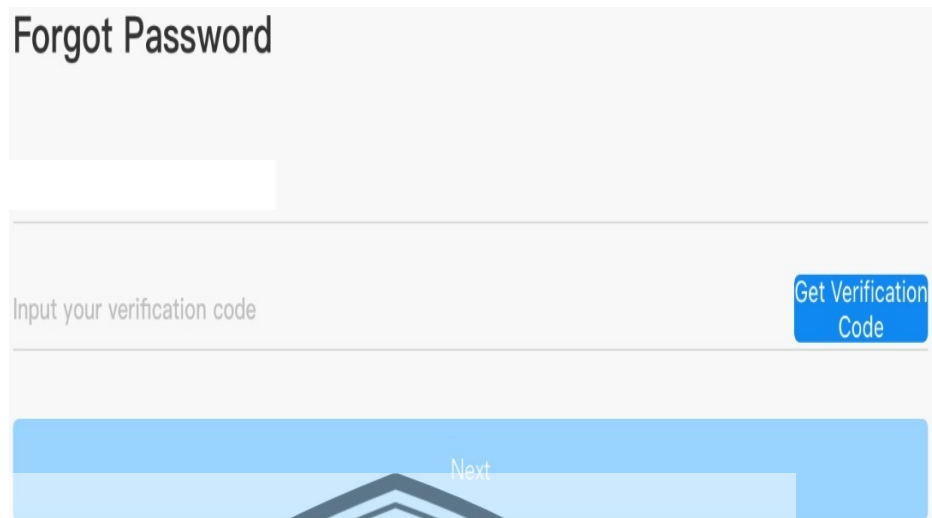
Gambar 3.12 Aplikasi *Pix4D Capture*

1. Setelah membuka aplikasi *Pix4D Capture*, maka akan terlihat *view* sebagai berikut:



Gambar 3.13 Tampilan Awal Aplikasi *Pix4D Capture*

2. Lakukan *Sign Up for Free* jika belum memiliki akun, dan *Log In* jika mempunyai akun. Tampilan *Log In* seperti gambar dibawah ini:



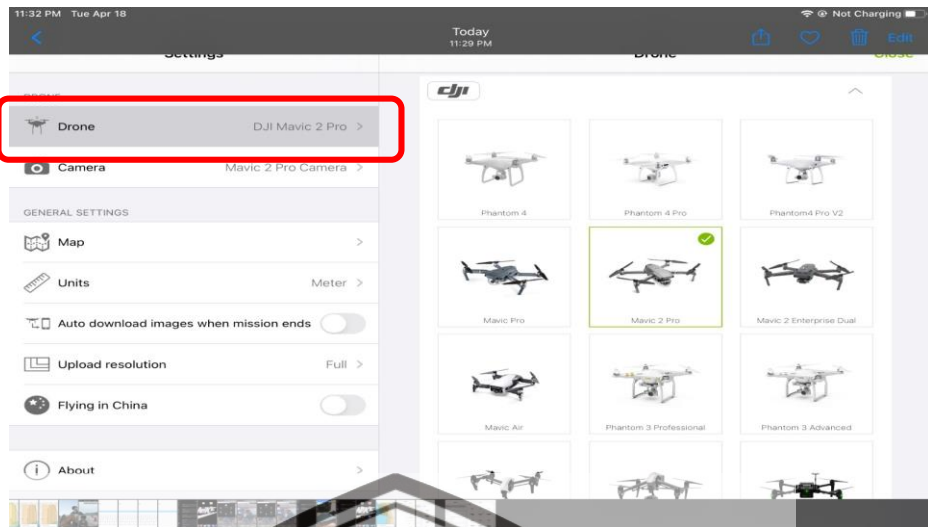
Gambar 3.14 Tampilan untuk *Log In*

3. Setelah melakukan *Log In* maka *view* pada *Pix4D Capture* seperti pada gambar di bawah ini dan dilanjutkan dengan melakukan *setting*:

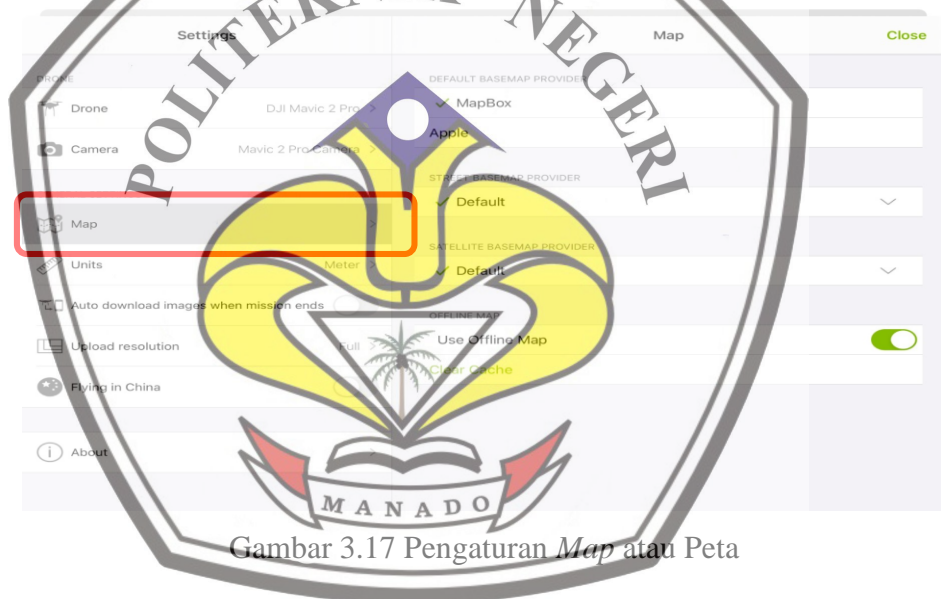


Gambar 3.15 Tampilan Pemilihan Jenis Jalur Terbang dan Pengaturan

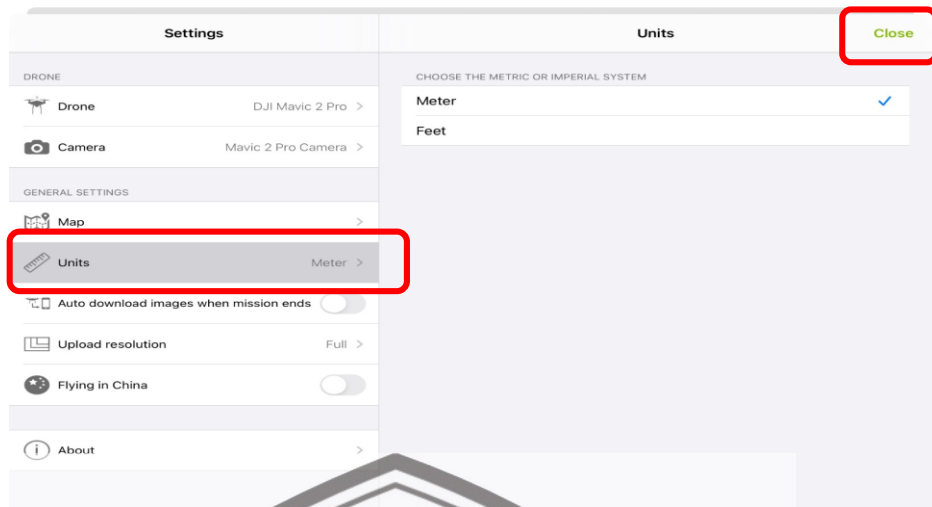
Pengaturan dilakukan untuk memilih jenis *drone*, *basemap*, dan unit pengukuran (*feet/meter*).



Gambar 3.16 Pilihan Jenis Drone

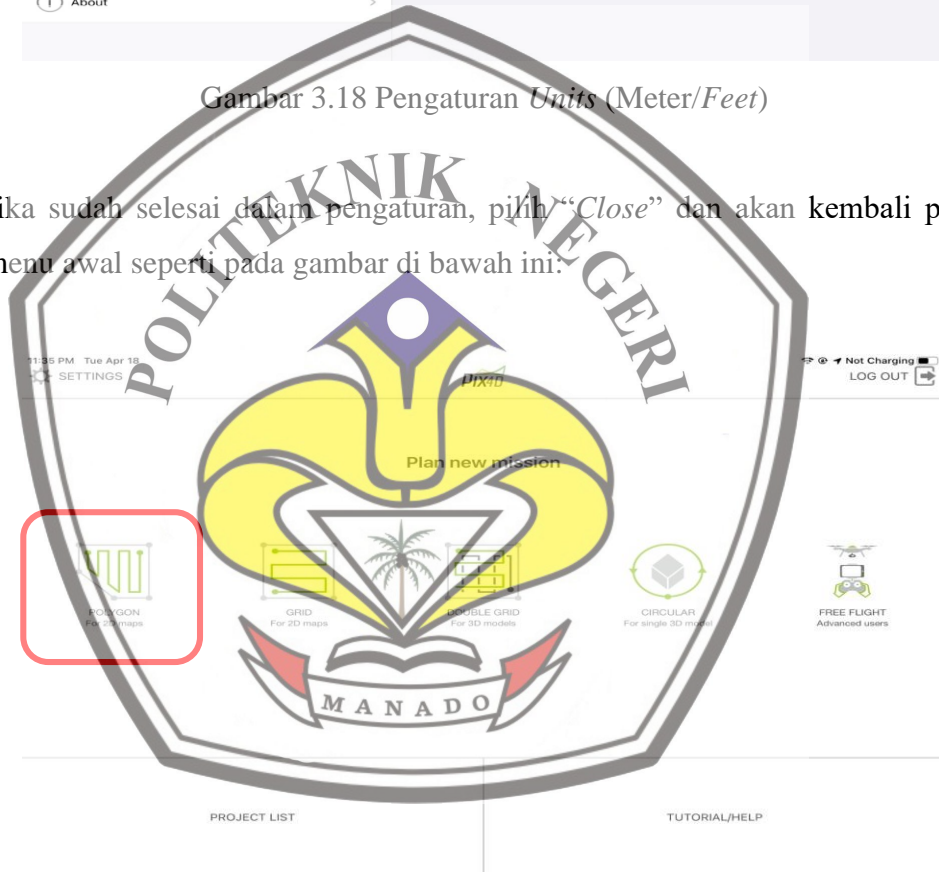


Gambar 3.17 Pengaturan *Map* atau Peta



Gambar 3.18 Pengaturan *Units* (Meter/*Feet*)

Jika sudah selesai dalam pengaturan, pilih “*Close*” dan akan kembali pada menu awal seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.19 Tampilan Jenis Jalur Terbang

*Pix4D Capture* menyediakan 5 (lima) pilihan misi terbang yaitu:

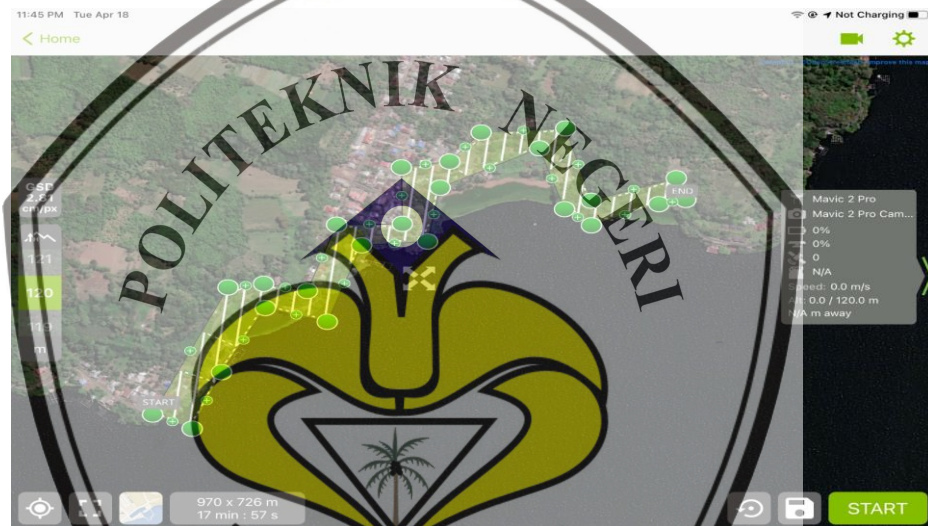
- 1) *Polygon Mission*
- 2) *Grid 2D*
- 3) *Double Grid 3D*

4) *Circular Mission*

5) *Free Flight Mission*

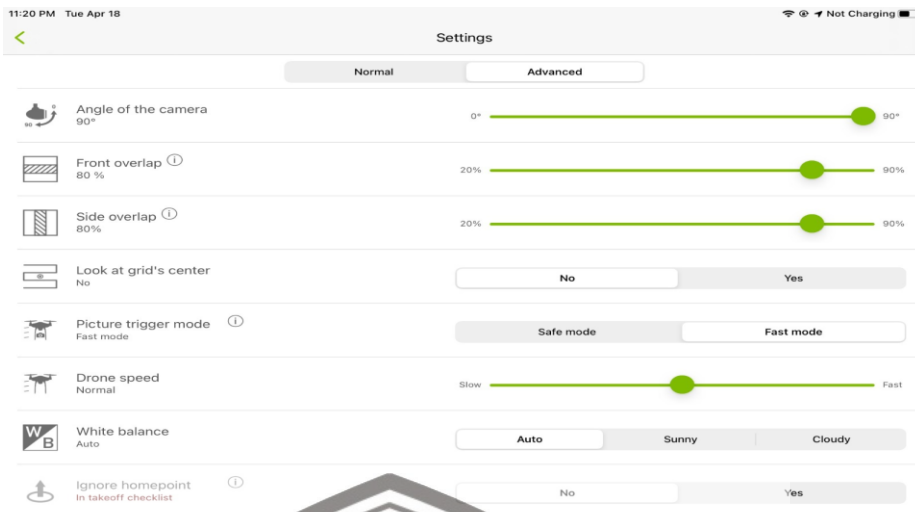
### *Polygon Mission*

*Polygon Mission* ini menjadi salah satu pilihan misi penerbangan bila pemetaan tidak berbentuk persegi, sehingga dapat merencanakan misi pemetaan sesuai dengan bentuk area lokasi yang menjadi *Areal of Interest* (AOI). Namun disarankan untuk membuat *polygon* sedikit lebih luas dari AOI untuk meminimalisir *error* pada saat pengolahan lanjutan.



Gambar 3.20 Tampilan *Polygon Mission*

4. Selanjutnya lakukan pengaturan pada *Polygon Mission* dengan mengklik tanda setting sebagai berikut:



Gambar 3.21 Pengaturan *Angle Camera*, *Front Overlap*, *Side Overlap* dan *Drone Speed*

Pastikan *angle* kamera 90°, *Front overlap* dan *side overlap* disarankan minimal 70% pada lokasi datar dan jika lokasi yang akan dipetakan miring atau berbukit bahkan curam, disarankan untuk menambah atau memperbesar *front* dan *side overlap* (jika kurang dari 70% itu akan menyebabkan *error* yang sangat besar). *Drone speed* disarankan pada pilihan “Normal +”.

Catatan: *take off* dilakukan pada lokasi yang paling tinggi disekitar area yang dipetakan.

5. Jika sudah selesai *setting*, klik tombol *back* dan mulai melakukan misi pemetaan.
  
6. Misi pemetaan dilakukan dengan mengklik tombol “*START*” pada *Pix4D Capture* sebagai berikut:



Gambar 3.22 Tampilan Siap untuk Melakukan Foto Udara

Selanjutnya akan ada tampilan menu sebagai berikut:

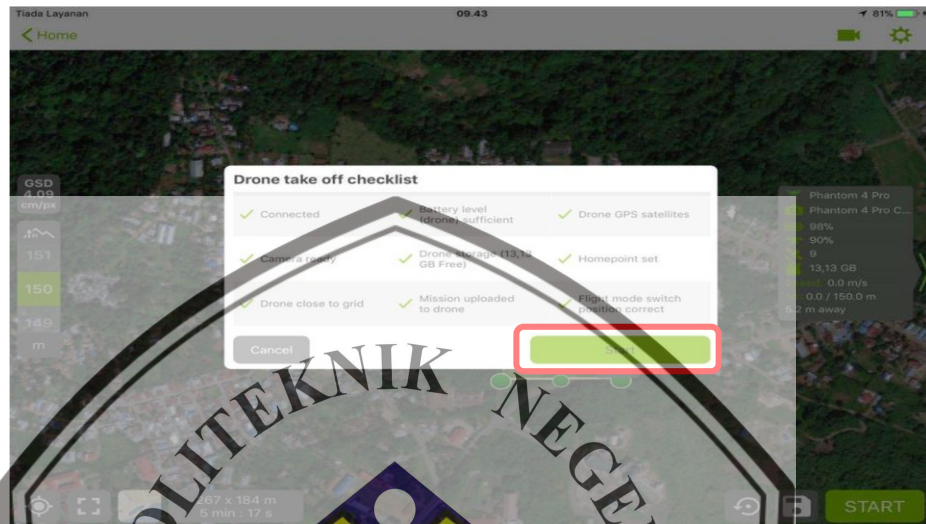
Klik “Next” dan akan muncul tampilan sebagai berikut:



Gambar 3.23 Tampilan *Drone Take Off Checklist* (1)

“*Drone take off checklist*” harus dipastikan semuanya tercentang sebelum melakukan pemetaan. Walaupun pada “*Battery level (drone) sufficient*” tidak tercentang atau muncul tanda seru, itu berarti waktu pemetaan menggunakan lebih dari 1 baterai. Jika yang tidak tercentang selain “*Battery level (drone)*

*sufficient*”, maka disarankan harus melakukan *restart drone* dan *remote* serta melakukan proses *lock home* seperti prosedur awal melalui aplikasi DJI Go 4 kemudian dilanjutkan ke *Pix4D Capture*. Tampilan *checklist* jika *drone* telah siap untuk melakukan misi pemetaan sebagai berikut:

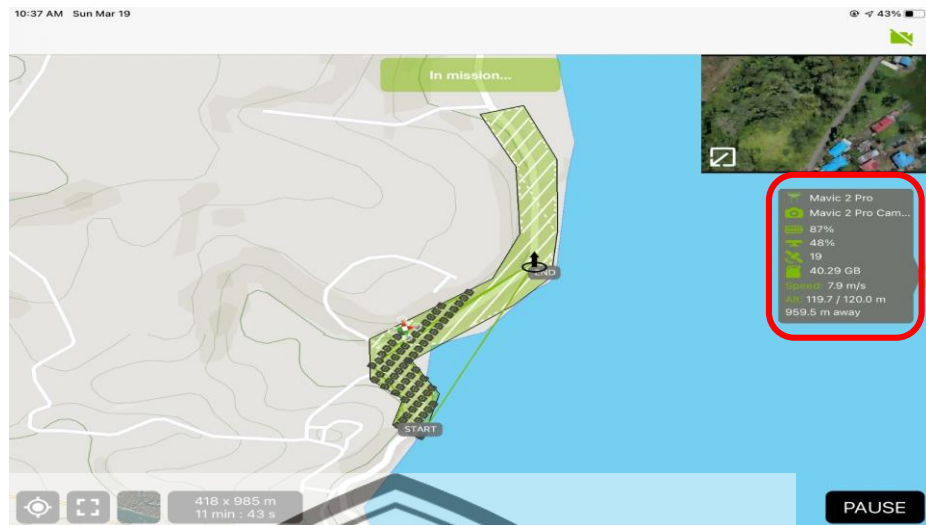


Gambar 3.24 Tampilan *Drone Take Off Checklist* (2)

7. Klik “*Start*” maka *drone* akan melakukan misi pemetaan secara *auto pilot*.

Catatan : walaupun dalam proses pemetaan ini dalam keadaan *auto pilot*, namun harus dipastikan pilot *drone* untuk selalu fokus dan konsentrasi melihat telemetri yang tersedia pada *Pix4D Capture*.

Telemetri yang terdapat pada *Pix4D capture* secara berurutan sebagai berikut: Jenis *drone*, kamera *drone*, Persen baterai *drone*, Persen baterai *remote*, jumlah satelit, ketersediaan *memory card*, kecepatan *drone*, ketinggian terbang dan jarak *drone* dari posisi *take off*. Dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3.25 Tampilan *Drone* Menjalankan Misi secara *Auto Pilot*

Misi penerbangan akan dimulai dengan *drone* melakukan penerbangan lepas landas vertikal pada ketinggian yang telah ditentukan, kemudian terbang ke titik awal misi masuk. Saat mencapai titik awal, *drone* akan mengambil foto berdasarkan pengaturan *overlay* depan dan samping. Setelah menyelesaikan misi pemetaan maka *drone* akan terbang kembali pada titik *take off* secara horizontal (*going to land*), jika sudah berada persis di atas titik *take off* maka *drone* akan melakukan pendaratan secara vertikal (*landing*). Misi pemetaan selesai. Keluarkan kartu memori pada *drone* dan salin gambar ke komputer atau laptop lalu mulai membuat mosaik foto dengan aplikasi *Agisoft photo scan*.

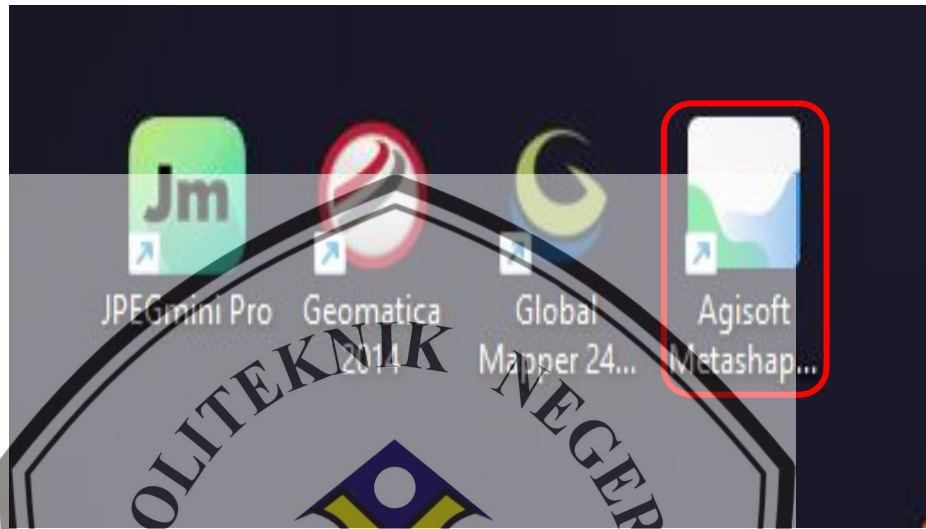
### 3.7.3 *Software Agisoft MetaShape Professional 1.0.7*



Gambar 3.26 *Agisoft MetaShape*

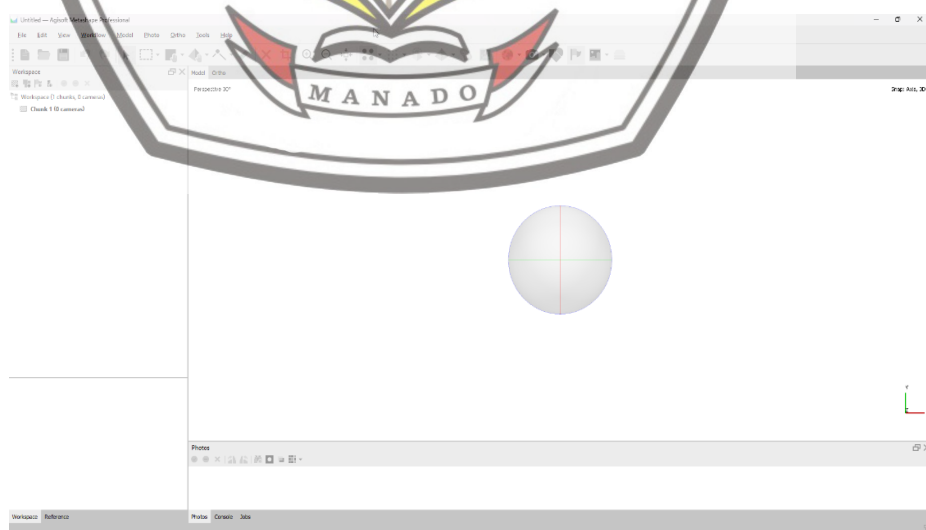
(Sumber : *Agisoft* , 2023)

*Agisoft MetaShape Professional 1.8* adalah sebuah *software 3D modeling* menggunakan data foto yang telah direkam dan bertujuan untuk pengolahan fotogrametri digital serta menghasilkan data spasial 3D untuk digunakan dalam aplikasi GIS. Berikut ini adalah tahapan pengolahan data menggunakan *Software Agisoft MetaShape Professional 1.0.7*:



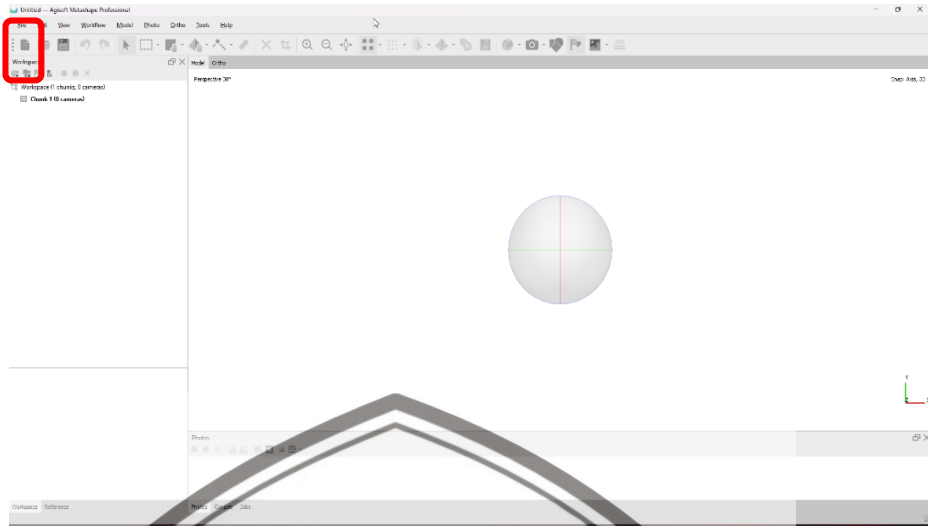
Gambar 3.27 Aplikasi *Agisoft MetaShape Professional 1.0.7*

1. Setelah membuka *Software Agisoft MetaShape Professional 1.0.7*, akan terlihat tampilan seperti ini



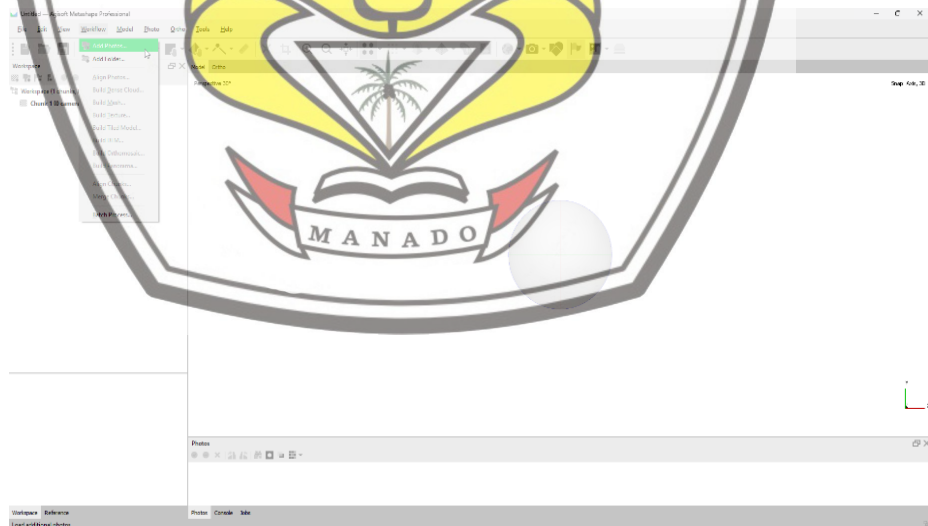
Gambar 3.28 Tampilan Awal Aplikasi *Agisoft Metashape Profesional 1.0.7*

2. Buat lembar kerja dengan cara memilih “Add Chunk”



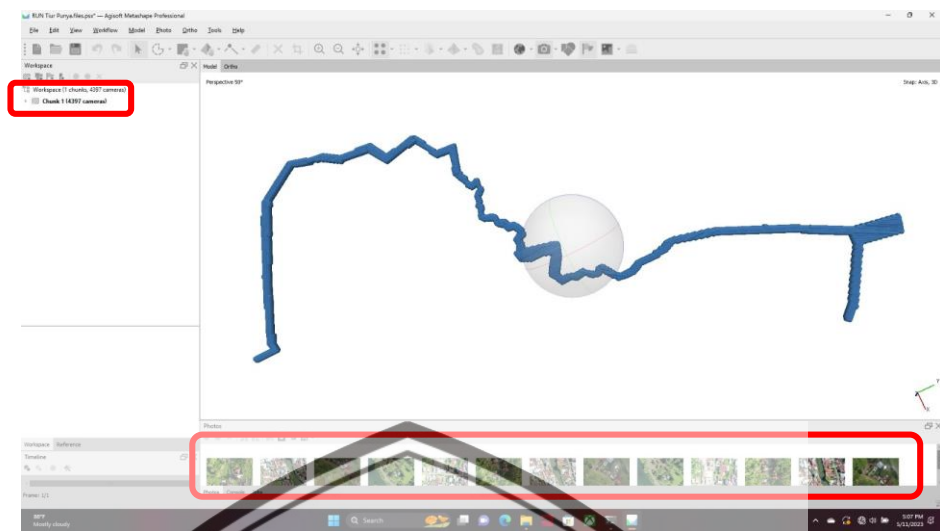
Gambar 3.29 Pembuatan Lembar Kerja

3. Masukkan gambar dengan cara, klik “add photo” pada menubar “Workflow”. Kemudian cari folder tempat penyimpanan gambar foto udara, blok semua foto (Ctrl+A) kemudian klik “open”



Gambar 3.30 Proses Impor Gambar

Di bawah ini adalah tampilan setelah dimasukkan gambar foto udara:

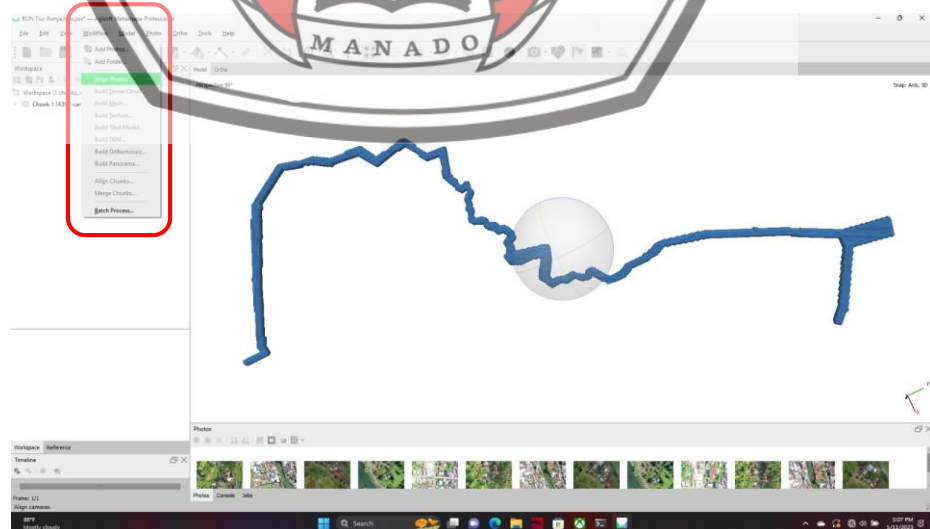


Gambar 3.31 Proses Inpor Gambar Selesai

#### Align Photos

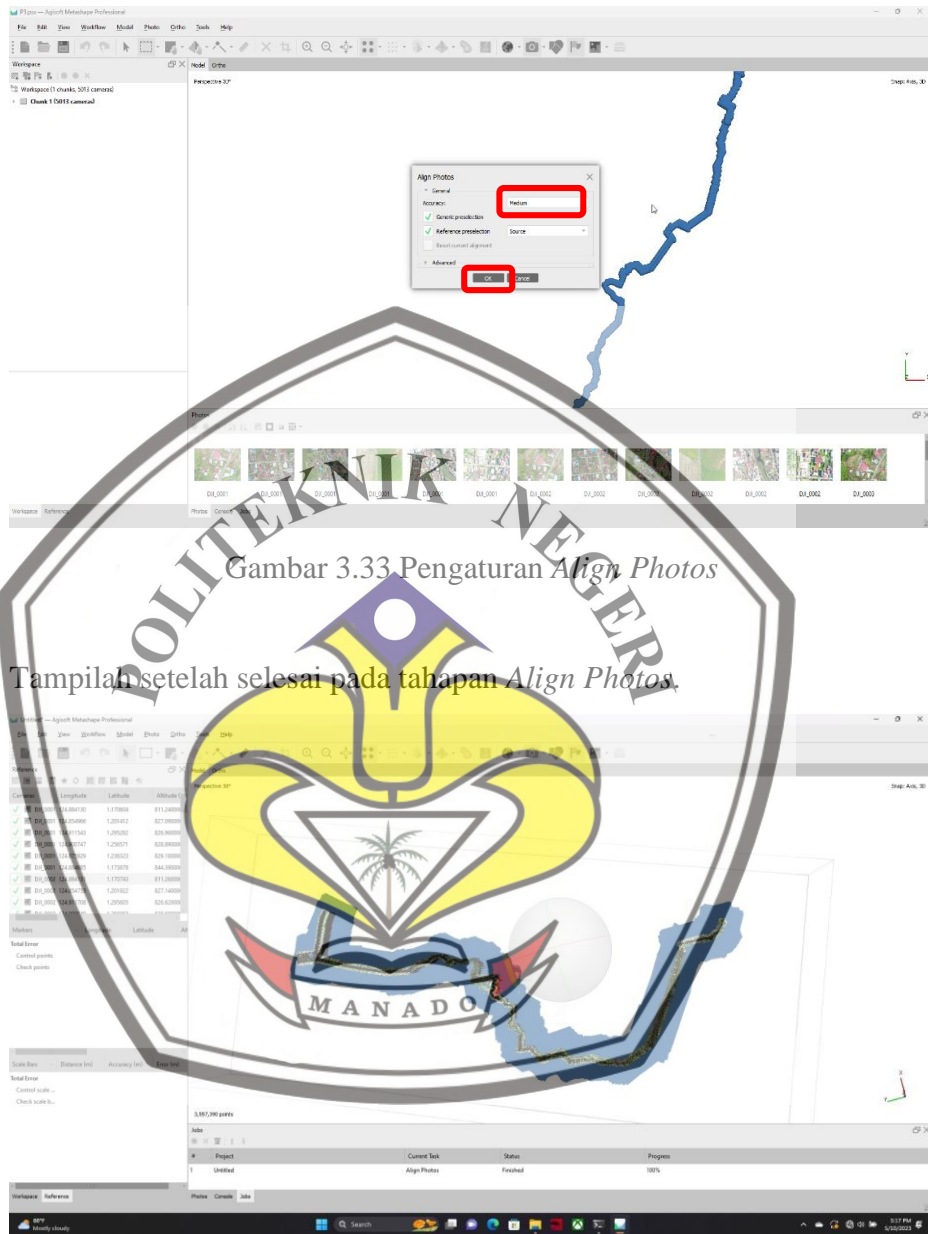
*Align Photos* adalah proses untuk mengidentifikasi titik-titik yang ada pada gambar dan proses penggabungan dua foto atau lebih. Pada proses ini akan menghasilkan tampilan 3D awal dan *sprase point clouds* (titik yang berjarak) yang akan digunakan pada tahap berikutnya.

4. Kemudian klik “Workflow” pada *menubar*, lalu pilih “Align Photos”



Gambar 3.32 *Align Photos* pada Menu *Workflow*

5. Setelah memilih “Align Photos” akan muncul kotak dialog untuk memilih pengaturan. Pada menu “Accuracy” pilih “Medium”, kemudian klik “Ok”. Agisoft akan memproses data tersebut.



Gambar 3.33 Pengaturan Align Photos

Tampilan setelah selesai pada tahapan Align Photos.

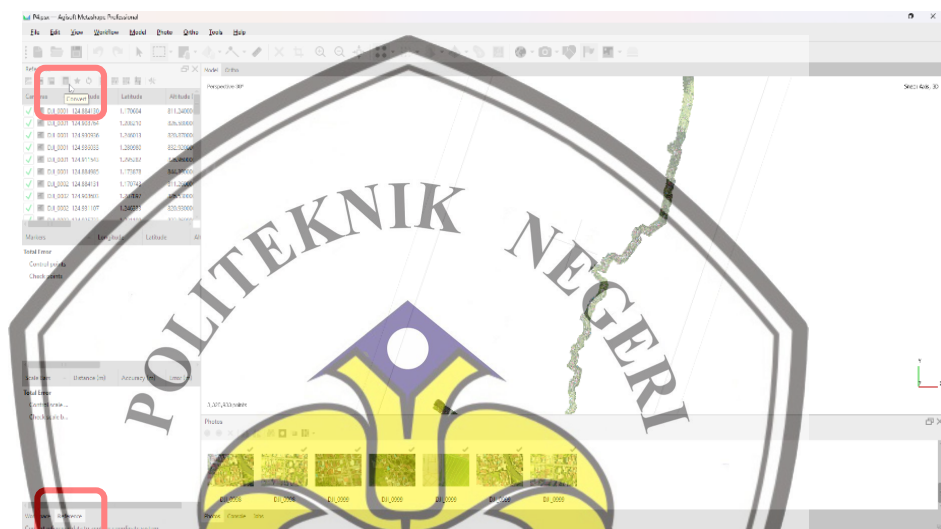
Gambar 3.34 Tampilan Setelah Align Photos

### **Input GCP (Ground Control Point)**

Setelah tahap *Align Photos*, dilanjutkan dengan proses koreksi GCP yang dilakukan dengan cara *input* GCP. Penginputan GCP ini dilakukan

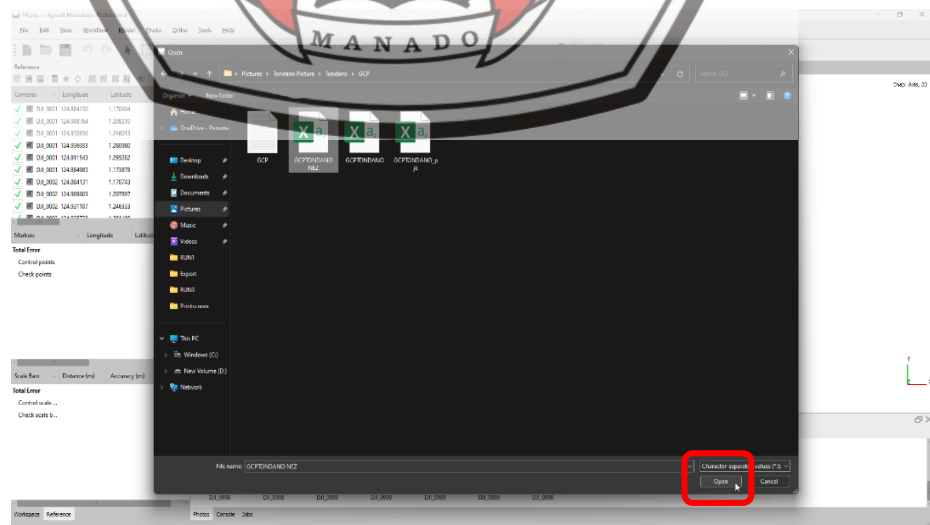
untuk memberikan referensi koordinat 3D (X,Y,Z) terhadap proses *Align Photos*, sehingga hasil 3D yang terbentuk dapat diperbaiki kualitas geometrinya sehingga mampu menghasilkan DEM (*Digital Elevation Model*) dan *Orthomosaic* yang akurat sesuai dengan spesifikasi yang disyaratkan.

6. Klik “*Reference*” lalu klik icon “*Convert*”, kemudian atur system koordinat ke UTM (WGS 84 / UTM zone 51N) > klik “*Ok*”



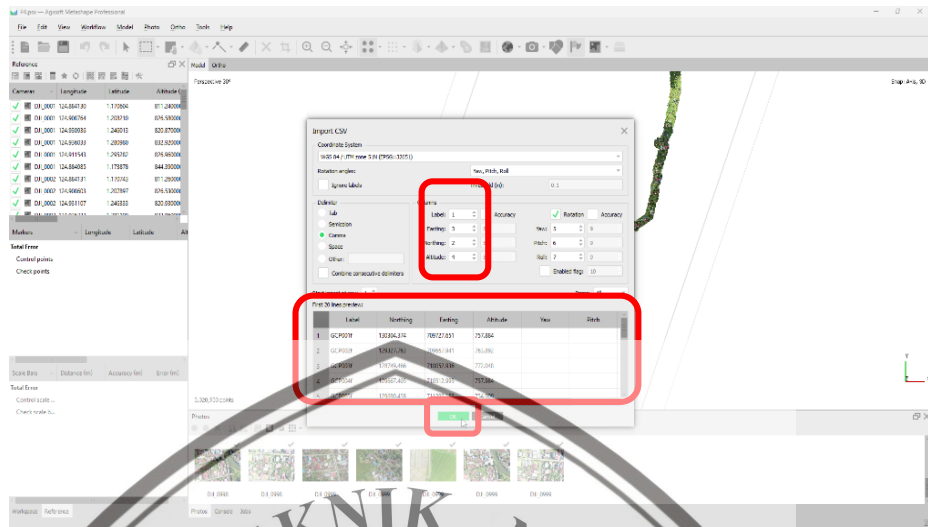
Gambar 3.35 Pengaturan Koordinat Sistem ke UTM

7. Pilih file daftar GCP, kemudian klik “*Open*”



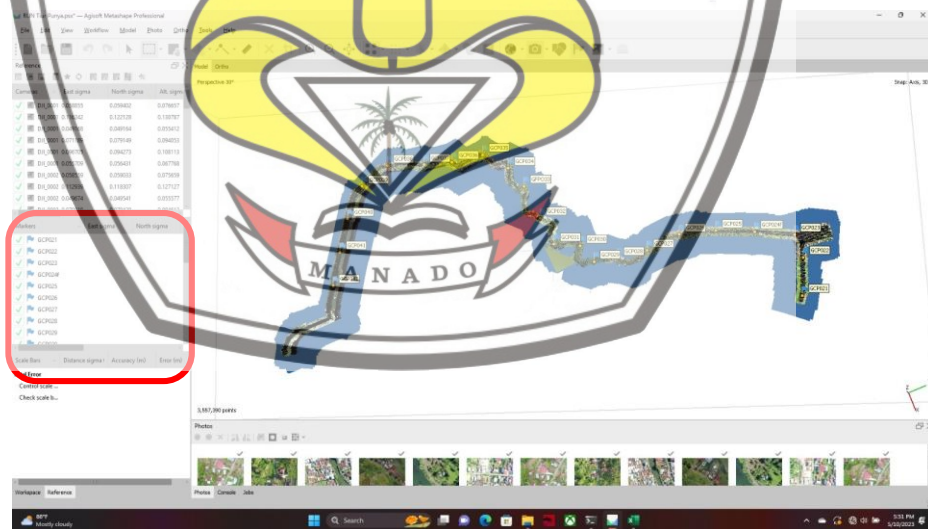
Gambar 3.36 Pemilihan File GCP

- Setelah menginput GCP, muncul kotak dialog “Import” lalu atur kolom koordinat sesuai dengan list GCP > klik “Ok”



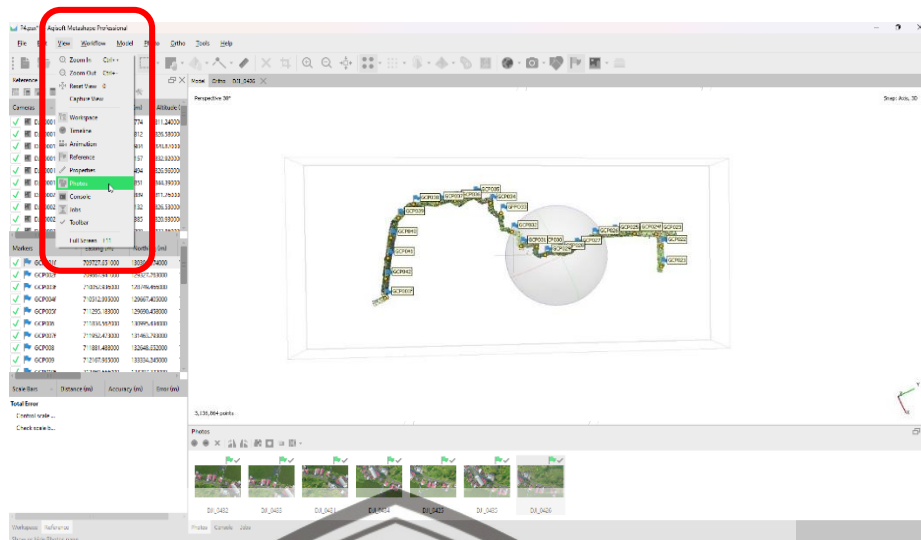
Gambar 3.37 Pengaturan Import CSV

- Setelah menginput GCP, maka akan muncul tampilan seperti dibawah ini.



Gambar 3.38 Tampilan Setelah GCP di Input

- Klik “View” kemudian klik “Photos” untuk menampilkan foto yang akan disesuaikan dengan titik GCP’



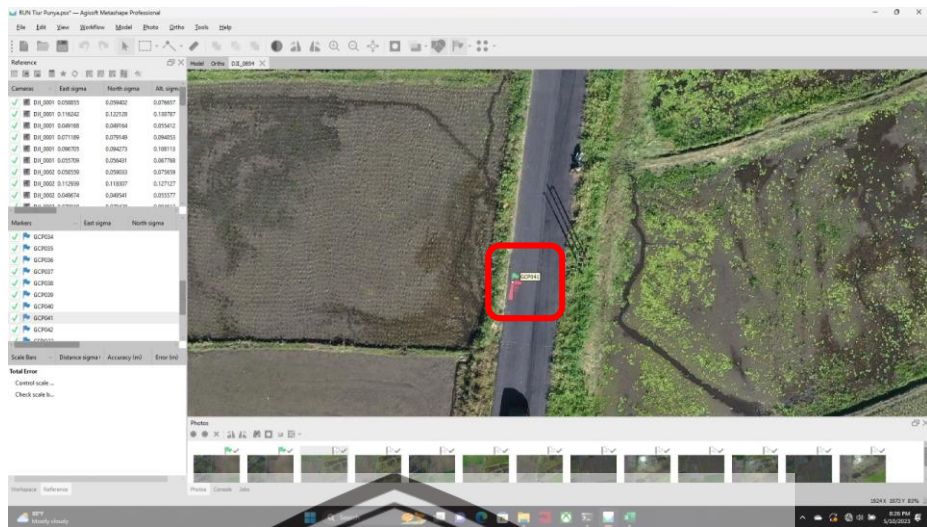
Gambar 3.39 Tahapan Menampilkan Foto Sesuai dengan Titik GCP

11. Tahap berikutnya, klik kanan pada titik GCP kemudian klik “Filter Photos by Markers”

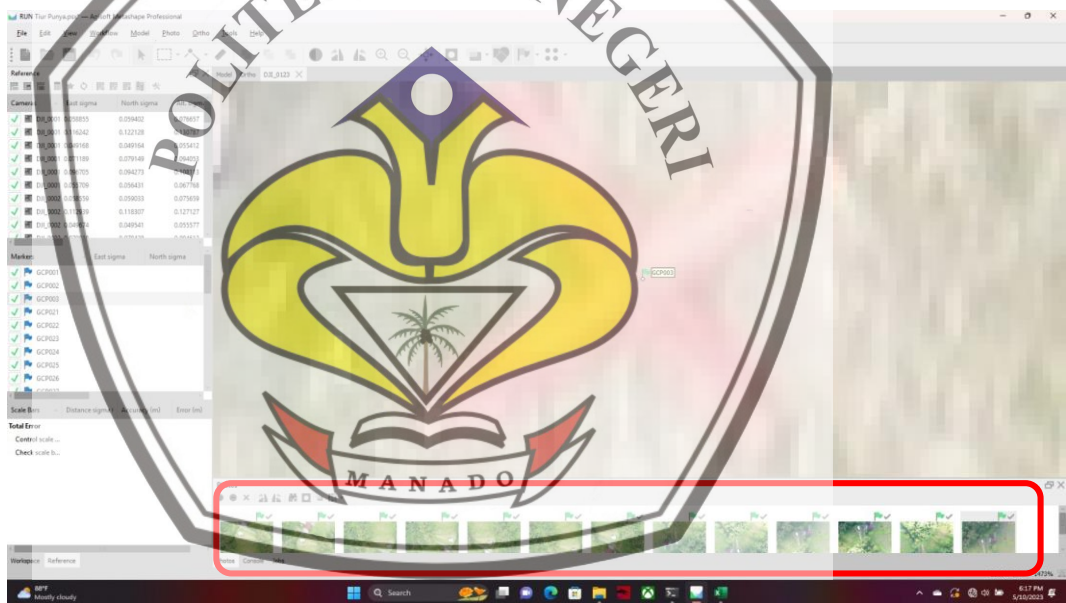


Gambar 3.40 Tahapan Filters Photos by Markers

12. Sesuaikan posisi titik GCP pada gambar dengan memindahkan marker atau titik ke posisi titik GCP. Lakukan ini pada semua foto yang difilter dan simbol bendera pada foto berubah dari warna abu-abu ke hijau.



Gambar 3.41 Tahapan Penyesuaian Lokasi Titik GCP dengan Foto

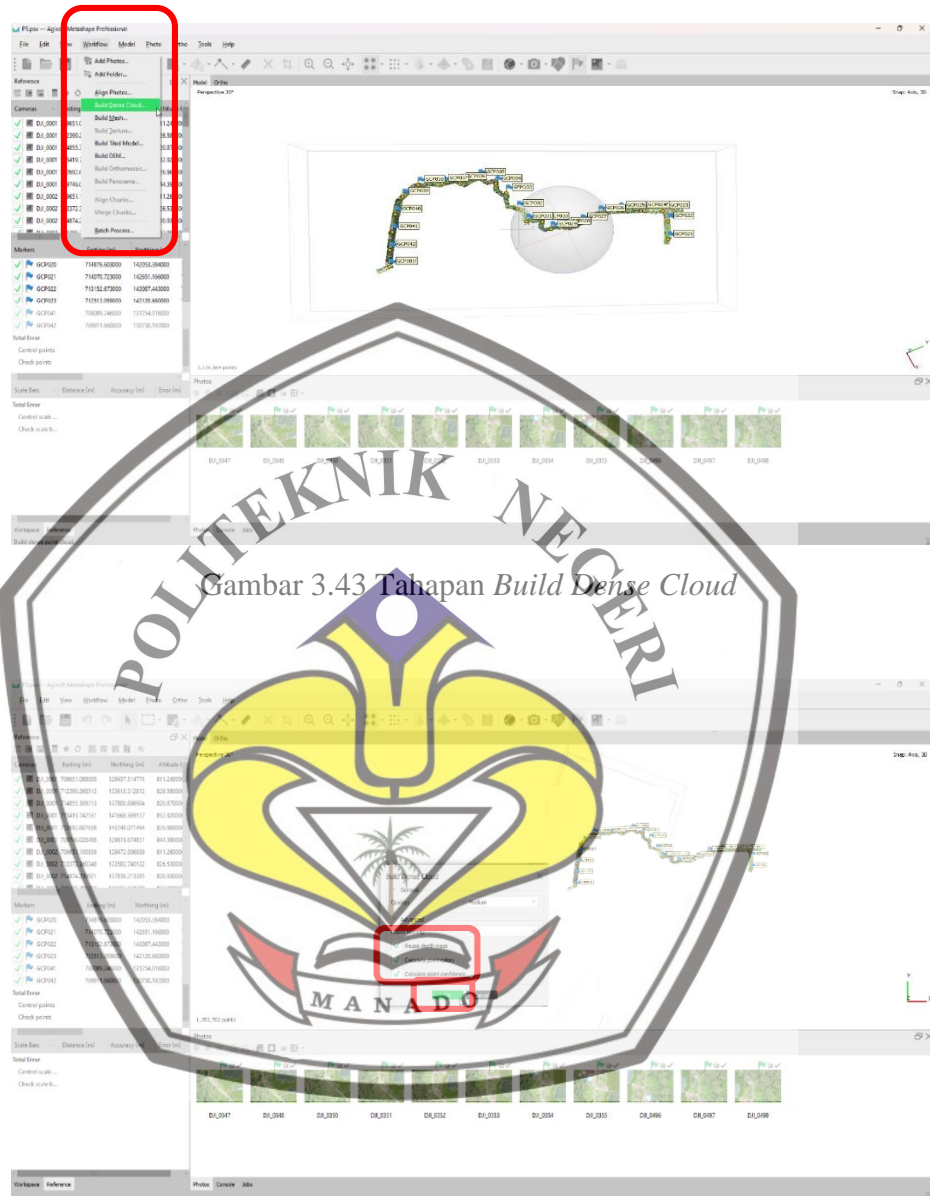


Gambar 3.42 Tampilan Penyesuaian Lokasi Titik GCP dengan Foto, Selesai

**Build Dense Cloud**

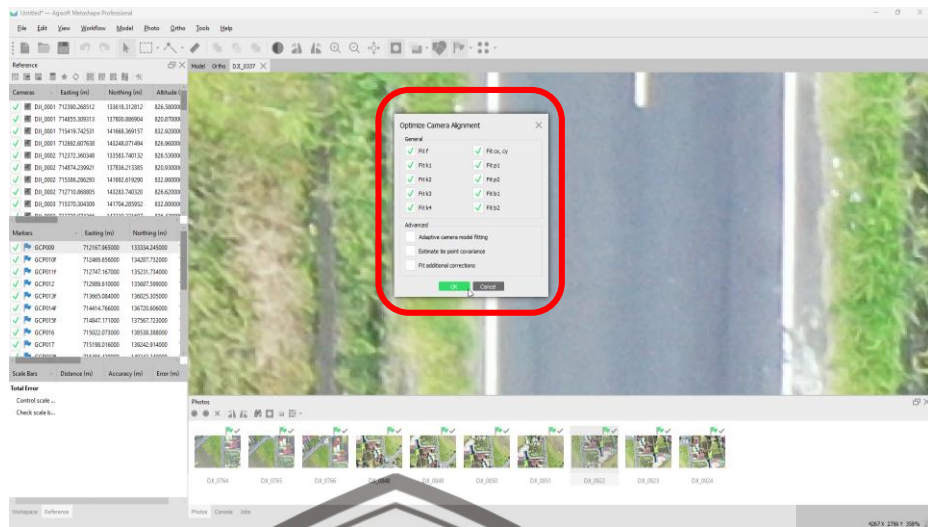
*Build Dense Cloud* merupakan kumpulan titik tinggi dalam jumlah yang sangat banyak yang dihasilkan dari proses fotogrametri foto udara.

- Pilih “*Workflow*” pada *menubar* lalu klik “*Build Dense Cloud*” kemudian atur “*Quality*” pilih “*Medium*” lalu centang pada opsi “*Calculate Point Color*” dan “*Calculate Point Confidence*” > klik “*Ok*”.



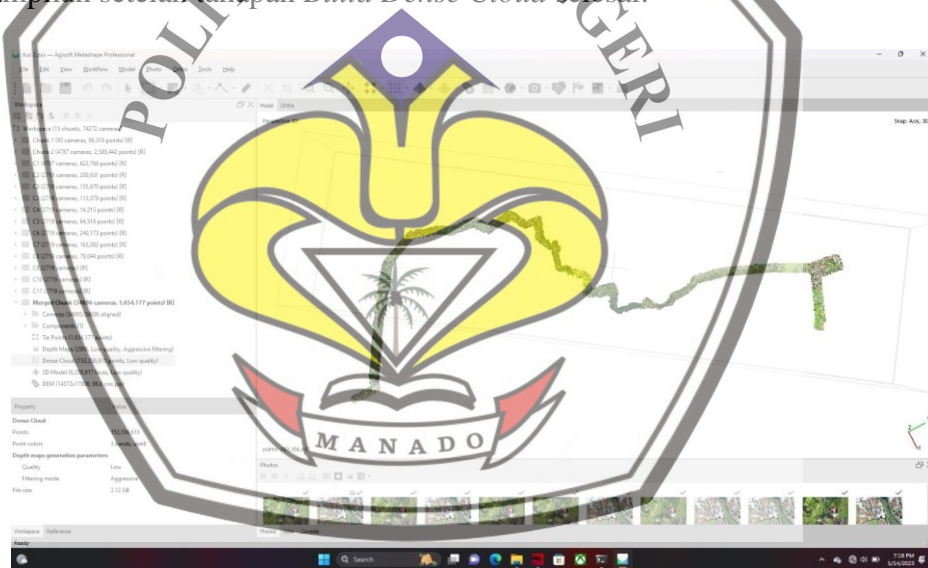
Gambar 3.44 Pengaturan *Build Dense Cloud*

- Kemudian akan muncul kotak dialog “*Optimize Camera Alignment*” pastikan pada “*General*” tercentang semua > klik “*Ok*”



Gambar 3.45 Pengaturan *Optimize Camera Alignment*

Tampilan setelah tahapan *Build Dense Cloud* selesai:

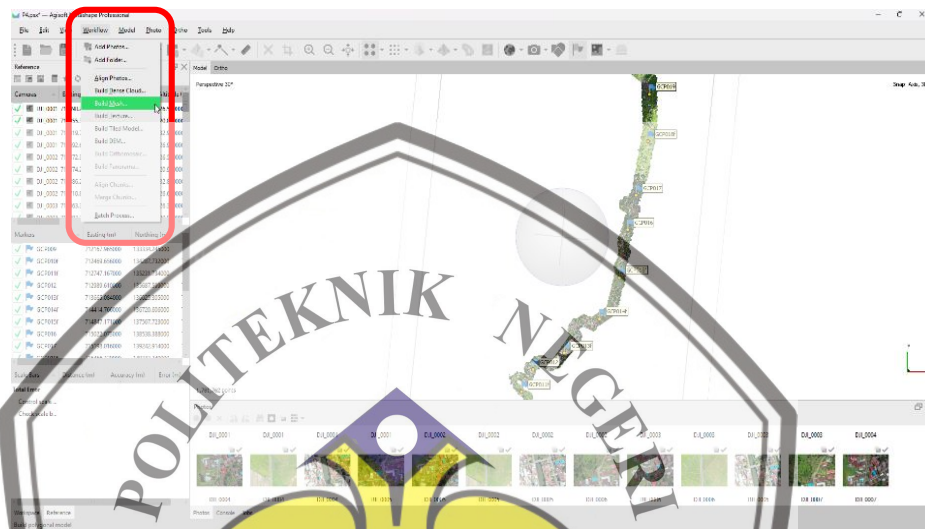


Gambar 3.46 Tampilan Ketika *Build Dense Cloud* Selesai

### Build Mesh

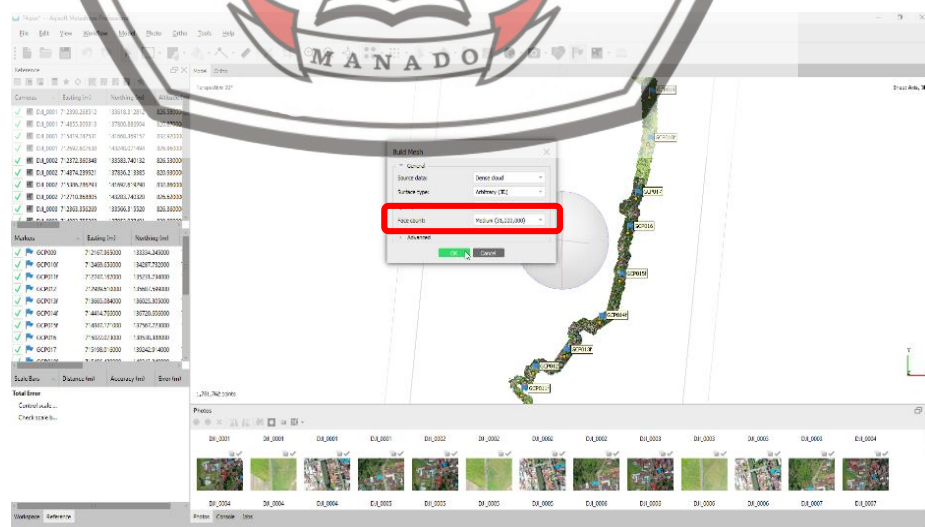
*Build Mesh* adalah proses pembangunan model 3D. model 3D yang nantinya akan digunakan dalam proses membentuk DEM, TSM, DTM, dan *Orthophoto*.

15. Pilih “Workflow” pada *menubar* lalu pilih “*Build Mesh*”.



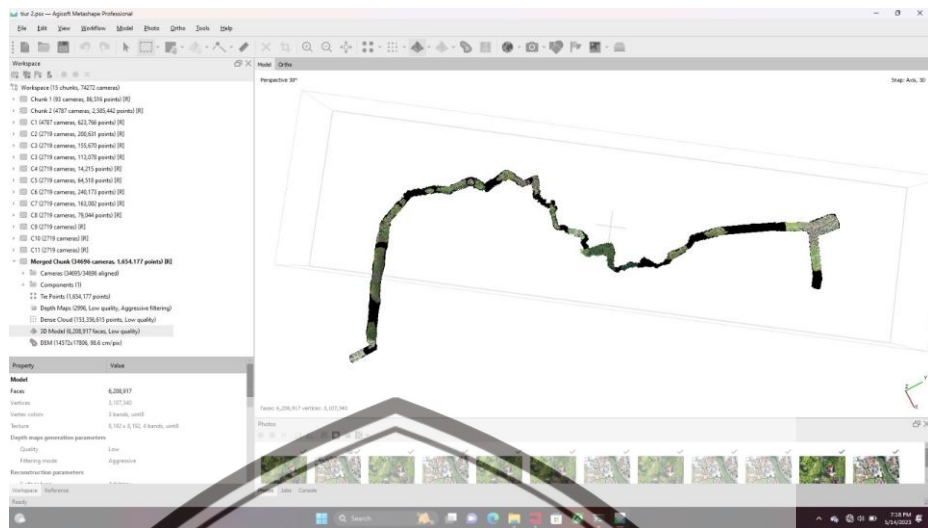
Gambar 3.47 Tahapan *Build Mesh*

16. Setelah itu muncul kotak dialog, pada opsi “Face Count” pilih “Medium” > klik “Ok”



Gambar 3.48 Tahapan Pengaturan *Build Mesh*

Tampilan setelah tahapan “*Build Mesh*”



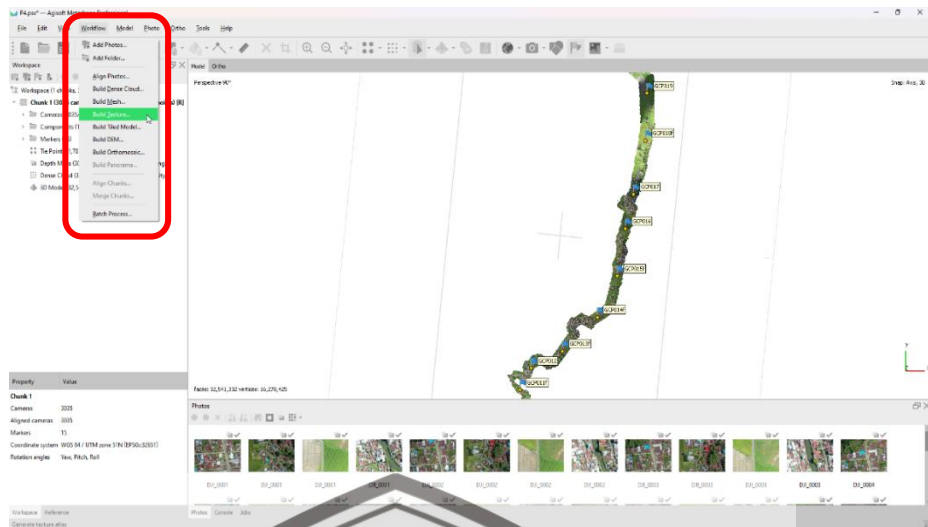
Gambar 3.49 Tahapan Setelah *Build Mesh*

17. Sebelum dilanjutkan ke tahap berikutnya, terlebih dahulu simpan *project*. Klik menu “*File*” kemudian klik “*Save As*” lalu atur lokasi penyimpanan > klik “*OK*”

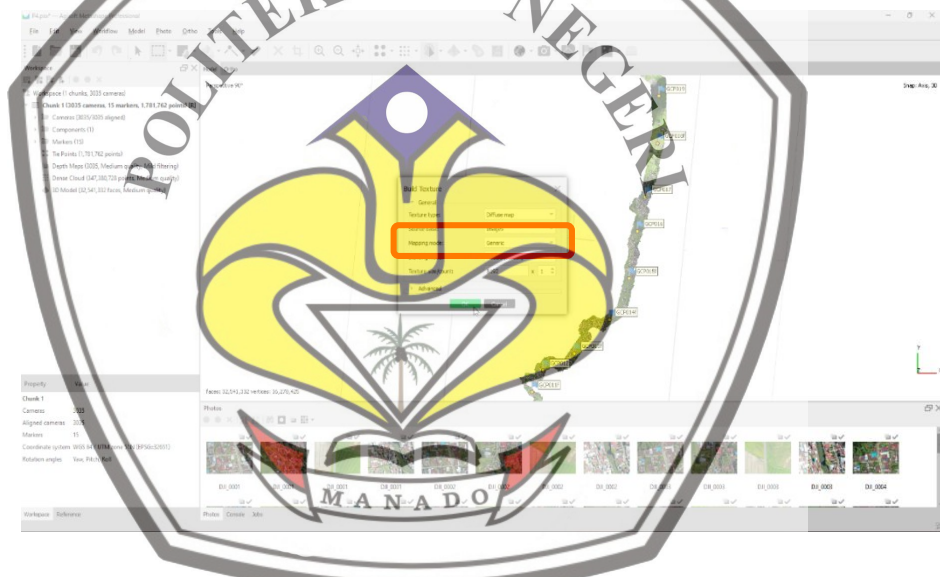
### **Build Texture**

*Build Texture* adalah proses pembentukan model fisik 3D dari tampilan-tampilan yang ada di area liputan foto.

18. Pilih “*Workflow*” pada menubar lalu pilih “*Build Texture*”. Pada opsi *Mapping Mode* pilih “*Generic*” > klik “*OK*”.

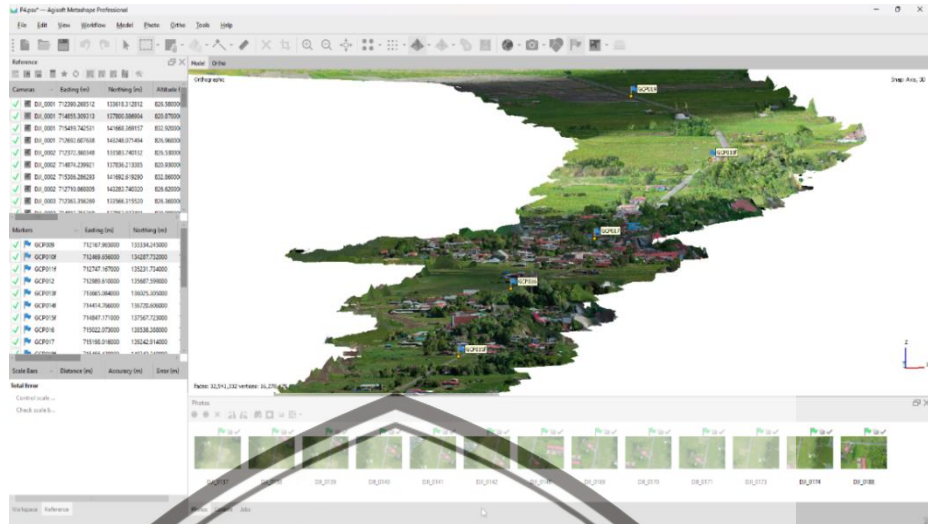


Gambar 3.50 Tahapan *Build Texture*



Gambar 3.51 Tahapan *Pengaturan Build Texture*

Tampilan setelah tahapan *Build Texture*



Gambar 3.52 Tampilan Setelah *Build Texture*

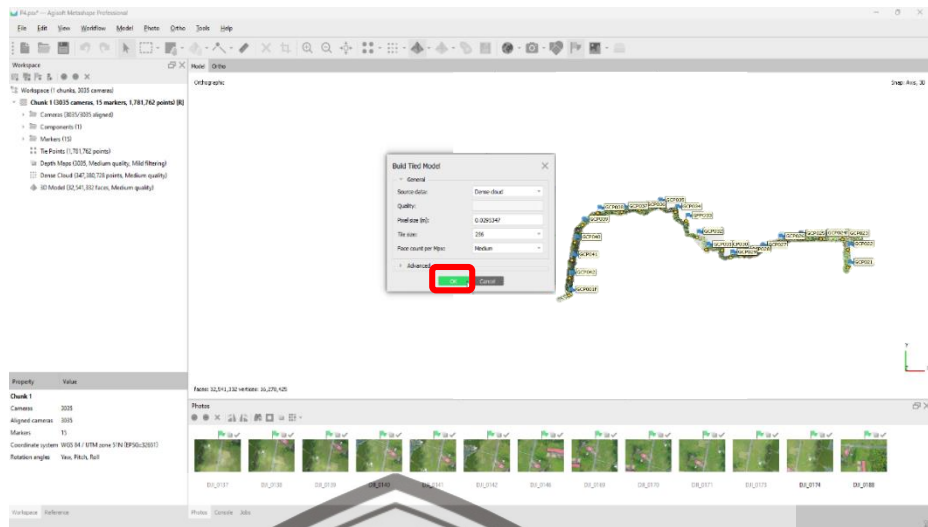
### *Build Tiled Model*

*Build Tiled Model* dibuat berdasarkan *Dense Point Cloud*, *Mesh* atau *Depth Map*.

19. Pilih “*Workflow*” pada *menu* lalu pilih “*Build Tiled Model*” > klik “*Ok*”.

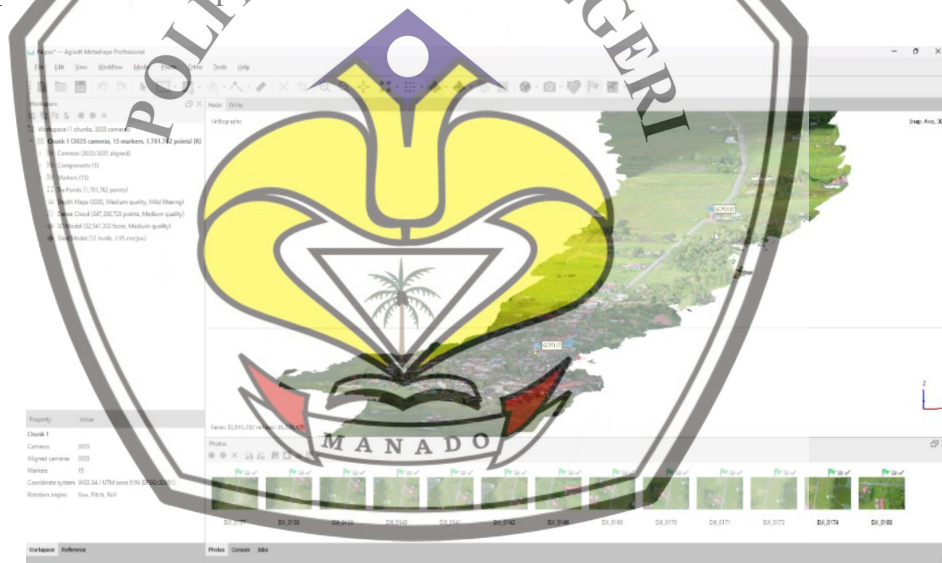


Gambar 3.53 Tahapan *Build Tiled Model*



Gambar 3.54 Tahapan Pengaturan *Build Tiled Model*

Tampilan setelah tahapan *Build Tiled Model*

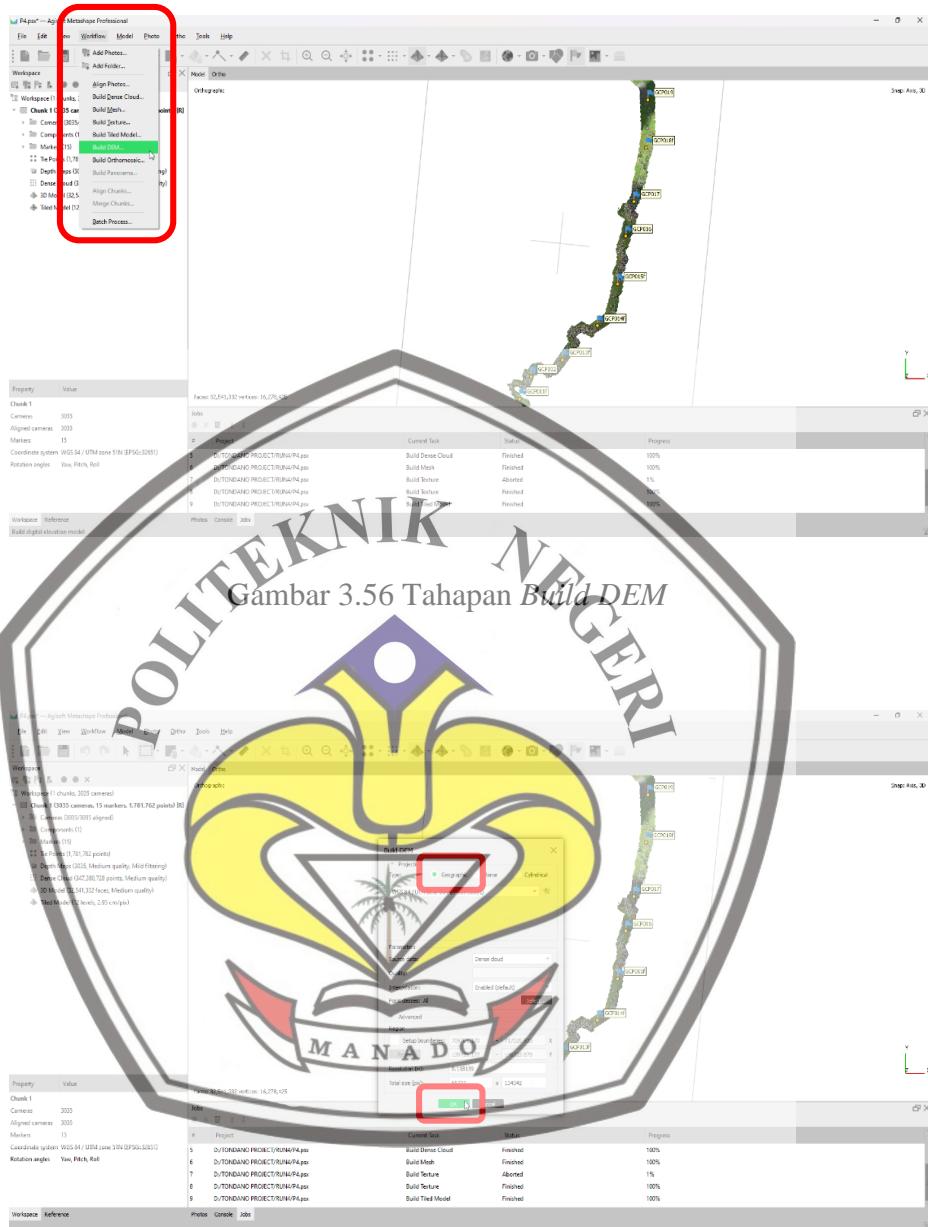


Gambar 3.55 Tampilan Setelah *Build Tiled Model*

### **Build DEM (Digital Elevation Model)**

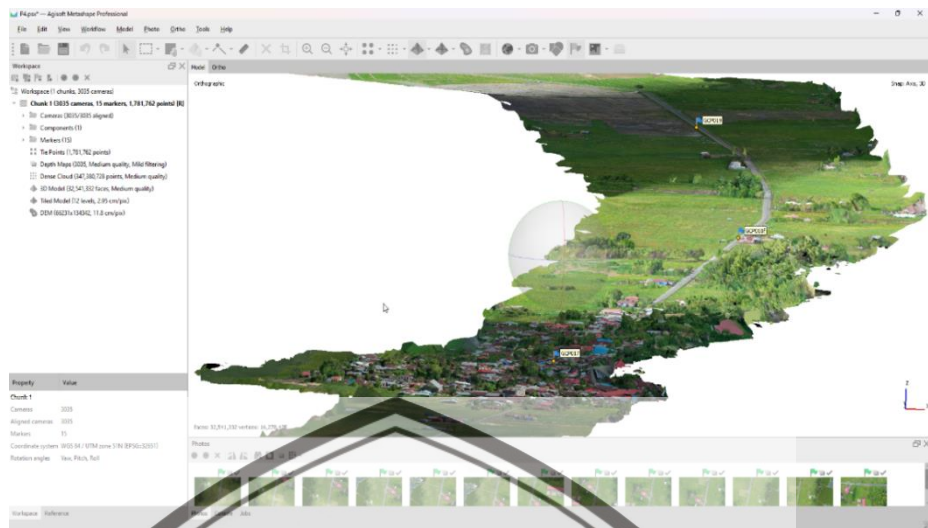
*Build DEM (Digital Elevation Model)* adalah grid raster yang mereferensikan titik awal dari permukaan bumi.

20. Pilih “Workflow” pada *menubar* lalu pilih “Build DEM”. Tipenya pilih opsi “Geographic” > klik “Ok”



Gambar 3.57 Tahapan Pengaturan *Build DEM*

Tampilan setelah tahapan *Build DEM*

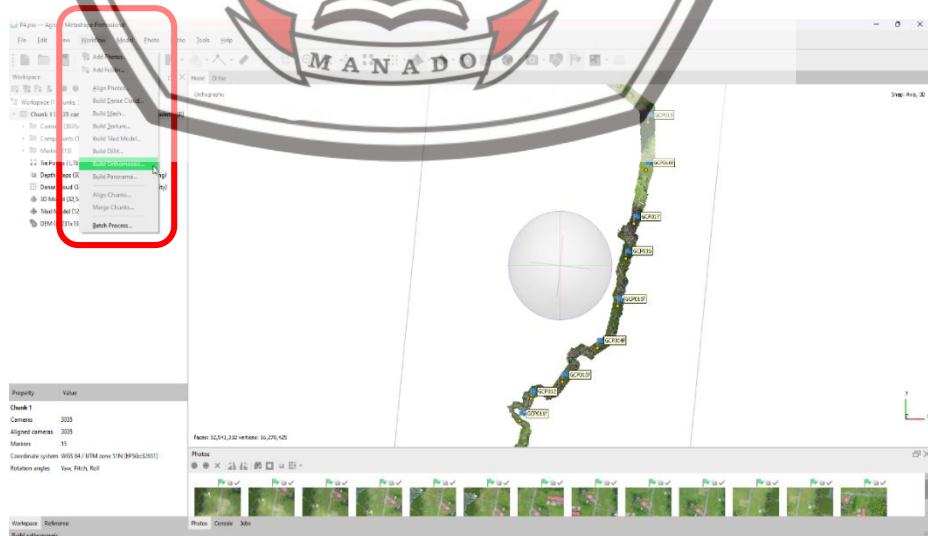


Gambar 3.58 Tampilan Setelah *Build DEM*

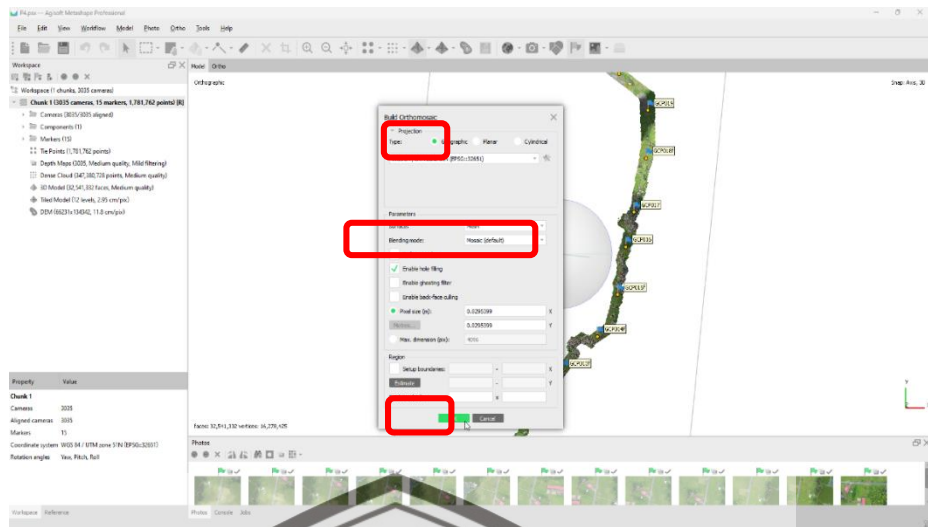
### *Build Orthomosaic*

*Build Orthomosaic* adalah foto udara yang telah dikoreksi kesalahan geometriknnya dengan data DEM dan data GCP untuk digunakan dalam pemetaan.

21. Pilih “*Workflow*” pada *menubar* lalu pilih “*Build Orthomosaic*”. Tipe pilih opsi “*Geographic*”, *Surface* pilih “*Mesh*” > klik “*Ok*”



Gambar 3.59 Tahapan *Build Orthomosaic*



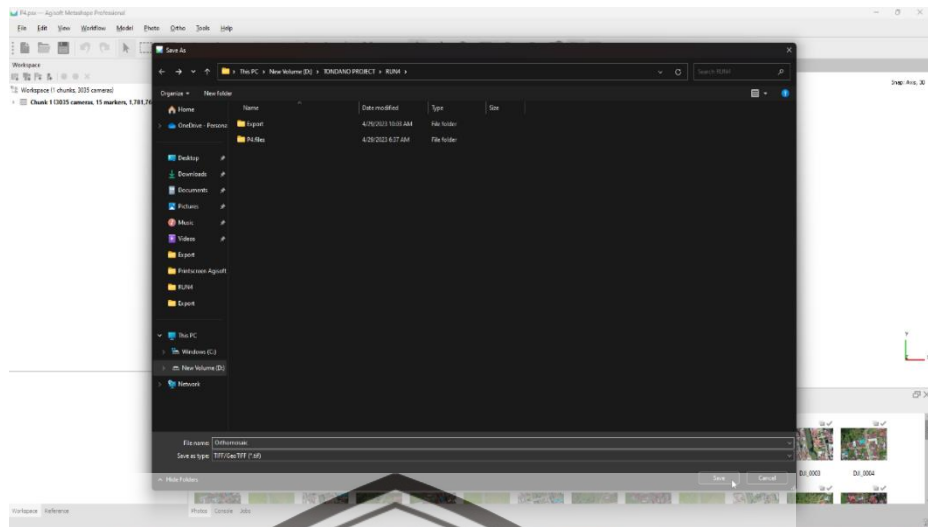
Gambar 3.60 Tahapan Pengaturan *Build Orthomosaic*

Tampilan setelah tahapan *Build Orthomosaic*



Gambar 3.61 Tampilan Setelah *Build Orthomosaic*

22. *Export Orthomosaic* dengan klik “File” pada menu bar lalu pilih “Export” kemudian klik “Export Orthomosaic” > pilih lokasi penyimpanan file, lalu “Save”. Tahapan selesai.

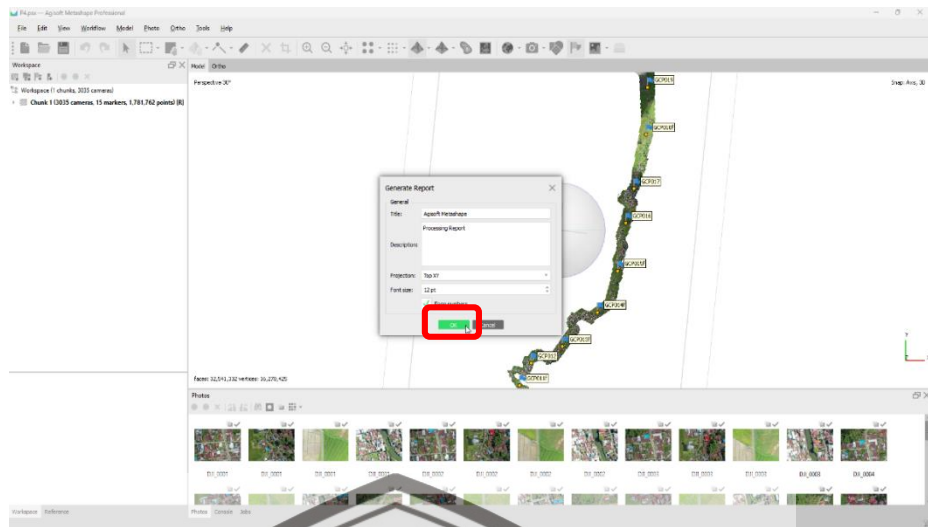


Gambar 3.62 Export Orthomosaic

23. Untuk mengetahui hasil *Georeferencing* dari *Software Agisoft Metashape*, pilih “*File*” kemudian klik “*Export*” lalu klik “*Generate Report*” > klik “*Ok*”.



Gambar 3.63 Tahapan *Generate Report*



Gambar 3.64 Tahapan Pengaturan *Generate Report*

24. Beri nama file dan "Save". Hasil *report data Georeferencing* akan tersimpan sebagai file PDF. Dari hasil *Georeferencing*, akan menjadi data pengolah uji ketelitian peta pada perhitungan di *Software Microsoft Office Excel 2013*.

#### 3.7.4 *Microsoft Office Excel 2013*

Setelah selesai proses *Georeferencing*, maka dilanjutkan dengan perhitungan uji ketelitian akurasi horizontal dan vertical pada *Software Microsoft Office Excel 2013* dengan berdasar pada Perka BIG No 6 tahun 2018.

#Label	X/Easting	Y/Northing	Z/Altitude	Error_(m)	X_error	Y_error	Z_error	X_est	Y_est	Z_est	
GCP001	709727.651000	130304.374000	0.000000	757.884000	0.000175	0.000022	0.000004	-0.000174	709727.651022	130304.374004	757.883826
GCP002	709667.941000	129527.763000	0.000000	763.892000	0.000243	0.000056	-0.000055	-0.000251	709667.941056	129527.762945	763.891749
GCP021	714070.723000	142651.166000	0.000000	757.909000	0.000191	-0.000046	0.000036	-0.000182	714070.722954	142651.166036	757.908818
GCP022	713152.673000	143087.443000	0.000000	755.957000	0.000229	0.000029	0.000018	-0.000226	713152.673029	143087.443018	755.951774
GCP023	712513.059000	143120.660000	0.000000	759.519000	0.000894	-0.000378	0.000045	-0.000809	712513.058622	143120.660045	759.518191
GCP024	712036.165000	142187.112000	0.000000	755.438000	0.000307	-0.002566	-0.001087	0.000343	712036.166434	142187.113087	755.437657
GCP025	711608.809000	141255.866000	0.000000	755.324000	0.002675	-0.002399	0.001174	0.000161	711608.806601	141255.867174	755.324161
GCP026	711326.841000	140301.387000	0.000000	755.407000	0.000112	0.000020	-0.000090	-0.000064	711326.841020	140301.387910	755.404936
GCP027	711391.848000	139333.827000	0.000000	756.751000	0.000276	-0.000042	-0.000024	-0.000271	711391.847958	139333.826976	756.750729
GCP028	711277.229000	138508.389000	0.000000	761.224000	0.000745	-0.000124	0.000146	-0.000720	711277.228876	138508.389146	761.223280
GCP029	711125.302000	137875.924000	0.000000	759.199000	0.000582	-0.000430	0.000277	-0.000279	711125.301570	137875.924277	759.198721
GCP030	710577.928000	137693.083000	0.000000	763.006000	0.000951	0.000095	0.000028	-0.002392	710577.928951	137693.083028	763.003408
GCP031	710250.039000	137031.831000	0.000000	760.553000	0.002127	-0.001201	-0.000028	-0.001756	710250.037799	137031.830972	760.556244
GCP032	709430.380000	136948.533000	0.000000	765.276000	0.001927	0.000843	-0.000457	-0.001672	709430.380843	136948.532543	765.274328
GCP034	707762.330000	136637.580000	0.000000	756.415000	0.000565	0.000047	0.000118	-0.000550	707762.330047	136637.580118	756.414450
GCP035	707114.225000	136103.291000	0.000000	758.703000	0.000946	-0.000348	-0.000103	-0.000876	707114.224660	136103.290897	758.702124
GCP036	706958.956000	135209.683000	0.000000	781.314000	0.000210	0.000001	0.000021	-0.000209	706958.956001	135209.683021	781.318791
GCP037	706705.125000	134431.173000	0.000000	780.299000	0.001606	0.000707	-0.000381	-0.001390	706705.125707	134431.172619	780.297610
GCP038	706295.963000	133422.178000	0.000000	760.420000	0.014644	0.009789	0.000098	-0.010891	706295.972789	133422.178098	760.409109
GCP039	706573.368000	132520.360000	0.000000	766.628000	0.000484	-0.000098	0.000095	-0.000464	706573.367902	132520.360095	766.627536
GCP040	707279.482000	131790.993000	0.000000	762.986000	0.000530	-0.000025	-0.000101	-0.000520	707279.481975	131790.992899	762.985480
GCP041	708089.246000	131254.016000	0.000000	762.764000	0.000389	0.000178	0.000209	-0.000275	708089.246178	131254.016209	762.762725
GCP042	708911.660000	130730.192000	0.000000	758.554000	0.000160	-0.000113	0.000044	-0.000104	708911.659887	130730.192044	758.552896
GFP033	708415.703000	136866.519000	0.000000	759.491000	0.000176	-0.000111	0.000052	-0.000126	708415.702889	136866.519052	759.490874

Gambar 3.65 Report Data Rekaman GCP oleh Alat GPS Geodetik

Untuk “X di Peta” data yang dimasukkan adalah “ $X_{est}$ ”, untuk “X di Pengukuran” data yang dimasukkan adalah “ $X/Easting$ ”, dan untuk “Y di Peta” data yang dimasukkan adalah “ $Y_{est}$ ”, untuk “Y di Pengukuran” data yang dimasukkan adalah “ $Y/Northing$ ”.

Tabel 3.2 Uji Ketelitian Horizontal

No	Nama Titik	X di Peta	X di Pengukuran	dx	dx <sup>2</sup>	Y di Peta	Y di Pengukuran	dy	dy <sup>2</sup>	dx <sup>2</sup> + dy <sup>2</sup>
1	GCP001	709727.651022	709727.651	0.00000	0.00000000	130304.374004	130304.374	0.0000	0.00000000	0.00000000
2	GCP002	709667.941056	709667.941	-0.0001	0.00000000	129327.762945	129327.762	0.0001	0.00000000	0.00000000
3	GCP021	714070.722954	714070.725	0.0000	0.00000000	142651.166036	142651.166	0.0000	0.00000000	0.00000000
4	GCP022	713152.673029	713152.673	0.0000	0.00000000	143087.445918	143087.445	0.0000	0.00000000	0.00000000
5	GCP023	712513.058622	712513.059	0.0004	0.00000000	143120.660043	143120.66	0.0000	0.00000000	0.00000000
6	GCP024	712036.166434	712036.169	0.0026	0.00000666	142187.113087	142187.112	-0.0012	0.00000144	0.00000718
7	GCP025	711608.806601	711608.809	0.0024	0.00000588	141752.867174	141752.866	-0.0001	0.00000001	0.00000689
8	GCP026	711326.841020	711326.841	0.0000	0.00000000	144301.3887910	144301.388	0.0000	0.00000000	0.00000000
9	GCP027	711391.847958	711391.848	0.0000	0.00000000	139333.826976	139333.827	0.0000	0.00000000	0.00000000
10	GCP028	711277.228876	711277.229	0.0001	0.00000000	135508.389146	135508.389	-0.0001	0.00000001	0.00000000
11	GCP029	711125.301570	711125.302	-0.0004	0.00000160	137875.924277	137875.924	-0.0003	0.00000009	0.00000003
12	GCP030	710577.928951	710577.928	-0.0010	0.00000100	137693.083028	137693.083	0.0000	0.00000000	0.00000000
13	GCP031	710250.037799	710250.039	0.0012	0.00000144	137031.830972	137031.831	0.0000	0.00000000	0.00000144
14	GCP032	709430.380843	709430.380	0.0008	0.00000064	136948.532543	136948.533	0.0004	0.00000016	0.00000099
15	GCP033	708415.702889	708415.703	0.0004	0.00000160	136866.519052	136866.519	-0.0001	0.00000001	0.00000000
16	GCP034	707762.330047	707762.330	0.0000	0.00000000	136637.581118	136637.58	-0.0001	0.00000001	0.00000000
17	GCP035	707114.224660	707114.225	0.0003	0.00000009	136103.390897	136103.391	0.0001	0.00000001	0.00000001
18	GCP036	706958.956001	706958.956	0.0000	0.00000000	135209.683021	135209.683	0.0000	0.00000000	0.00000000
19	GCP037	706705.123707	706705.125	-0.0007	0.00000049	134431.172509	134431.173	0.0004	0.00000016	0.00000066
20	GCP038	706295.972789	706295.993	-0.0098	0.00009604	13422.18098	13422.178	-0.0001	0.00000001	0.00009558
21	GCP039	706573.367902	706573.368	0.0001	0.00000001	13250.360095	13250.36	-0.0001	0.00000001	0.00000000
22	GCP040	707279.481975	707279.482	0.0000	0.00000000	131790.992899	131790.993	0.0001	0.00000001	0.00000000
23	GCP041	708089.246178	708089.246	-0.0002	0.00000004	131254.016209	131254.016	-0.0002	0.00000004	0.00000001
24	GCP042	708911.659887	708911.660	0.0001	0.00000001	130730.192044	130730.192	0.0000	0.00000000	0.00000000
Jumlah										0.0001154
Rata-rata										0.0000048
RM/Ser										0.0021927
Akurasi Horizontal 90%										0.003

- Hasil “dx” didapat dari “X di Pengukuran” dikurangi “X di Peta”
- Hasil “dx<sup>2</sup>” didapat dari “dx” dipangkat dua
- Hasil “dy” didapat dari “Y di Pengukuran” dikurangi “Y di Peta”
- Hasil “dy<sup>2</sup>” didapat dari “dy” dipangkat dua
- Hasil “dx<sup>2</sup> + dy<sup>2</sup>” didapat dari “dx<sup>2</sup>” ditambah “dy<sup>2</sup>”
- Hasil “Jumlah” didapat dari seluruh hasil “dx<sup>2</sup> + dy<sup>2</sup>” dari seluruh titik GCP yang dijumlahkan
- Hasil “Rata-rata” didapat dai hasil “Jumlah” dibagi 24 (sesuai jumlah GCP)
- Hasil “RMSer” didapat dari perhitungan akar dari hasil “Rata-rata”
- Hasil ”Akurasi Horizontal” didapat dari perhitungan koefisien 1,51575 dikalikan dengan hasil “RSMer”
  - Hasil ”Akurasi Horizontal” yaitu 0,003 m atau 3 mm.

Contoh perhitungan manual ketelitian horizontal :

**Rumus** dx = X di Pengukuran (*X/Easting*) - X di Peta (*X\_est*)

dx<sup>2</sup> = dx pangkat 2

dy = Y di Pengukuran (*Y/Northing*) - Y di Peta (*Y\_est*)

dy<sup>2</sup> = dy pangkat 2

dx<sup>2</sup>+ dy<sup>2</sup> = dx<sup>2</sup> ditambahkan dengan dy<sup>2</sup>

Jumlah = hasil dari penjumlahan pada kolom dx<sup>2</sup>+ dy<sup>2</sup>

Rata-rata = Jumlah : jumlah GCP

RMSer = Akar dari hasil rata-rata

Akurasi Horizontal 90% = 1,5175 x RMSEr

Penyelesaian :

$$\text{GCP 24 : dx (0.0026)} = 712036.169 - 712036.166434$$

$$0.0026^2 = 0.0000066$$

$$\text{dy (-0.0011)} = 142187.112 - 142187.113087$$

$$-0.0011^2 = 0.0000012$$

$$\text{dx}^2 + \text{dy}^2 = 0.0000078$$

$$\text{Jumlah} = 0.0001154$$

$$\text{Rata-rata} = 0.0000048$$

$$\text{RMSer} = 0.0021927$$

$$\text{Akurasi Horizontal 90\%} = 0.003$$

Untuk “Z di Peta” data yang dimasukkan adalah “Z<sub>est</sub>”, untuk “Z di Pengukuran” data yang dimasukkan adalah “Z/Altitude”.



Tabel 3.3 Uji Ketelitian Vertikal

No	Nama Titik	Z di Peta	Z di Pengukuran	dz	dz2
1	GCP001	757.883826	757.884	0.0002	0.0000000
2	GCP002	763.891749	763.892	0.0003	0.0000001
3	GCP021	757.908818	757.909	0.0002	0.0000000
4	GCP022	755.951774	755.952	0.0002	0.0000001
5	GCP023	759.518191	759.519	0.0008	0.0000007
6	GCP024	755.437657	755.438	0.0003	0.0000001
7	GCP025	755.324161	755.324	-0.0002	0.0000000
8	GCP026	755.404936	755.405	0.0001	0.0000000
9	GCP027	756.750729	756.751	0.0003	0.0000001
10	GCP028	761.22328	761.224	0.0007	0.0000005
11	GCP029	759.198721	759.199	0.0003	0.0000001
12	GCP030	763.003408	763.006	0.0026	0.0000067
13	GCP031	760.556244	760.558	0.0018	0.0000031
14	GCP032	765.274328	765.276	0.0017	0.0000028
15	GCP033	756.41445	756.415	0.0005	0.0000003
16	GCP034	758.702124	758.703	0.0009	0.0000008
17	GCP035	781.318791	781.319	0.0002	0.0000000
18	GCP036	780.29761	780.299	0.0014	0.0000019
19	GCP037	760.409109	760.42	0.0109	0.0001186
20	GCP038	766.627336	766.628	0.0005	0.0000002
21	GCP039	762.98548	762.986	0.0003	0.0000003
22	GCP040	762.762725	762.763	0.0003	0.0000001
23	GCP041	758.552896	758.553	0.0001	0.0000000
24	GCP042	759.490874	759.491	0.0001	0.0000000
				<b>Jumlah</b>	<b>0.0001192</b>
				<b>Rata-rata</b>	<b>0.0000050</b>
				<b>RMSez</b>	<b>0.0022286</b>
				<b>Akurasi Vertikal 90%</b>	<b>0.004</b>

- Hasil “dz” didapat dari “Z di Pengukuran” dikurangi “Z di Peta”
- Hasil “dz2” didapat dari “dz” dipangkatkan dua
- Hasil “Jumlah” didapat dari seluruh hasil “dz2” dari seluruh titik GCP yang dijumlahkan
- Hasil “Rata-rata” didapat dari hasil “Jumlah” dibagi 24 (sesuai jumlah GCP)
- Hasil “RMSez” didapat dari perhitungan akar dari hasil “Rata-rata”
- Hasil “Akurasi Vertikal” didapat dari perhitungan koefisien 1,6499 dikalikan dengan hasil “RMSez”
  - Hasil “Akurasi Vertikal” yaitu 0,004 m atau 4 mm.

Contoh perhitungan manual ketelitian vertikal :

**Rumus**

$$dz = Z \text{ di Pengukuran (Z/Altitude)} - Z \text{ di Peta (Z}_{est})$$

$$dz^2 = dz \text{ pangkat } 2$$

$$\text{Jumlah} = \text{hasil dari penjumlahan pada kolom } dz^2$$

$$\text{Rata-rata} = \text{Jumlah} : \text{jumlah GCP}$$

$$\text{RMSer} = \text{Akar dari hasil rata-rata}$$

$$\text{Akurasi Horizontal 90\%} = 1,6499 \times \text{RMSEz}$$

Penyelesaian :

$$\text{GCP 24 : } dz (0,0003) = 755,438 - 755,437657$$

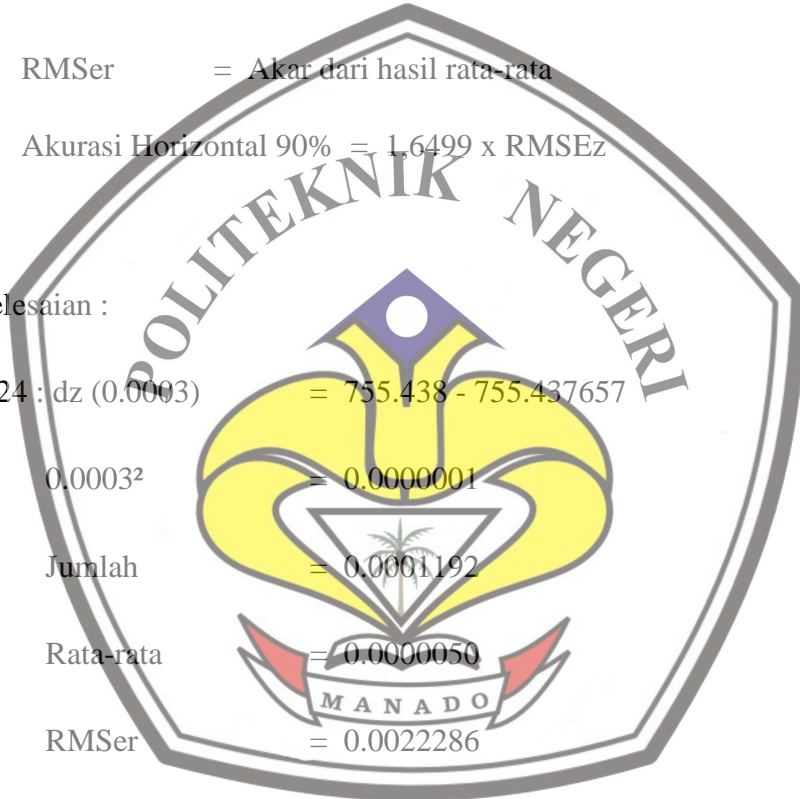
$$0,0003^2 = 0,0000001$$

$$\text{Jumlah} = 0,0001192$$

$$\text{Rata-rata} = 0,0000050$$

$$\text{RMSer} = 0,0022286$$

$$\text{Akurasi Horizontal 90\%} = 0,004$$



## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil

##### 4.1.1 Jalur Terbang

Langkah awal dalam akuisisi data foto udara dalam penelitian ini adalah pembuatan jalur terbang. Jalur terbang dibuat sesuai dengan kebutuhan dan sangat perlu juga memperhatikan estimasi waktu terbang yang disesuaikan dengan baterai. Untuk pengambilan data foto udara di ruas jalan lingkar Danau Tondano ini menggunakan *DJI Mavic 2 Pro*. Gambar 4.1 di bawah ini memperlihatkan salah satu jalur terbang yang dibuat di *Pix4d Capture*.



Gambar 4.1 Jalur Terbang *Drone* dalam *Pix4d Capture*

Waktu pelaksanaan mulai dari pembuatan *bench mark*, pengambilan koordinat GCP, sampai pada pemotretan foto udara dilaksanakan selama 8 (delapan) hari pada tanggal 11, 12, 13, 15, 17, 18, 19 dan 23 Maret 2023. Panjang jalan yang dipetakan yaitu 44,2 kilometer dan panjang jalan yang dibahas dalam penelitian ini adalah 22,1 kilometer.

#### 4.1.2 Hasil Pengukuran *Ground Control Point* (GCP)

Pengukuran *Ground Control Point* (GCP) menggunakan alat GPS Geodetik. Pengukuran GCP ini dilakukan pada titik yang sudah diberikan *bench mark* yang berjumlah 42 sebagai titik pengikat daerah akuisisi data foto udara dengan jarak antar GCP yaitu kurang lebih 1 (satu) kilometer.

Hasil pengukuran GPS Geodetik berupa data koordinat *Easting*, *Northing*, dan *Altitude* yang terhubung dengan system koordinat WGS 84/UTM sona 51 N dan sudah terkoreksi CORS BIG yang berlokasi di Kota Manado. Koordinat GCP di bawah ini diperoleh dengan menggunakan GPS Geodetik dengan metode NTRIP. Berikut hasil perekaman dan pengukuran GCP.

Tabel 4.1 Koordinat GCP

Name	X/Easting	Y/Northing	Z/Altitude
GCP001	709727.651	130304.374	757.884
GCP002	709667.941	129327.763	763.892
GCP021	714070.723	142651.166	757.909
GCP022	713152.673	143087.443	755.952
GCP023	712513.059	143120.66	759.519
GCP024	712036.169	142187.112	755.438
GCP025	711608.809	141255.866	755.324
GCP026	711326.841	140301.388	755.405
GCP027	711391.848	139333.827	756.751
GCP028	711277.229	138508.389	761.224
GCP029	711125.302	137875.924	759.199
GCP030	710577.928	137693.083	763.006
GCP031	710250.039	137031.831	760.558
GCP032	709430.38	136948.533	765.276
GFPO33	708415.703	136866.519	759.491
GCP034	707762.33	136637.58	756.415
GCP035	707114.225	136103.291	758.703
GCP036	706958.956	135209.683	781.319
GCP037	706705.125	134431.173	780.299
GCP038	706295.963	133422.178	760.42
GCP039	706573.368	132520.36	766.628
GCP040	707279.482	131790.993	762.986
GCP041	708089.246	131254.016	762.763
GCP042	708911.66	130730.192	758.553



Gambar 4.2 Sebaran titik GCP

Perlu diketahui letak titik GCP pada ruas jalan lingkar Danau Tondano STA 22+100 – STA 44+200 sebagai berikut :

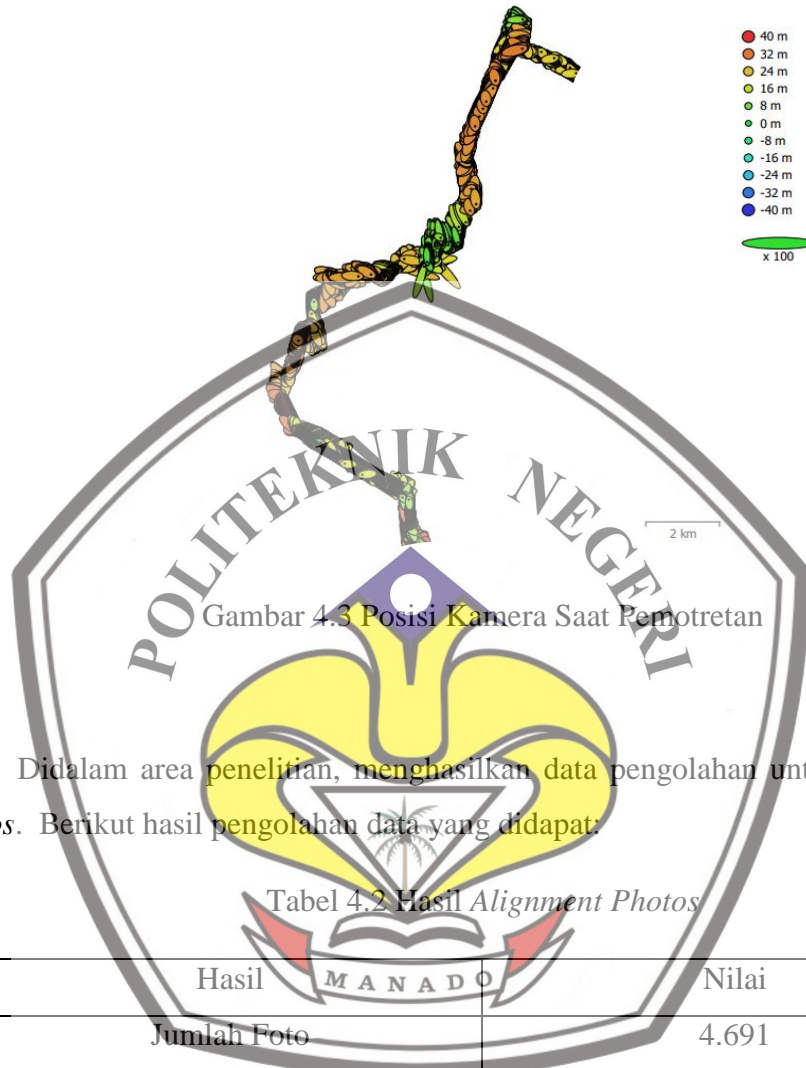
1. Letak GCP 21 berada di desa Kiniar
2. Letak GCP 22 berada di desa Kiniar
3. Letak GCP 23 berada di desa Roong
4. Letak GCP 24 berada di desa Tounsaru
5. Letak GCP 25 berada di desa Tounsaru
6. Letak GCP 26 berada di desa Tounsaru
7. Letak GCP 27 berada di desa Tounsaru
8. Letak GCP 28 berada di desa Paleloan
9. Letak GCP 29 berada di desa Paleloan
10. Letak GCP 30 berada di desa Paleloan
11. Letak GCP 31 berada di desa Urongo
12. Letak GCP 32 berada di desa Urongo
13. Letak GCP 33 berada di desa Leleko
14. Letak GCP 34 berada di desa Leleko
15. Letak GCP 35 berada di desa Sendangan
16. Letak GCP 36 berada di desa Sendangan
17. Letak GCP 37 berada di desa Kaima
18. Letak GCP 38 berada di desa Passo
19. Letak GCP 39 berada di desa Passo
20. Letak GCP 40 berada di desa Tountimomor
21. Letak GCP 41 berada di desa Tountimomor
22. Letak GCP 42 berada di desa Talikuran
23. Letak GCP 1 berada di desa Kakas
24. Letak GCP 2 berada di desa Kakas

#### **4.1.3 Pengolahan *Orthophoto***

*Alignment photos* adalah langkah awal untuk pengolahan menjadi *Orthophoto*. Hasil akuisisi foto udara disatukan atau digabungkan hingga menjadi

kesatuan foto yang besar. Gambar 4. Di bawah ini memperlihatkan posisi kamera saat pemotretan.

### Camera Locations



Gambar 4.3 Posisi Kamera Saat Pemotretan

Didalam area penelitian, menghasilkan data pengolahan untuk *Alignment photos*. Berikut hasil pengolahan data yang didapat:

Tabel 4.2 Hasil *Alignment Photos*

Hasil	Nilai
Jumlah Foto	4.691
Tinggi Terbang	120 m
GSD	2.91 cm/pix
Panjang Wilayah	22.1 kilometer
<i>Tie Point</i>	3.636.488

Didapati banyaknya pertampalan hasil foto berupa titik *tie point* sebanyak 3.626.749 titik, maka proses *alignment photos* sudah berhasil. Tahap berikutnya adalah *dense cloud*. *Dense cloud* adalah kumpulan titik-titik *tie point* dalam jumlah

tertentu yang disebut dengan *point cloud*. Pada gambar 4.28 dan 4.29 berikut ini memperlihatkan proses *dense cloud* untuk penyajian *orthophoto*.



Gambar 4.4 Hasil *Dense Cloud* (Keseluruhan)

Gambar 4.5 Hasil *Dense Cloud* (Sebagian)

Setelah melewati tahap *dense cloud*, selanjutnya tahap pembentukan *Mesh* dan *Texture*. Setelah selesai pada tahapan *mesh* dan *texture*, maka akan dilanjutkan dengan tahap *Tiled Model* dan DEM. Tahap terakhir yaitu tahap pembuatan *Orthomosaic* yang akan membentuk *Orthophoto* yang akan dilanjutkan pada tahap

analisis ketelitian peta dan nilai *error* GCP. Setelah itu dilanjutkan pada tahap menganalisis *error* GCP antara *orthophoto* dan titik ikat bumi.



Gambar 4.6 Hasil *Orthophoto* (Keseluruhan)



Gambar 4.7 Hasil *Orthophoto* (Sebagian)

#### 4.1.4 Analisa *Error* Uji Ketelitian Akurasi

Analisa *error* ketelitian akurasi pada titik ikat muka bumi vertical dan horizontal terhadap *orthophoto*, membuktikan bahwa nilai akurasi GCP pada penelitian ini ( STA 22+100 – STA 44+200) sebagai berikut :

Tabel 4.3 Hasil Nilai *Error* Uji Ketelitian Akurasi

Ketelitian	Hasil Uji Peta Skala 1:1000			
	CE dan LE 90	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0.003	0.3	0.6	0.9
Vertikal	0.004	0.2	0.3	0.4

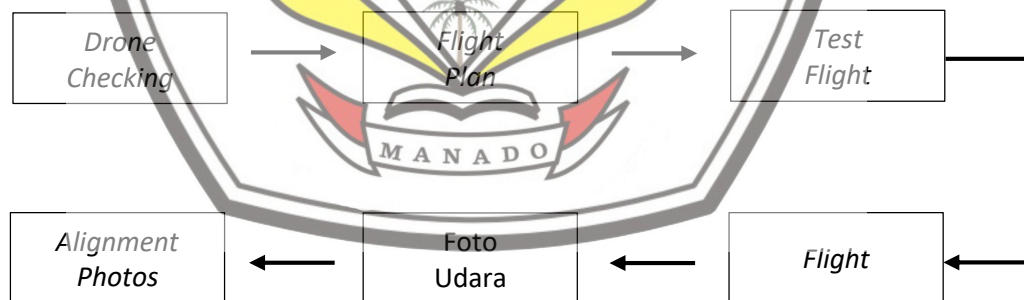
#### 4.1.5 Layout Peta Skala 1:1000

Pada tahapan ini bertujuan untuk menghasilkan orthophoto dan juga analisis akurasi yang telah membuktikan bahwa proses pemetaan udara layak untuk dilanjutkan ketahap pembuatan sebuah peta sebagai produk akhir dalam penelitian ini. Proses *layout* menggunakan *software ArcGIS*, yang dimana *software* ini hanyalah sebagai aplikasi penunjang dalam pembuatan *output* penelitian.

#### 4.2 Pembahasan

Berdasarkan hasil dalam penelitian diatas, yang dihasilkan adalah sebagai berikut:

##### 4.2.1 Prosedur Penggunaan DJI Mavic 2 Pro Dalam Melakukan Akuisisi Data



Gambar 4.8 Proses Akuisisi Data

Berikut ini adalah penjelasan dari diagram alir akuisisi data menggunakan DJI Mavic 2 Pro:

- 1) Drone Checking adalah pemeriksaan drone dan remot kontrol sebelum proses fotogrametri. Mulai dari kalibrasi IMU, kompas, koneksi GPS serta kartu

memory yang terpasang pada drone. Drone Checking ini dilakukan pada aplikasi DJI Go 4.

- 2) Flight Plan ini meliputi pembuatan grid jalur terbang, setting side overlap, waktu terbang serta kecepatan dan tinggi drone terbang. Membuat jalur terbang dengan menggunakan aplikasi Pix4D Capture.
- 3) Test Flight merupakan tahapan setelah Drone Checking. Test Flight bertujuan untuk pengecekan seluruh system apakah berfungsi sebagaimana yang telah di setting sebelumnya.
- 4) Flight ini dilakukan sesuai dengan Flight Plan yang sudah dibuat. Pemilihan lokasi untuk take off juga harus diperhatikan, seperti lokasi take off tidak jauh dari posisi start dan finish drone, saat drone take off pastikan bagian atas tidak terhalang/terbuka untuk memastikan take off aman dan signal juga aman.
- 5) Setelah proses fotogrametri selesai, laksanakan proses alignment photos.

#### 4.2.2 Analisis *Georeferencing*

Analisis *Georeferencing* adalah analisis tingkat *error* pembuatan titik GCP antar gambar pada *Software Agisoft Metashape*. Pada tabel 4.4 di bawah ini memperlihatkan hasil *error Georeferencing*.



Tabel 4.4 Total *error Georeferencing*

Label	X error (mm)	Y error (mm)	Z error (mm)	Total (mm)	Image (pix)
GCP001f	0.0220655	0.00360732	-0.173556	0.17499	1.460 (3)
GCP002f	0.0561979	-0.0547241	-0.250969	0.262941	1.261 (30)
GCP021	-0.0464148	0.0360598	-0.182114	0.191364	0.846 (16)
GCP022	0.0286833	0.0184396	-0.226215	0.228771	1.047 (16)
GCP023	-0.377867	0.0446022	-0.808659	0.893701	0.582 (21)
GCP024f	-2.56551	1.08675	-0.343346	2.80727	0.498 (31)
GCP025	-2.39859	1.17382	0.160787	2.67524	0.548 (26)
GCP026	0.0195411	-0.0902228	-0.063562	0.112081	1.033 (19)
GCP027	-0.0420854	-0.024227	-0.271343	0.275654	0.529 (16)
GCP028	-0.124002	0.145587	-0.719531	0.744511	0.744 (18)
GCP029	-0.429582	0.277403	-0.278502	0.582286	0.658 (22)
GCP030	0.950549	0.0276194	-2.59185	2.7603	3.135 (25)
GCP031	-1.20065	-0.0280127	-1.75595	2.12736	2.980 (51)
GCP032	0.842503	-0.456952	-1.67168	1.92695	2.478 (33)
GCP034	0.0470741	0.117658	-0.550428	0.564828	0.780 (29)
GCP035	-0.340481	-0.103435	-0.876495	0.945976	1.424 (20)
GCP036	0.00103568	0.0208928	-0.208607	0.209653	1.836 (31)
GCP037	0.707096	-0.381249	-1.39019	1.6056	0.793 (12)
GCP038	9.78941	0.0984892	-10.8908	14.6442	2.708 (11)
GCP039	-0.0983126	0.0950297	-0.464487	0.484194	0.882 (7)
GCP040	-0.0246591	-0.10148	-0.519883	0.530268	0.562 (26)
GCP041	0.177751	0.209116	-0.27523	0.388685	0.503 (24)
GCP042	-0.112679	0.0439795	-0.104289	0.159709	0.644 (23)
GFPO33	-0.111206	0.0523732	-0.125862	0.175929	0.877 (8)
<b>Total</b>	<b>2.16274</b>	<b>0.361162</b>	<b>2.38476</b>	<b>3.23959</b>	<b>1.607</b>

Table 15. Control points.

X - Easting, Y - Northing, Z - Altitude.

Tabel 4.4 diatas adalah kesalahan total *Error Georeferencing*, dimana tingkat konsistensi penempatan titik sangat kecil karena hanya dalam milimeter, dan ketika terjadi *Error* yang sangat tinggi, titik geser GCP perlu diubah lagi.

### 4.2.3 Ketelitian Vertikal dan Horizontal

Perhitungan ketelitian geometrik vertikal dan horizontal yang dihitung, dilakukan sesuai dengan perhitungan berdasarkan Peraturan Badan Informasi Geospasial No. 6 Tahun 2018 tentang Perubahan Atas peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No 6 tahun 2018 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Uji ketelitian pada penelitian ini dilakukan terhadap koordinat horizontal (X,Y) dan koordinat vertikal (Z).

*Root Mean Square Error* (RMSE) adalah akar kuadrat dari perbedaan antara nilai koordinat data dan nilai koordinat dari sumber independen dengan presisi yang lebih tinggi. *Circular Error 90%* (CE90) adalah akurasi pengukuran geometri horizontal yang didefinisikan sebagai radius lingkaran yang menunjukkan kesalahan 90% atau perbedaan posisi horizontal objek pada peta dengan posisi sebenarnya yang dianggap tidak lebih besar dari radius tersebut.

*Linear error 90%* (LE90) adalah ketelitian geometrik vertikal (ketinggian), yaitu nilai jarak menunjukkan bahwa 90% error atau perbedaan nilai ketinggian objek dipetakan ke nilai ketinggian sebenarnya yang tidak lebih besar dari nilai jarak tersebut.

Nilai CE90 dan LE90 dapat diperoleh dengan rumus standar US NMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) sebagai berikut:

$$CE90 = 1,5175 \times RMSEr \dots\dots\dots(4.3)$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSEz \dots\dots\dots(4.4)$$

dengan,

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

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

Dari hasil pengolahan data didapati nilai RMSEr sebesar 0,00219 meter. Standar akurasi menurut NMAS (*National Map Accuracy Standar*) adalah :

Akurasi Horizontal NMAS = CE90 = 1,5175 x RMSEr (0,00219)

Maka didapatkan nilai sebesar 0.003 meter untuk nilai akurasi horizontal.

Kemudian dilakukan pengujian terhadap hasil tersebut.

Tabel 4.5 Uji CE90 Untuk Ketelitian Horizontal

Nb	Nama Titik	X di Peta	X di Pengukuran	dx	dx <sup>2</sup>	Y di Peta	Y di Pengukuran	dy	dy <sup>2</sup>	dx <sup>2</sup> + dy <sup>2</sup>
1	GCP001	709727.651	709727.651	0.0000	0.00000000	130304.374	130304.374	0.0000	0.00000000	0.00000000
2	GCP002	709667.941	709667.941	-0.0001	0.00000000	129327.763	129327.763	0.0001	0.00000000	0.00000000
3	GCP021	714070.723	714070.723	0.0000	0.00000000	142651.166	142651.166	0.0000	0.00000000	0.00000000
4	GCP022	713152.673	713152.673	0.0000	0.00000000	143087.443	143087.443	0.0000	0.00000000	0.00000000
5	GCP023	712513.059	712513.059	0.0004	0.00000001	143140.660	143140.660	0.0000	0.00000000	0.00000001
6	GCP024	712036.166	712036.169	0.0026	0.00000666	142187.119	142187.112	-0.0011	0.00000121	0.00000787
7	GCP025	711608.809	711608.809	0.0024	0.00000576	141255.867	141255.866	-0.0012	0.00000144	0.00000711
8	GCP026	711326.841	711326.841	0.0000	0.00000000	140301.388	140301.388	0.0001	0.00000000	0.00000000
9	GCP027	711391.848	711391.848	0.0000	0.00000000	139333.827	139333.827	0.0000	0.00000000	0.00000000
10	GCP028	711277.229	711277.229	0.0001	0.00000000	138508.389	138508.389	-0.0001	0.00000000	0.00000000
11	GCP029	711125.302	711125.302	0.0004	0.00000021	137875.924	137875.924	-0.0003	0.00000009	0.00000030
12	GCP030	710577.929	710577.928	0.0010	0.00000009	137693.083	137693.083	0.0000	0.00000000	0.00000009
13	GCP031	710250.039	710250.039	0.0012	0.00000034	137031.831	137031.831	0.0000	0.00000000	0.00000034
14	GCP032	709430.381	709430.380	0.0008	0.00000007	136948.933	136948.933	0.0005	0.00000025	0.00000032
15	GCP033	708415.703	708415.703	0.0001	0.00000000	136866.519	136866.519	-0.0001	0.00000000	0.00000000
16	GCP034	707762.330	707762.330	0.0000	0.00000000	136637.580	136637.580	0.0001	0.00000000	0.00000000
17	GCP035	707114.225	707114.225	0.0003	0.00000001	136103.291	136103.291	0.0001	0.00000000	0.00000001
18	GCP036	706958.956	706958.956	0.0000	0.00000000	135209.683	135209.683	0.0000	0.00000000	0.00000000
19	GCP037	706705.126	706705.125	-0.0007	0.00000005	134431.173	134431.173	0.0004	0.00000001	0.00000006
20	GCP038	706295.973	706295.963	-0.0008	0.00000038	13422.178	13422.178	-0.0001	0.00000000	0.00000038
21	GCP039	706573.368	706573.368	0.0001	0.00000000	132520.360	132520.360	-0.0001	0.00000000	0.00000000
22	GCP040	707279.482	707279.482	0.0000	0.00000000	131790.993	131790.993	0.0001	0.00000000	0.00000000
23	GCP041	708089.246	708089.246	-0.0002	0.00000000	131254.016	131254.016	-0.0007	0.00000000	0.00000000
24	GCP042	708911.660	708911.660	0.0001	0.00000000	130730.192	130730.192	0.0000	0.00000000	0.00000000
Jumlah										0.00012
Rata-rata										0.00000
RMSEr										0.00219
Akurasi Horizontal 90%										0.003

Dari uji akurasi koordinat planimetris hasil pemetaan foto udara didapatkan nilai CE90 sebesar 0,003 m atau 3 mm yang berarti bahwa uji akurasi horizontal ketelitian peta memenuhi untuk skala 1:1000 yaitu masuk kedalam orde kelas 1 (baik) dengan ketelitian maksimum sebesar 0,3 m.

Tahapan selanjutnya yaitu uji akurasi ketelitian vertical dimana standar peta yang ingin dihasilkan yaitu 1:1000, Dari hasil pengolahan data didapat nilai RMSEz sebesar 0,00223 meter. Standar akurasi menurut NMAS (*National Map Accuracy Standar*) adalah :

$$\text{Akurasi Vertikal NMAS} = \text{LE90} = 1,6499 \times \text{RMSEz} (0,00223)$$

Maka didapatkan nilai sebesar 0.004 meter untuk nilai akurasi vertikal. Kemudian dilakukan pengujian terhadap hasil tersebut. Lihat tabel 4.6 berikut :

Tabel 4.6 Uji LE90 Untuk Ketelitian Vertikal

No	Nama Titik	Z di Peta	Z di Pengukuran	dz	dz <sup>2</sup>
1	GCP001	757.883826	757.884	0.0002	0.0000000
2	GCP002	763.891749	763.892	0.0003	0.0000001
3	GCP021	757.908818	757.909	0.0002	0.0000000
4	GCP022	755.951774	755.952	0.0002	0.0000001
5	GCP023	759.518191	759.519	0.0008	0.0000007
6	GCP024	758.437657	758.438	0.0003	0.0000001
7	GCP025	755.324161	755.324	-0.0002	0.0000000
8	GCP026	755.404936	755.405	0.0001	0.0000000
9	GCP027	756.750729	756.751	0.0003	0.0000001
10	GCP028	761.22328	761.224	0.0007	0.0000005
11	GCP029	759.198721	759.199	0.0003	0.0000001
12	GCP030	763.003403	763.006	0.0026	0.0000067
13	GCP031	760.556244	760.558	0.0018	0.0000031
14	GCP032	765.274328	765.276	0.0017	0.0000028
15	GCP033	756.41445	756.415	0.0005	0.0000003
16	GCP034	758.702124	758.703	0.0009	0.0000008
17	GCP035	781.318791	781.319	0.0002	0.0000000
18	GCP036	780.29761	780.299	0.0014	0.0000019
19	GCP037	760.409109	760.42	0.0109	0.0001186
20	GCP038	766.627536	766.628	0.0005	0.0000002
21	GCP039	762.98548	762.986	0.0005	0.0000003
22	GCP040	762.762725	762.763	0.0003	0.0000001
23	GCP041	758.552896	758.553	0.0001	0.0000000
24	GCP042	759.490874	759.491	0.0001	0.0000000
				<b>Jumlah</b>	<b>0.00012</b>
				<b>Rata-rata</b>	<b>0.00000</b>
				<b>RMSEz</b>	<b>0.00223</b>
				<b>Akurasi Vertikal 90%</b>	<b>0.004</b>

Setelah dilakukan perhitungan ketelitian nilai tersebut, dicek pada tabel PERBIG No 6 tahun 2018. Dari tabel uji didapat bahwa :

Tabel 4.7 Hasil Uji Ketelitian PERBIG No 6 tahun 2018

Ketelitian	Hasil Uji Peta Skala 1:1000			
	CE dan LE 90	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0.003	0.3	0.6	0.9
Vertikal	0.004	0.2	0.3	0.4

Dengan demikian peta skala 1 : 1000 yang dihasilkan memenuhi standar ketelitian dasar dengan ketelitian vertikal dan horizontal yaitu kelas 1.



## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Hasil dari penelitian yang dilakukan pada ruas jalan lingkaran Danau Tondano menggunakan fotogrametri udara dengan metode *Small Unmanned Aerial Vehicle* (SUAV), didapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Penelitian ini dilakukan di ruas jalan lingkaran Danau Tondano Desa Kiliar – Desa Kakas (STA 22+100 – STA 44+200) dengan panjang jalan 22,1 kilometer menggunakan wahana *drone DJI Mavic 2 Pro*, tinggi terbang *drone* 120 meter, total foto yang didapat adalah 5.422 foto hingga mendapatkan hasil peta dengan skala 1 : 1000. Metode penelitian menggunakan menggunakan data primer lewat survei foto udara dan data *Ground Control Point* (GCP) dari alat GPS Geodetik SINOGNSS T300 untuk acuan mendapatkan nilai titik koordinat. Pengambilan foto udara menggunakan *Software Pix4d Capture*, pengolahan foto udara menggunakan *Software Agisoft Metashape* dan pembuatan *layout* produk akhir menggunakan *ArcGis*. Adapun juga *output* data *orthophoto* melalui *Software Agisoft Metashape* yaitu peta kondisi terkini atau terbaru, kontur tanah, data DTM, DSM, dan DEM.
2. Didapat nilai hasil *RMSEr* pada *orthophoto* sebesar 0,00219 dan nilai hasil *RMSEz* sebesar 0,00223. Maka didapatkan nilai sebesar 0.003 meter untuk nilai akurasi horizontal dan didapatkan nilai sebesar 0.004 meter untuk nilai akurasi vertikal. Dengan demikian peta yang dihasilkan adalah peta kelas 1 (satu) pada skala 1 : 1000.
3. Peta skala 1 : 1000 yang dihasilkan, memenuhi standar ketelitian peta dasar horizontal dan vertikal kelas 1 (satu). Gambaran peta ruas jalan lingkaran Danau Tondano sebagai berikut:



Untuk peta skala 1 : 1000 (terlampir)

## 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, oleh karena itu ada beberapa saran yang dapat disampaikan agar penelitian selanjutnya dapat dimaksimalkan lagi dan dapat dikembangkan serta menjadi panduan pembelajaran dalam kegiatan pemetaan, sebagai berikut:

1. Proses pengambilan data di lapangan, sebaiknya dilakukan pada saat cuaca cerah terutama pada jam 8-11 siang dan jam 2-4 sore (selagi masih ada cahaya terang).
2. Untuk spesifikasi kamera pada wahana drone yang baik untuk digunakan dalam fotogrametri udara yaitu minimal menggunakan DJI Mavic 2 Pro (spesifikasi lengkap terdapat pada halaman 11)
3. Peralatan serta metode pengukuran yang digunakan sangatlah penting dalam memperoleh data dengan akurasi tinggi dan perlu mengetahui serta memahami proses pengolahan data agar sesuatu yang dihasilkan berkualitas dan dapat dipertanggungjawabkan.
4. Untuk spesifikasi komputer (PC) yang menjadi standart dan syarat untuk mempermudah proses pengolahan data sebagai berikut:

- Prosesor Intel Core i7-8700 CPU 3.20GHz, atau yang lebih disarankan untuk pengolahan data di *Software Agisoft Metashape* yaitu Prosesor Intel Core i9-13900KF 5.8GHz
- RAM Internal 64 GB (yang bisa di Upgrade ke 128 GB)
- SSD 1 TB
- HDD 2 TB

5. Hasil dari data fotogrametri udara ini dapat menjadi *Big Data* serta untuk menjadi acuan pengembangan sarana prasarana berkelanjutan bagi *Stakeholder* dan menjadi landasan pengembangan IPTEK Politeknik Negeri Manado (secara khusus).

6. Untuk pihak kampus terlebih khusus jurusan Teknik Sipil, diharapkan untuk dapat memanfaatkan ketersediaan penggunaan alat GPS Geodetik yang dimiliki dengan mengadakan pelatihan penggunaan alat GPS Geodetik agar para mahasiswa bisa mengetahui lebih dalam tentang cara penggunaan GPS Geodetik.

7. Menyangkut perkembangan skripsi ini, diharapkan kedepannya pihak kampus menunjang fasilitas *drone* serta baterai lebih (minimal 6 buah) agar mahasiswa yang memilih untuk mengembangkan skripsi ini tidak mengalami kendala dalam proses pembuatan skripsi.



## DAFTAR PUSTAKA

- Adi A, et.al. (2017). Pengujian Akurasi Dan Ketelitian Planimetrik Pada Pemetaan Bidang Tanah Pemukiman Skala Besar Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (Uav). *Jurnal Geodesi Undip*,6(1)
- Adminhandal. (2014). *Macam-macam Proyeksi Peta*. handalselaras.com, <https://www.handalselaras.com/proyeksi-peta/>
- Al Ayyubi, Ahmad. (2017). Analisa Planimetrik Hasil Pemetaan Foto Udara Skala 1:1000 Menggunakan Wahana Fix Wing UAV (Studi Kasus : Kampus ITS Sukolilo).
- Archysig. (2019). *Universal Transverse Mercator (UTM)*. <https://archysig.wordpress.com/2019/03/14/universal-transverse-mercator-utm/>
- Aries, R. (2018). *Kajian Akurasi Peta Ortofoto Dari Data Wahana Udara Tanpa Awak (WUTA)*. Yogyakarta: Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Aries. (2018). *Pengertian Fotogrametri Menurut American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)*. Yogyakarta: Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Bambang, S. dan S. Tullus. (2014). *Fotogrametri dan Penginderaan Jauh*
- Geoportal/Sistem Referensi Geospasial Indonesia. (2023). *Halaman Pos Pengamatan Kota Manado, Sulawesi Utara*
- GrindGIS. (2015). *“Basics of Photogrametry”*. <https://grindgis.com/blog/basics-photogrammetry>
- Hartini, K.S , et.al. (2019). *Pemetaan Menggunakan UAV*
- Husein, Saddam. (2022). *Jenis-jenis Peta dengan Penjelasan*
- Husein, Saddam. (2022). *Proyeksi UTM: Pengertian, Karakteristik dan Penjelasan*. <https://geospasialis.com/proyeksi-utm/>

Maulana R. (2018). Perencanaan Jalur Terbang Tanpa Pilot Pada Proses Pengumpulan Data Untuk Pemetaan Dengan Penerbangan Tanpa Awak.

Muhammad, Heni Emawati , Dwi Ery Mujahiddin. (2021). Pemanfaatan Pesawat Tanpa Awak Untuk Pemetaan dan Identifikasi Penutupan Lahan Pada Kawasan Hutan Pendidikan UNMUL.

Peraturan Badan Informasi Geospasial Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2020 Tentang Standar Pengumpulan Data Geospasial Dasar Untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar

Peraturan Badan Informasi Geospasial Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2018 Tentang Perubahan Atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No 6 tahun 2018 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasa

Pondok Surveyor. (2012). Pemetaan Digital “Triangulasi oleh Pesawat Terbang”. <http://pondoksurveyor.blogspot.com/2012/05/proyek-psv.html>

Prayogo, I Putu Harianja., Manoppo, Fabian J., dan Lefrandt, Lucia I. R. (2020). Pemanfaatan Teknologi Unmanned Aerial Vehicle (Uav) Quadcopter Dalam Pemetaan Digital (Fotogrametri) Menggunakan Kerangka Ground Control Point (Gcp). Jurnal Ilmiah Media Engineering. Vol.10 No.1. ISSN: 2087-9334

Putri, K. M., Subianto, S., & Suprayogi, A. (2017). Pembuatan Peta Wisata Digital 3 Dimensi Obyek Wisata Brown Canyon Secara Interaktif Dengan Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV). Jurnal Geodesi Undip, 6(1), 85-92

Sistem Referensi Geospasial Indonesia. (2023). Halaman Pos Pengamatan Kota Manado, Sulawesi Utara.

Subakti, B. (2017). Pemanfaatan Foto Udara UAV Untuk Pemodelan Bangunan 3D Dengan Metode Otomatis. ITN Malang, 15(30), 15 – 30

Suradji et al. (2009). “Penentuan Lokasi GCP” dalam Taftazani et al. (2016).

Syauqani, A., Subiyanto, S., dan Suprayogi, A. (2017). Pengaruh Variasi Tinggi Terbang Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (Uav) Quadcopter Dji Phantom 3 Pro Pada Pembuatan Peta.

Tuman. (2001). Data Spasial Keruangan. id.scribd.com  
<https://id.scribd.com/document/457511515/Pemanfaatan-Analisis-Spasial-untuk-Pengolahan-Data-1>



Lampiran 1 - Titik GCP 20 – 42 ( Memperllihatkan Arah Utara dan Selatan serta kondisi jalan sekitar )

Titik 21



Titik 22



Titik 23



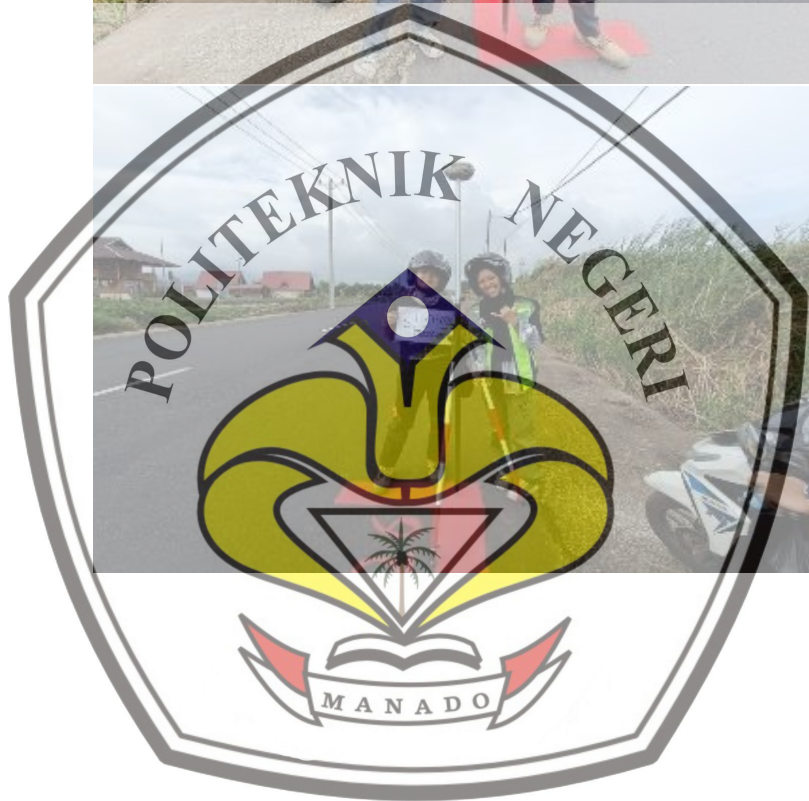
Titik 24



Titik 25



Titik 26



Titik 27



Titik 28



Titik 29



Titik 30



Titik 31



Titik 32



Titik 33



Titik 34



Titik 35



Titik 36



Titik 37



Titik 38



Titik 39



Titik 40



Titik 41



Titik 42





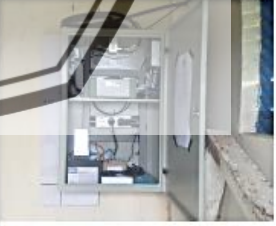


Titik 1



Titik 2



Lampiran 2 – Report CORS BIG

 <b>BADAN INFORMASI GEOSPASIAL</b>	<b>BADAN INFORMASI GEOSPASIAL (BIG)</b>  Jl. Jakarta – Bogor Km. 46 Cibinong 16911 PO Box 46 CBI (021) 8758061 <a href="http://srgi.big.go.id">http://srgi.big.go.id</a> email: <a href="mailto:srgi@big.go.id">srgi@big.go.id</a>		<b>CMDO</b>
	<b>DESKRIPSI CORS</b>		
<b>Nama Stasiun</b> : Manado <b>Desa/Kelurahan</b> : Lapangan <b>Kecamatan</b> : Mapanget	<b>Kabupaten</b> : Manado <b>Provinsi</b> : Sulawesi Utara		
<b>URAIAN LOKASI</b>			
Uraian Lokasi Pilar : Pilar berada di taman alat Kantor BMKG Sam Ratulangi Manado Alamat : Kompleks Bandara Sam Ratulangi Manado Kenampakan Menonjol : BMKG Sam Ratulangi Manado Keterangan Tambahan : Informasi lebih lengkap mengenai Ina-CORS silahkan mengunjungi <a href="http://nrk.big.go.id/sbc">http://nrk.big.go.id/sbc</a> atau <a href="https://srgi.big.go.id/">https://srgi.big.go.id/</a>			
<b>KOORDINAT GEODETIK (WGS-84)</b>		<b>KOORDINAT KARTESIAN (SRG12013 Epoch 2012.0)</b>	
Lintang : 1° 32' 45.348938593095" N	X	: -3650117,097 meter	
Bujur : 124° 55' 23.720093959685" E	Y	: 5227796,959 meter	
Tinggi Elipsoid : 156,485 meter	Z	: 170924,017 meter	
<b>LAJU KECEPATAN KARTESIAN</b>		<b>LAJU KECEPATAN TOPOSENTRIK</b>	
Vx : -0,010 meter/tahun	V utara	: -0,006 meter/tahun	
Vy : -0,017 meter/tahun	V timur	: 0,018 meter/tahun	
Vz : -0,006 meter/tahun	V vertikal	: -0,009 meter/tahun	
<b>PERANGKAT</b>			
Receiver : LEICA GR50	Radome	:	LEIM
Antena : LEIAR20	Tinggi Antena	:	0.0967
Tahun Dibangun : 2021	Ket. Tinggi Antena	:	Bottom of Antenna
Komunikasi Data : ONLINE			
<b>SKETSA UMUM</b>		<b>BOX PERANGKAT</b>	
			
<b>FOTO PILAR DAN ANTENA</b>		<b>FOTO KANTOR LOKASI CORS</b>	
			

(Sumber : srgi.big.go.id )

Lampiran 3 – Tabel Ketelitian Geometri Peta RBI

Diambil dari PERATURAN KEPALA BADAN INFORMASI GEOSPASIAL NO 6 TAHUN 2018 TENTANG PEDOMAN TEKNIS KETELITIAN PETA DASAR (Halaman 3)

No	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)
1	1:1.000.000	400	300	600	300	900,0	400	
2	1:500.000	200	150	300	150	450,0	200	
3	1:250.000	100	75	150	75	225,0	100	
4	1:100.000	40	30	60	30	90,0	40	
5	1:50.000	20	15	30	15	45,0	20	
6	1:25.000	10	7,5	15	7,5	22,5	10	
7	1:10.000	4	3	6	3	9,0	4	
8	1:5.000	2	1,5	3	1,5	4,5	2	
9	1:2.500	1	0,75	1,5	0,75	2,3	1	
10	1:1.000	0,4	0,3	0,6	0,3	0,9	0,4	

Lampiran 4 – Peta Keseluruhan Skala 1 : 3000





**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**

Proyeksi: UTM  
SRTM  
GCS: WGS 1984  
Mata Air: Sea Level  
Datum: GRS80  
Scale: 1:3.000

INSET PETA LOKASI

Sumber Data: Aerial Data  
Sumber Pengolahan: Tim Penelitian Jalan Lingkar Danau Tondano  
Maka, Peta: Lay Out Peta dan Analisis  
Sifat: Topografi  
Skala: 1:3.000  
Profil: Teknik Jalan dan Jembatan

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara



**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**

Proyeksi: UTM  
SRTM  
GCS: WGS 1984  
Mata Air: Sea Level  
Datum: GRS80  
Scale: 1:3.000

INSET PETA LOKASI

Sumber Data: Aerial Data  
Sumber Pengolahan: Tim Penelitian Jalan Lingkar Danau Tondano  
Maka, Peta: Lay Out Peta dan Analisis  
Sifat: Topografi  
Skala: 1:3.000  
Profil: Teknik Jalan dan Jembatan

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara





**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**

Proyeksi: UTM  
Sistem Koordinat: UTM  
Datum: WGS 1984  
Merasa: Meters  
Skala: 1:3.000

INSET PETA LOKASI

Sumber Data: Tim Riset Jalan Lingkar Danau Tondano  
Kategori: Lay Out Plan dan Analisis  
Tipe: Survei Hidrografi  
Tahun: 1993-2000  
Profil: Profil Jalan dan Jembatan

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara



**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**

Proyeksi: UTM  
Sistem Koordinat: UTM  
Datum: WGS 1984  
Merasa: Meters  
Skala: 1:3.000

INSET PETA LOKASI

Sumber Data: Tim Riset Jalan Lingkar Danau Tondano  
Kategori: Lay Out Plan dan Analisis  
Tipe: Survei Hidrografi  
Tahun: 1993-2000  
Profil: Profil Jalan dan Jembatan

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara



**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**



Proyeksi: UTM  
Sistem Koordinat: UTM  
Datum: WGS 1984  
Merasa: Merata  
Skala: 1:3.000

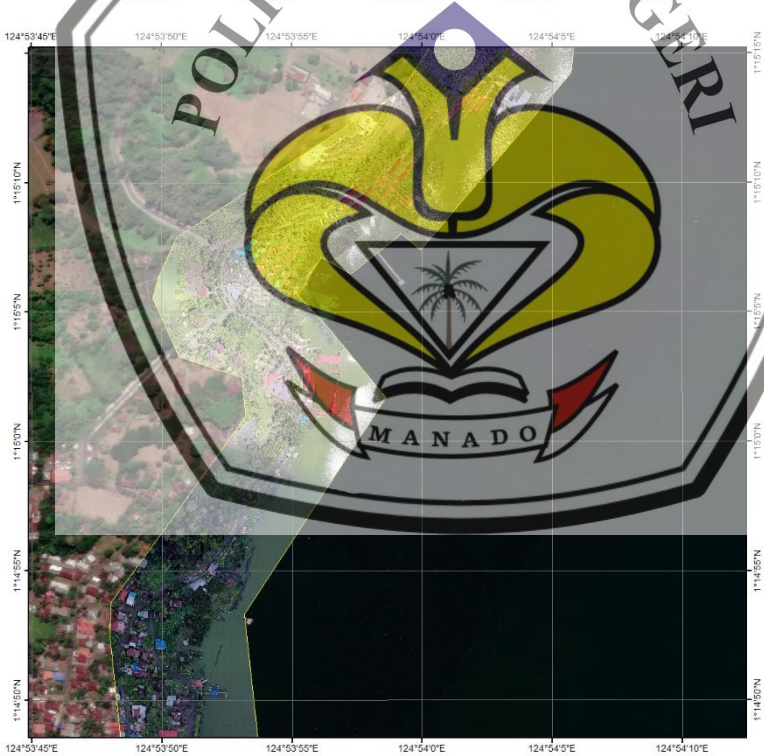
**INSET PETA LOKASI**

Sumber Data: Aerial Data  
Sumber Foto: Tim Penelitian Jalan Lingkar Danau Tondano  
Masa Foto: Lay Out Foto dan Analisis  
SMPK: Timas Sengge Humberkat  
Masa: 1993-2000  
Aerogram: Prati Taich Jalan dan Jembatan

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara



**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**



Proyeksi: UTM  
Sistem Koordinat: UTM  
Datum: WGS 1984  
Merasa: Merata  
Skala: 1:3.000

**INSET PETA LOKASI**

Sumber Data: Aerial Data  
Sumber Foto: Tim Penelitian Jalan Lingkar Danau Tondano  
Masa Foto: Lay Out Foto dan Analisis  
SMPK: Timas Sengge Humberkat  
Masa: 1993-2000  
Aerogram: Prati Taich Jalan dan Jembatan

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara



**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**

Proyeksi: UTM  
SRTM  
GCS: WGS 1984  
Datum: WGS 1984  
Units: Meter  
Scale: 1:3.000

INSET PETA LOKAS

Sumber Data: Aerial Data  
 Koordinat: Tim Ranselita Jalan Lingkar Danau Tondano  
 No. Peta: Lay Out Peta dan Anotasi  
 No. Skala: Timas Sengul Humberant  
 No. Tahun: 1993/2000  
 No. Revisi: 1993/2000  
 No. Revisi: 1993/2000

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara



**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**

Proyeksi: UTM  
SRTM  
GCS: WGS 1984  
Datum: WGS 1984  
Units: Meter  
Scale: 1:3.000

INSET PETA LOKAS

Sumber Data: Aerial Data  
 Koordinat: Tim Ranselita Jalan Lingkar Danau Tondano  
 No. Peta: Lay Out Peta dan Anotasi  
 No. Skala: Timas Sengul Humberant  
 No. Tahun: 1993/2000  
 No. Revisi: 1993/2000  
 No. Revisi: 1993/2000

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara



**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**



Proyeksi: UTM  
Sifat: UTM  
Datum: WGS 1984  
Merasa: Meters  
Skala: 1:3.000

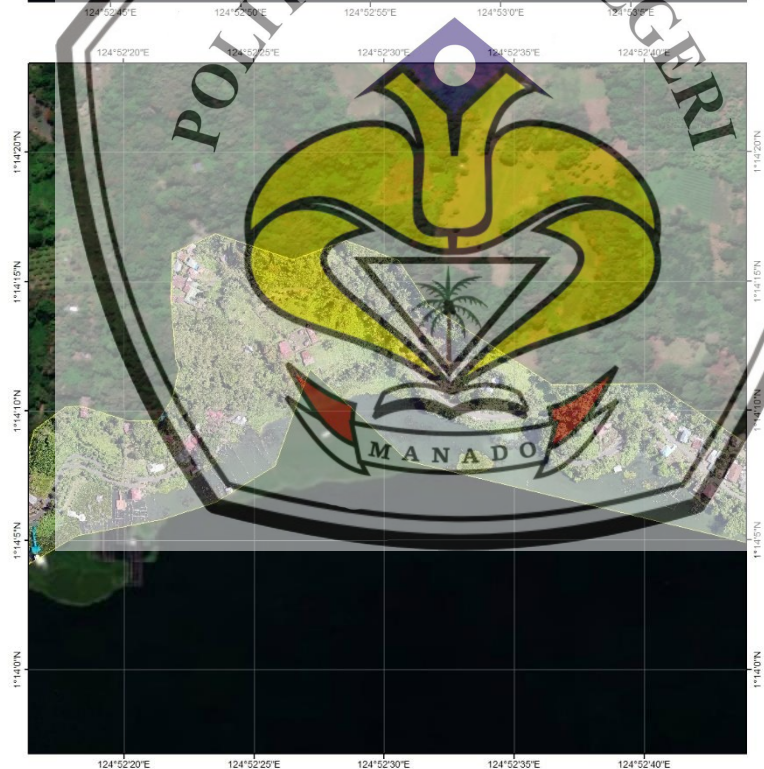
**INSET PETA LOKAS**

Sumber Peta: **Alkudu Data**  
 Koordinat: Tim. Penelitian Jalan Lingkar Danau Tondano  
 Nama Peta: Lay. Cit. Peta dan Analisis  
 Skala: Timas, Sempu, Humberast  
 Tahun: 1993-2000  
 Perantara: Jurusan Teknik Sipil  
 Prodi: Teknik Jalan dan Jembatan

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara



**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**

Proyeksi: UTM  
Sifat: UTM  
Datum: WGS 1984  
Merasa: Meters  
Skala: 1:3.000

**INSET PETA LOKAS**

Sumber Peta: **Alkudu Data**  
 Koordinat: Tim. Penelitian Jalan Lingkar Danau Tondano  
 Nama Peta: Lay. Cit. Peta dan Analisis  
 Skala: Timas, Sempu, Humberast  
 Tahun: 1993-2000  
 Perantara: Jurusan Teknik Sipil  
 Prodi: Teknik Jalan dan Jembatan

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara



**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**

Proyeksi: UTM  
Sistem Koordinat: UTM  
Datum: WGS 1984  
Merek: SPT  
Skala: 1:3.000  
Merek: SPT

INSET PETA LOKASI

Sumber Data: Aerial Data  
Sumber Foto: Tim Penelitian Jalan Lingkar Danau Tondano  
Merek: SPT  
Merek: SPT  
Merek: SPT  
Merek: SPT  
Merek: SPT

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara



**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**

Proyeksi: UTM  
Sistem Koordinat: UTM  
Datum: WGS 1984  
Merek: SPT  
Skala: 1:3.000  
Merek: SPT

INSET PETA LOKASI

Sumber Data: Aerial Data  
Sumber Foto: Tim Penelitian Jalan Lingkar Danau Tondano  
Merek: SPT  
Merek: SPT  
Merek: SPT  
Merek: SPT  
Merek: SPT

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara



**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**

Proyeksi: UTM  
Sifat: UTM  
GCS: WGS 1984  
Datum: WGS 1984  
Elevasi: 1984  
Skala: 1:3.000  
Mata Air: 1984  
Sistem Koordinat: UTM  
Mata Air: 1984  
Sistem Koordinat: UTM  
Mata Air: 1984  
Sistem Koordinat: UTM

**INSET PETA LOKASI**

Skala: 1:100.000.000

Sumber Data: Tim Penelitian Jalan Lingkar Danau Tondano  
Mata Air: 1984  
Sistem Koordinat: UTM  
Mata Air: 1984  
Sistem Koordinat: UTM  
Mata Air: 1984  
Sistem Koordinat: UTM

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara



**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**

Proyeksi: UTM  
Sifat: UTM  
GCS: WGS 1984  
Datum: WGS 1984  
Elevasi: 1984  
Skala: 1:3.000  
Mata Air: 1984  
Sistem Koordinat: UTM  
Mata Air: 1984  
Sistem Koordinat: UTM  
Mata Air: 1984  
Sistem Koordinat: UTM

**INSET PETA LOKASI**

Skala: 1:100.000.000

Sumber Data: Tim Penelitian Jalan Lingkar Danau Tondano  
Mata Air: 1984  
Sistem Koordinat: UTM  
Mata Air: 1984  
Sistem Koordinat: UTM  
Mata Air: 1984  
Sistem Koordinat: UTM

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara



**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**


Proyeksi: UTM  
Datum: WGS 84  
Mata Air: 1985  
Garis: 500  
Kategori: Citra Satelit  
Mata Air: 1985  
Skala: 1:3.000

INSET PETA LOKASI

Sumber Data: Tim Riset Jalan Lingkar Danau Tondano  
Alokasi Data: Tim Riset Jalan Lingkar Danau Tondano  
Sistem Koordinat: UTM  
Lay Out: Citra Satelit  
Tipe: Citra Satelit  
Mata Air: 1985  
Skala: 1:3.000  
Profil: Teknik Jalan dan Jembatan

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara




**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**


Proyeksi: UTM  
Datum: WGS 84  
Mata Air: 1985  
Garis: 500  
Kategori: Citra Satelit  
Mata Air: 1985  
Skala: 1:3.000

INSET PETA LOKASI

Sumber Data: Tim Riset Jalan Lingkar Danau Tondano  
Alokasi Data: Tim Riset Jalan Lingkar Danau Tondano  
Sistem Koordinat: UTM  
Lay Out: Citra Satelit  
Tipe: Citra Satelit  
Mata Air: 1985  
Skala: 1:3.000  
Profil: Teknik Jalan dan Jembatan

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara





**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**



Proyeksi: UTM  
SRTM  
GCS: WGS 1984  
Mata Air: Tidak Ada  
Skala: 1:3.000  
Catatan: (Ganti Sesuai Hasil)

**INSET PETA LOKASI**

Sumber Data: Aerial Data  
Kontak: Tim Penelitian Jalan Lingkar Danau Tondano  
Masa: Lay Out Plan dan Analisis  
SRTM: Timas Sorga Hubbert  
Mata Air: 1993 2000  
Catatan: Prati Tahir, Idris dan Jember

**KETERANGAN**

- Infrastruktur
- Batas Foto Udara



**PETA FOTO UDARA  
JALAN LINGKAR  
DANAU TONDANO  
STA 22+100 - STA 44+200  
KAB.MINAHASA  
PROV.SULUT  
TAHUN 2023**

Proyeksi: UTM  
SRTM  
GCS: WGS 1984  
Mata Air: Tidak Ada  
Skala: 1:3.000  
Catatan: (Ganti Sesuai Hasil)

**INSET PETA LOKASI**

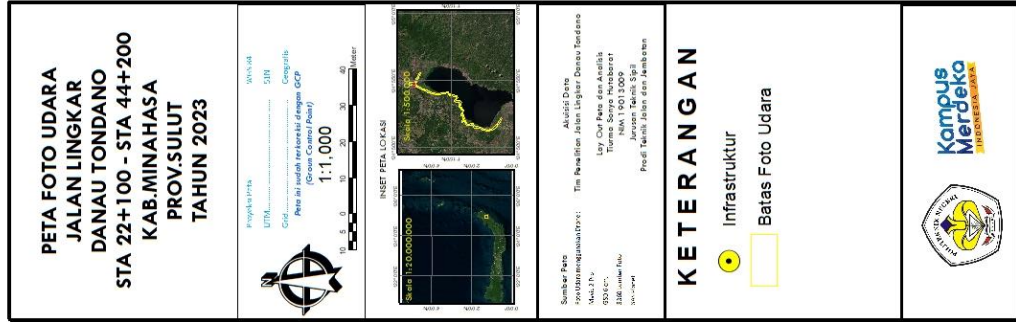
Sumber Data: Aerial Data  
Kontak: Tim Penelitian Jalan Lingkar Danau Tondano  
Masa: Lay Out Plan dan Analisis  
SRTM: Timas Sorga Hubbert  
Mata Air: 1993 2000  
Catatan: Prati Tahir, Idris dan Jember

**KETERANGAN**


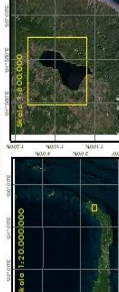


- Infrastruktur
- Batas Foto Udara

Lampiran 5 – Peta skala 1 : 1000



Lampiran 6 – *Layout* Peta Jalan Lingkar Danau Tondano (STA 22+100 – STA 44+200) Skala 1 : 50.000

<p><b>PETA FOTO UDARA</b>  <b>JALAN LINGKAR</b>  <b>DANAU TONDANO</b>  <b>STA 22+100 - STA 44+200</b>  <b>KAB. MINAHASA</b>  <b>PROV. SULUT</b>  <b>TAHUN 2023</b></p>	<p>Proyeksi: UTM                  Datum: WGS 84                  Sistem: UTM                  Zona: 52N                  Garis Meridional: 124° 00' 00" E                  Garis Ekuatorial: 0° 00' 00" S                  Peta ini sudah terkontrol dengan GCP                  (Ground Control Point)                  Skala: 1:50.000</p> 	<p>INSET PETA LOKASI</p> 	<p>Sumber Peta: Tim Penelitian Jalan Lingkar Danau Tondano                  Nama Peta: Lay Out Peta dan analisis                  Terasa Purbasari                  NIM: 19013009                  Nama Dosen Pembimbing: Prof. Tabriz Juhana dan Mubandari</p>	<p><b>KETERANGAN</b></p> <p> Borek Foto Udara</p>	 <p><b>Kampus Merdeka</b>                  BERKUALITAS BERKEMAJUAN</p>
--	--	--	---	--	---





DAFTAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Tiurma Sonya Hutabarat ..  
 NIM : 19013009 ..  
 Jurusan : Teknik Sipil  
 Program Studi : Teknik Konstruksi Jalan dan Jembatan  
 Judul Skripsi : Pemetaan Ruas Jalan Lingkar Danau Tondano Menggunakan Fotogrametri Udara dengan Metode Small Unmanned Aerial Vehicle (SUAV) STA 22+100 – STA 44+200  
 Dosen Pembimbing : Dr. Ir. T. P. E. Sompie, ST., M.Eng.Mgmt ..

No	Tanggal	Uraian	Tanda Tangan Dosen Pembimbing
01	12/01/23	Persiapan theortika & pengambilan data	[Signature]
02	17/01/23	Ambil data secara detail	[Signature]
03	20/01/23	lanjut pengambilan data	[Signature]
04	29/01/23	lanjut pengolahan data	[Signature]
05	27/01/23	Perhitungan data kerangka data	[Signature]
06	03/04/23	lanjut pengolahan data	[Signature]
07	12/04/23	lanjut	[Signature]
08	15/05/23	Simpul	[Signature]

Manado, 15/05/2023

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. T. P. E. Sompie, ST., M.Eng.Mgmt

NIP.19711003 199702 1 001



# POLITEKNIK NEGERI MANADO



FORMULIR

FM-144 ed.A rev.0

ISSUE: A

Issued: 01-10-2019

UPDATE: 0

Updated: 00-00-0000

## DAFTAR ASISTENSI SKRIPSI

Nama : Tiurma Sonya Hutabarat ..  
 NIM : 19013009 ..  
 Jurusan : Teknik Sipil  
 Program Studi : Teknik Konstruksi Jalan dan Jembatan  
 Judul Skripsi : Pemetaan Ruas Jalan Lingkar Danau Tondano Menggunakan Fotogrametri Udara dengan Metode Small Unmanned Aerial Vehicle (SUAV) STA 22+100 – STA 44+200 ..  
 Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Sherley Runtunuwu, S.T., M.T

No	Tanggal	Uraian	Tanda Tangan Dosen Pembimbing
1	15/ Maret	* Revisi skripsi awal : - perbaikan judul saran "relaksasi penelitian	
2	20/ April	* Buat rencana penelitian * Pilih lokasi penelitian yang mendukung penelitian dan	
3	5/ April	* lanjutkan pengumpulan data yang masih diperlukan	
4	20/4	* lanjutkan olah data	
5	5/5	* Siapkan dokumen untuk jurnal	

Manado, 5 Mei 2023  
 Dosen Pembimbing

Dr. Ir. Sherley Runtunuwu, S.T., M.T

NIP. 19670903 199702 2 001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI  
**POLITEKNIK NEGERI MANADO**

Alamat : Kampus Politeknik, Jl. Raya Politeknik Ds. Buha Manado PO BOX 1256  
Telp. (0431) 815212, 815217 Fax. (0431) 811568, 815192, 815144  
Website : www.polimdo.ac.id

**ASISTENSI REVISI SKRIPSI**

Berdasarkan berita acara Seminar Ujian Skripsi tanggal 23 Mei 2023

Nama : Tiurma S. Hutabarat  
NIM : 19013009  
Jurusan : Teknik Sipil  
Program Studi : Teknik Konstruksi Jalan dan Jembatan  
Judul Skripsi : Pemetaan Ruas Jalan Lingkar Danau Tondano Menggunakan  
Fotogrametri Udara Dengan Metode Small Unmanned Aerial Vehicle (SUAV)  
STA 22+100 – STA 44+200

Dosen Penguji Vicky Alexander Assa, S.S.T., M.T (Ketua Penguji)

NO	Tanggal	Uraian	Tanda Tangan
1.	05/06/2023	-Perbaiki gambar (coreksi)	
2.	14/06/2023	- selesai	

Manado, 14/06/2023  
Yang menyatakan,

Vicky Alexander Assa, S.S.T., M.T  
NIP. 19740126 200312 1 001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI  
**POLITEKNIK NEGERI MANADO**

Alamat : Kampus Politeknik, Jl. Raya Politeknik Ds. Buha Manado PO BOX 1256  
Telp. (0431) 815212, 815217 Fax. (0431) 811568, 815192, 815144  
Website : www.polimdo.ac.id

**ASISTENSI REVISI SKRIPSI**

Berdasarkan berita acara Seminar Ujian Skripsi tanggal 23 Mei 2023

Nama : Tiurma S. Hutabarat

NIM : 19013009

Jurusan : Teknik Sipil

Program Studi : Teknik Konstruksi Jalan dan Jembatan

Judul Skripsi : Pemetaan Rutas Jalan Lingkar Danau Tondano Menggunakan  
Fotogrametri Udara Dengan Metode Small Unmanned Aerial Vehicle (SUAV)  
STA 22+100 – STA 44+200

Dosen Penguji Ir. Franky Riccardo Tombokan, M.Eng (Penguji 1)

NO	Tanggal	Uraian	Tanda Tangan
1	29-05-23	* Tambahkan pd kesimpulan hasil data data yg didapat dari aplikasi yg di gunakan bisa di olah lanjut ke file perencanaan jalan	
2	01-06-23	* Selesai	

Juni  
Manado, 01 Mei 2023  
Penguji 1,

Ir. Franky Riccardo Tombokan, M.Eng  
NIP. 19621018 199303 1 001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI  
**POLITEKNIK NEGERI MANADO**

Alamat : Kampus Politeknik, Jl. Raya Politeknik Ds. Buha Manado PO BOX 1256  
Telp. (0431) 815212, 815217 Fax. (0431) 811568, 815192, 815144  
Website : www.polimdo.ac.id

**ASISTENSI REVISI SKRIPSI**

Berdasarkan berita acara Seminar Ujian Skripsi tanggal 23 Mei 2023

Nama : Tiurma S. Hutabarat  
NIM : 19013009  
Jurusan : Teknik Sipil  
Program Studi : Teknik Konstruksi Jalan dan Jembatan  
Judul Skripsi : Pemetaan Ruas Jalan Lingkar Danau Tondano Menggunakan  
Fotogrametri Udara Dengan Metode Small Unmanned Aerial Vehicle (SUAV)  
STA 22+100 – STA 44+200

Dosen/Penguji Ir. Charles H. L. Sulangi, M.M.T (Penguji 2)

NO	Tanggal	Uraian	Tanda Tangan
1.	05/06'23	~ Koreksi lagi kualitas gambar ~ Hal 22-25 -> Sifat Landscape ~ Lengkapi Daftar Pustaka	
2.	09/06'23	~ Koreksi selisih!	

Manado, 09 Juni 2023  
Penguji 2,

Ir. Charles H. L. Sulangi, M.M.T  
NIP. 19581031 199403 1 001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI  
**POLITEKNIK NEGERI MANADO**

Alamat : Kampus Politeknik, Jl. Raya Politeknik Ds. Buha Manado PO BOX 1256  
Telp. (0431) 815212, 815217 Fax. (0431) 811568, 815192, 815144  
Website : www.polimdo.ac.id

**ASISTENSI REVISI SKRIPSI**

Berdasarkan berita acara Seminar Ujian Skripsi tanggal 23 Mei 2023

Nama : Tiurma S. Hutabarat  
NIM : 19013009  
Jurusan : Teknik Sipil  
Program Studi : Teknik Konstruksi Jalan dan Jembatan  
Judul Skripsi : Pemetaan Ruas Jalan Lingkar Danau Tondano Menggunakan  
Fotogrametri Udara Dengan Metode Small Unmanned Aerial Vehicle (SUAV)  
STA 22+100 – STA 44+200

Dosen/Penguji Ir. Charles H. L. Sulangi, M.M.T (Penguji 2)

NO	Tanggal	Uraian	Tanda Tangan
1.	05/06'23	~ Koreksi lagi kualitas gambar ~ Hal 22-25 -> Sifat Landscape ~ Lengkapi Daftar Pustaka	
2.	09/06'23	~ Koreksi selisih!	

Manado, 09 Juni 2023  
Penguji 2,

Ir. Charles H. L. Sulangi, M.M.T  
NIP. 19581031 199403 1 001



KEMENTERIAN PENDIDIKAN KEBUDAYAAN RISET DAN TEKNOLOGI  
**POLITEKNIK NEGERI MANADO**

Alamat : Kampus Politeknik, Jl. Raya Politeknik Ds. Buha Manado PO BOX 1256  
Telp. (0431) 815212, 815217 Fax. (0431) 811568, 815192, 815144  
Website : www.polimdo.ac.id

**BIODATA MAHASISWA**

Nama Lengkap : Tiurma Sonya Hutabarat  
NIM : 19013009  
Tempat, Tanggal Lahir : Malang, 14 Desember 1999  
Alamat : Buha, Kec. Mapanget, Kota Manado  
Nama Ayah : Batahi Hamonangan Hutabarat  
Nama Ibu : Yunita Pellae  
Alamat Orang Tua : Lobbo, Kab-Kepi Talaud  
Daerah Asal : Malang, Jawa Timur  
Judul Skripsi : Pemetaan Ruas Jalan Lingkaran Danau Tondano Menggunakan Fotogrametri Udara Dengan Metode Small Unmanned Aerial Vehicle (SUAV) STA 22+100 – STA 44+200  
Dosen Pembimbing :  
1. Dr. Ir. T. P. F. Sompie, ST., M.Eng.Mgmt  
2. Dr. Ir. Sherley Runtuuwu, S.T., M.T  
Dosen Penguji :  
1. Wicky Alexander Assa, S.S.T., M.T  
2. Ir. Franky Riccardo Tombokan, M.Eng  
3. Ir. Charles H. L. Sulangi, M.M.T  
Waktu Pelaksanaan Ujian Skripsi : 23 Mei 2023



Manado, 23 Mei 2023  
Mahasiswa

Tiurma S. Hutabarat  
NIM : 19013009