

**PEMETAAN RUAS JALAN LINGKAR DANAU TONDANO  
MENGUNAKAN FOTOGRAMETRI UDARA  
STA 22+100 – STA 44+200**

**Sherley Runtuuwu<sup>1)</sup>, Tampanatu P.F Sompie<sup>2)</sup>, Febriane P Makalew<sup>3)</sup>,  
Tiurma S. Hutabarat<sup>4)</sup>**

<sup>1,2,3,4</sup> Teknik Sipil, Politeknik Negeri Manado, Desa Buha, Manado, 95252  
E-mail: sherley.runtuuwu@sipil.polimdo.ac.id

**Abstract**

Mapping is the process of presenting information about the earth's surface in the form of facts, including the shape of the earth's surface and its natural resources based on scale, projection systems, as well as various symbols and emblems of the elements on earth. Mapping using a Small Unmanned Aerial Vehicle (SUAV) is a process of making maps using aerial photos with high resolution images, faster and more efficient compared to conventional methods.

This research is a field study on the Lake Tondano Ring Road Section STA 21+100 – STA 44+200, Minahasa Regency, North Sulawesi. Field data collection uses a Small Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for aerial photos and Geodetic GPS. Drones are needed to capture area objects, while Ground Control Point (GCP) measurements use the Real-Time Kinematic (RTK) method.

The results of research conducted on the Lake Tondano Ring Road Section STA 21+100 – STA 44+200 produced a spatial resolution of 11.7 Cm/Pix. From the results of the planimetric coordinate accuracy test results from aerial photo mapping, it was found that the CE90 value was 0.003 m and the LE90 value was 0.004 m, which means that the horizontal accuracy test results of the map accuracy met the 1:1000 scale, namely entering class 1 with a maximum accuracy of 0.3 m. Mapping surveys using the Small Unmanned Aerial Vehicle (SUAV) method are much faster and more efficient, unlike conventional methods. The length of the mapped road, namely 22.1 kilometers, was completed in 4 days, compared to conventional methods which can take  $\pm$  20 days.

**Keywords:** *Mapping, Small Unmanned Aerial Vehicle (SUAV), Ground Control Point (GCP)*

**Abstrak**

Pemetaan merupakan proses penyajian suatu informasi tentang permukaan bumi berupa fakta, termasuk bentuk permukaan bumi dan kekayaan alamnya berdasarkan skala, sistem proyeksi, serta berbagai simbol dan lambang dari unsur yang ada di bumi. Pemetaan dengan menggunakan *Small Unmanned Aerial Vehicle (SUAV)* adalah suatu proses pembuatan peta menggunakan foto udara dengan hasil gambar yang beresolusi tinggi, waktu yang lebih cepat dan efisien jika dibandingkan dengan metode konvensional.

Penelitian ini bersifat studi lapangan pada Ruas Jalan Lingkar Danau Tondano STA 21+100 – STA 44+200, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. Pengambilan data lapangan menggunakan *Small Unmanned Aerial Vehicle (UAV)* untuk foto udara dan GPS Geodetik. Drone diperlukan untuk pengambilan objek kawasan, sedangkan pengukuran *Ground Control Point (GCP)* menggunakan metode *Real-Time Kinematic (RTK)*.

Hasil dari penelitian yang dilakukan pada Ruas Jalan Lingkar Danau Tondano STA 21+100 – STA 44+200 menghasilkan resolusi spasial yaitu 11,7 Cm/Pix. Dari hasil uji akurasi koordinat planimetris hasil pemetaan foto udara didapatkan nilai CE90 sebesar 0.003 m dan nilai LE90 sebesar 0.004 m yang berarti hasil uji akurasi horizontal ketelitian peta memenuhi untuk skala 1:1000 yaitu masuk kedalam kelas 1 dengan ketelitian maksimum 0.3 m. Survey pemetaan menggunakan metode *Small Unmanned Aerial Vehicle*

(SUAV) ini jauh lebih cepat dan efisien berbeda dengan metode konvensional. Panjang jalan yang dipetakan yaitu 22,1 kilometer diselesaikan dengan waktu 4 hari, dibandingkan dengan metode konvensional bisa memakan waktu  $\pm$  20 hari.

**Kata Kunci:** *Pemetaan, Small Unmanned Aerial Vehicle (SUAV), Ground Control Point (GCP)*

## PENDAHULUAN

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

Dalam dunia kontruksi 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.

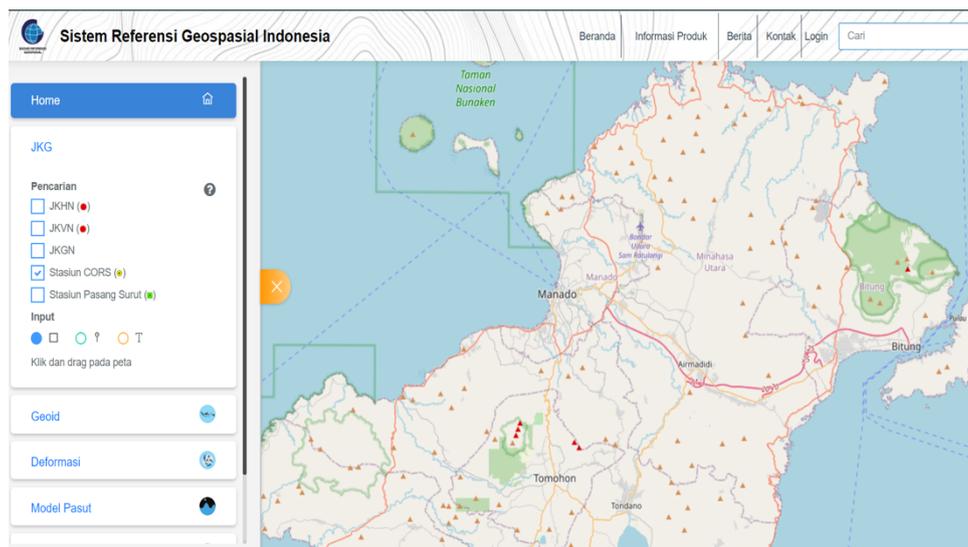
Untuk mengetahui pemetaan dengan teknologi penginderaan jauh (*remote sensing*) maka penulis ingin melakukan penelitian pemetaan di jalan lingkar danau Tondano dengan judul “Pemetaan Ruas Jalan Lingkar Danau Tondano Menggunakan Fotogrametri Udara Dengan Metode *Small Unmanned Aerial Vehicle (SUAV)* STA 22+100 – STA 44+200”.

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini akan dilaksanakan di Ruas Jalan Lingkar Danau Tondano, Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara. 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.

Lokasi yang diteliti yaitu pada Ruas Jalan Lingkar Danau Tondano STA 21+100 – STA 44+200. Alasan pemilihan lokasi ini adalah agar Ruas Jalan Lingkar Danau Tondano STA 21+100 – STA 44+200 memiliki data citra satelit beresolusi tinggi yang terbaru.

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 hasil dari foto udara bersumber dari pemotretan dengan wahana *Drone* 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 Kota Manado.



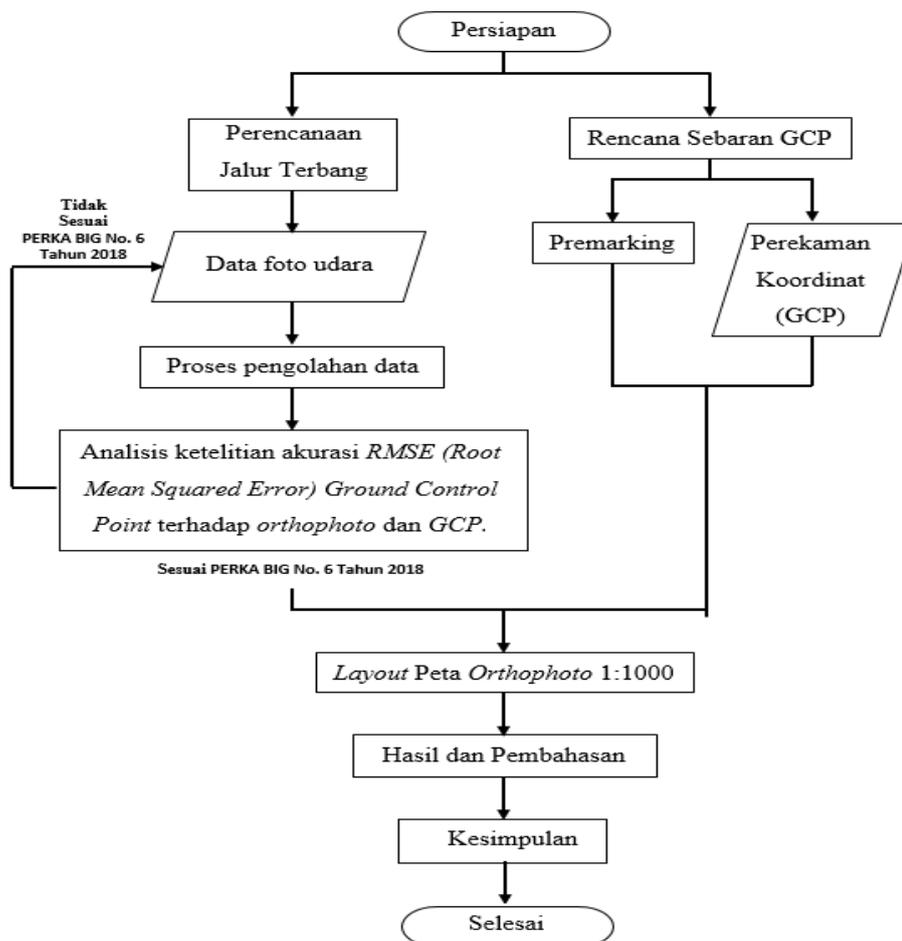
Gambar 1. Halaman Pos Pengamatan Kota Manado, Sulawesi Utara  
(Sumber: Sistem Referensi Geospasial Indonesia)

Untuk peralatan dan bahan yang digunakan pada penelitian ini ada pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1  
 Peralatan dan Bahan

Peralatan	Spesifikasi
Drone DJI	DJI Mavic 2 Pro
GPS Geodetik	SINOGNSS T300
Laptop	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
Terpal <i>Premark</i>	0,2 x 2 meter (40 lembar)
Cat Air ( <i>Premark</i> )	3 kg
Kuas ( <i>Untuk Premark</i> )	1 Buah

Untuk bagan alir penelitian pada Gambar 2 dapat dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 2. Bagan Alir Penelitian

- 1) Hal yang paling utama adalah persiapan alat dan bahan yang akan digunakan dalam pengambilan foto udara serta telah memastikan dalam keadaan siap pakai.

- a. Pengecekan wahana *Drone Mavic 2 Pro*:
  - ✓ Pengecekan *Firmware*,
  - ✓ Kalibrasi Kamera, dan
  - ✓ Pengecekan *Gymbal*.
- b. Pengecekan *GCP* Geodetik

Pengecekan GPS ini dilakukan agar mengetahui GPS masih baik untuk digunakan dalam proses pengambilan data

  - ✓ Pengecekan Baterai
  - ✓ Pengecekan Antena
  - ✓ Pengecekan Jaringan
  - ✓ Pengecekan *Base* dan *Rover*
- 2) Perencanaan Jalur Terbang

Hal yang perlu dilakukan pada tahap ini adalah:

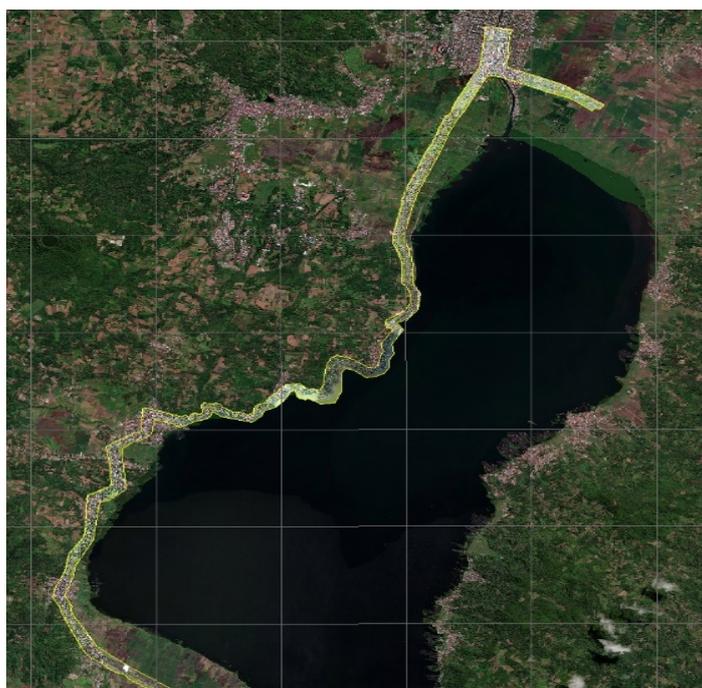
  - a) Menentukan area yang akan dipetakan, kemudian gunakan *Pix4D Capture* pada *smartphone* untuk akuisisi data secara *autopilot*.
  - b) Akuisisi data foto udara dilakukan pada area yang tumpang tindih atau bertampalan dengan *side overlap* 80% dan *forward overlap* 80% agar mempermudah dalam proses pengolahan data foto udara.
- 3) Rencana Sebaran *GCP*

Membuat atau mendesain perencanaan sebaran titik *GCP* serta pemasangan *premark*.
- 4) Pengambilan Data Foto Udara

Pengambilan data foto udara ini menggunakan wahana *Drone DJI Mavic 2 Pro*.
- 5) 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*.
- 6) Bila hasil ketelitian sesuai dengan PERKA BIG No.1 Tahun 2014, maka hasil *orthophoto* dilanjutkan pada proses layout. Sesudahnya akan didapatkan hasil serta dapat menyimpulkan hasil tersebut. Tahapan selesai.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Lokasi yang dipetakan yaitu Ruas Jalan Lingkar Danau Tondano STA 21+100 – STA 44+200 atau dari SPBU Kiniar (Tondano) sampai dengan Indomaret Kakas (Kakas). Pemetaan ini dilakukan menggunakan metode *Small Unmanned Aerial Vehicle* (SUAV) *Drone DJI Mavic 2 Pro* dan GPS Geodetik SINO GNSS T300 serta metode yang digunakan pada saat perekaman adalah metode NTRIP-RTK (*Network Transport RTCM via Internet Protocol – Real Time Kinematik*).



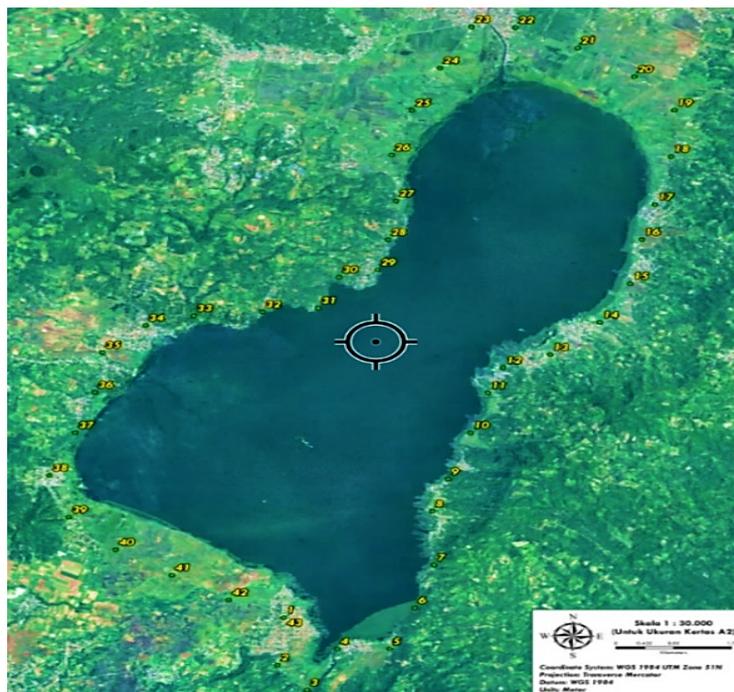
Gambar 3. Lokasi Penelitian  
(Sumber: *Software ArcGIS*)

Pengukuran *Ground Control Point* (GCP) menggunakan alat GPS Geodetik. Pengukuran GCP ini dilakukan pada titik yang sudah diberikan *bench mark* sebagai titik pengikat dalam 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 zona 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. Tingkat akurasi koordinat ini sekitar 3 mm karena diambil saat GPS menunjukkan “*Fixed*”, yang artinya sangat akurat. Berikut hasil perekaman dan pengukuran GCP.

Tabel 2. 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. Sebaran Titik GCP pada *Software Avenza Maps*

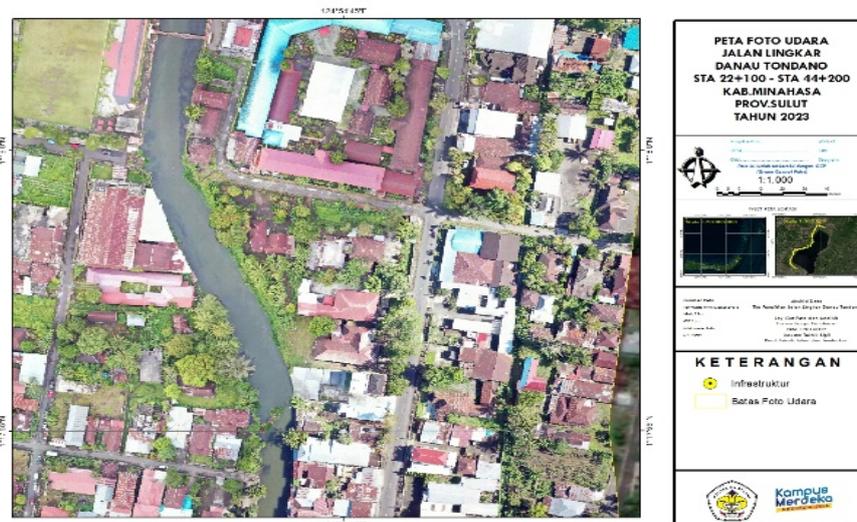


Gambar 5. Sebaran Titik GCP

Hasil Orthophoto setelah melewati tahap pengolahan seperti pada Gambar 10.



Gambar 6. Hasil Orthophoto



Gambar 7. Peta 1:1000

Analisis *Georeferencing* adalah analisis tingkat *error* pembuatan titik GCP antar gambar pada *Software Agisoft Metashape*. Pada Tabel 3 di bawah ini memperlihatkan hasil *error Georeferencing*.

Tabel 3. 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	2.7608	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 3 di atas 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.

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.15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Uji ketelitian pada penelitian ini dilakukan terhadap koordinat horizontal (X;Y) dan koordinat vertikal (Z).

Tabel 4. Ketelitian Geometrik Peta RBI

No	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horisontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horisontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horisontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)
1	1:1.000.000	400	300	200	600	300	900,0	400
2	1:500.000	200	150	100	300	150	450,0	200
3	1:250.000	100	75	50	150	75	225,0	100
4	1:100.000	40	30	20	60	30	90,0	40
5	1:50.000	20	15	10	30	15	45,0	20
6	1:25.000	10	7,5	5	15	7,5	22,5	10
7	1:10.000	4	3	2	6	3	9,0	4
8	1:5.000	2	1,5	1	3	1,5	4,5	2
9	1:2.500	1	0,75	0,5	1,5	0,75	2,3	1
10	1:1.000	0,4	0,3	0,2	0,6	0,3	0,9	0,4

(Sumber: Perka BIG No.6 Tahun 2018)

*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.

Di bawah ini adalah rumus dalam analisis akurasi menggunakan perhitungan berdasarkan pada Peraturan Badan Informasi Geospasial No. 6 Tahun 2018:

$$RMSEr = \sqrt{\frac{\sum[(X_{pengukuran} - X_{peta})^2 + (Y_{pengukuran} - Y_{peta})^2]}{n}}$$

$$RMSEz = \sqrt{\frac{\sum(Z_{pengukuran} - Z_{peta})^2}{n}}$$

dengan,

n : jumlah total pengecekan pada peta

X : nilai koordinat pada sumbu x

Y : nilai koordinat pada sumbu y

Z : nilai koordinat pada sumbu z

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

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

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

dengan,

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

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

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

$$\text{Akurasi Horizontal NMAS} = CE90 = 1,5175 \times RMSEr (0,00219)$$

Maka didapatkan nilai sebesar 0.003 meter untuk nilai akurasi horizontal. Kemudian dilakukan pengujian terhadap hasil tersebut. Lihat pada Tabel 5 di bawah ini:

Tabel 5. Uji CE90 Untuk 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	709727.651	709727.651	0.0000	0.0000000	130304.374	130304.374	0.0000	0.0000000	0.0000000
2	GCP002	709667.941	709667.941	-0.0001	0.0000000	129327.763	129327.763	0.0001	0.0000000	0.0000000
3	GCP021	714070.723	714070.723	0.0000	0.0000000	142651.166	142651.166	0.0000	0.0000000	0.0000000
4	GCP022	713152.673	713152.673	0.0000	0.0000000	143087.443	143087.443	0.0000	0.0000000	0.0000000
5	GCP023	712513.059	712513.059	0.0004	0.0000001	143120.660	143120.66	0.0000	0.0000000	0.0000001
6	GCP024	712036.166	712036.169	0.0026	0.0000066	142187.113	142187.112	-0.0011	0.0000012	0.0000078
7	GCP025	711608.807	711608.809	0.0024	0.0000058	141255.867	141255.866	-0.0012	0.0000014	0.0000071
8	GCP026	711326.841	711326.841	0.0000	0.0000000	140301.388	140301.388	0.0001	0.0000000	0.0000000
9	GCP027	711391.848	711391.848	0.0000	0.0000000	139333.827	139333.827	0.0000	0.0000000	0.0000000
10	GCP028	711277.229	711277.229	0.0001	0.0000000	138508.389	138508.389	-0.0001	0.0000000	0.0000000
11	GCP029	711125.302	711125.302	0.0004	0.0000002	137875.924	137875.924	-0.0003	0.0000001	0.0000003
12	GCP030	710577.929	710577.928	-0.0010	0.0000009	137693.083	137693.083	0.0000	0.0000000	0.0000009
13	GCP031	710250.038	710250.039	0.0012	0.0000014	137031.831	137031.831	0.0000	0.0000000	0.0000014
14	GCP032	709430.381	709430.380	-0.0008	0.0000007	136948.533	136948.533	0.0005	0.0000002	0.0000009
15	GCP033	708415.703	708415.703	0.0001	0.0000000	136866.519	136866.519	-0.0001	0.0000000	0.0000000
16	GCP034	707762.330	707762.330	0.0000	0.0000000	136637.580	136637.58	-0.0001	0.0000000	0.0000000
17	GCP035	707114.225	707114.225	0.0003	0.0000001	136103.291	136103.291	0.0001	0.0000000	0.0000001
18	GCP036	706958.956	706958.956	0.0000	0.0000000	135209.683	135209.683	0.0000	0.0000000	0.0000000
19	GCP037	706705.126	706705.125	-0.0007	0.0000005	134431.173	134431.173	0.0004	0.0000001	0.0000006
20	GCP038	706295.973	706295.963	-0.0008	0.0000058	133422.178	133422.178	-0.0001	0.0000000	0.0000058
21	GCP039	706573.368	706573.368	0.0001	0.0000000	132520.360	132520.36	-0.0001	0.0000000	0.0000000
22	GCP040	707279.482	707279.482	0.0000	0.0000000	131790.993	131790.993	0.0001	0.0000000	0.0000000
23	GCP041	708089.246	708089.246	-0.0002	0.0000000	131254.016	131254.016	-0.0002	0.0000000	0.0000001
24	GCP042	708911.660	708911.660	0.0001	0.0000000	130730.192	130730.192	0.0000	0.0000000	0.0000000
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 ke dalam orde kelas 1 (baik) dengan ketelitian maksimum sebesar 0,3 m.

Tahapan selanjutnya yaitu uji akurasi ketelitian vertikal 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 seperti pada Tabel 6 di bawah ini:

Tabel 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	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	766.627536	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 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.

## SIMPULAN

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

1. Penelitian ini dilakukan di ruas jalan lingkar Danau Tondano Desa Kiniar – 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. Maka 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).

## DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. (2018). Kajian Akurasi Peta Ortofoto Dari Data Wahana Udara Tanpa Awak (WUTA). Yogyakarta: Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Bambang, S. dan S. Tullus. (2014). Fotogrametri dan Penginderaan Jauh
- Hartini, K.S, *et al.* (2019). Pemetaan Menggunakan UAV
- Maulana R. (2018). Perencanaan Jalur Terbang Tanpa Pilot Pada Proses Pengumpulan Data Untuk Pemetaan Dengan Penerbangan Tanpa Awak.

- Muhammad, Emawati H., Mujahiddin D.E. (2021). Pemanfaatan Peswat 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
- Prayogo, Harianja I. P., Manoppo, F. J., dan Lefrandt, L. 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
- Prasetyo A.A.Y, dan Yuwono B. (2017). Pengujian Akurasi Dan Ketelitian Planimetrik Pada Pemetaan Bidang Tanah Pemukiman Skala Besar Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (Uav). *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1)
- 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
- Ramdhan. (2014). Pemotretan Udara
- Subakti, B. (2017). Pemanfaatan Foto Udara UAV Untuk Pemodelan Bangunan 3D Dengan Metode Otomatis. *ITN Malang*, 15(30), 15 – 30
- 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.