

PEMETAAN FOTO UDARA KAWASAN KEMAH KERJA TAHUN 2023 MENGGUNAKAN PESAWAT UDARA NIR AWAK (PUNA)

(Studi Kasus: Tempat Pengolahan Dan Pemrosesan Akhir Sampah, Kecamatan Nagreg)

Sazar Gorib¹, Ir Achmad Ruchlihadiana T., MM.²

¹Mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

²Dosen Pembimbing Teknik Geodesi Universitas Winaya Mukti, Bandung

ABSTRACT

Advancements in aviation and sensor technology have enabled more accurate and efficient data collection from the air. The utilization of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) as a platform for aerial mapping includes technological developments, the need for accurate spatial information, and the broad applications of aerial mapping data. To produce accurate aerial maps, the configuration of Ground Control Points (GCP) and Independent Control Points (ICP) is required, which significantly affects the accuracy of aerial photo mapping.

This research was conducted using the method of ortho-photo rectification with GCP and validated by ICP. The spatial data used were the results of aerial photo acquisition with UAVs, including coordinate values consisting of 5 points for GCP and 12 points for ICP that were configured. Accuracy testing involved both horizontal and vertical accuracy tests to determine the scale classification used, in accordance with the Geospatial Information Agency Regulation No. 6 of 2018.

The results of this study showed that the horizontal accuracy test result was 0.155 cm, thus meeting the optimum scale of 1:1000 for Class 1, and the vertical accuracy was 0.796 cm, meeting the optimum scale of 1:2500 for Class 3, based on the geometric accuracy of Indonesia's Topographic Map.

Keywords: UAV, GCP, ICP, accuracy.

ABSTRAK

Perkembangan teknologi dalam bidang penerbangan dan sensor telah memungkinkan pengumpulan data yang lebih akurat dan efisien dari udara, pemanfaatan Pesawat Udara Nir Awak (PUNA) sebagai wahana pemetaan udara meliputi perkembangan teknologi, kebutuhan akan informasi spasial yang akurat, serta aplikasi yang luas dari data pemetaan udara. Untuk menghasilkan peta foto udara yang akurat diperlukan konfigurasi *Ground Control Point* (GCP) dan *Independent Control Point* (ICP) yang akan berpengaruh terhadap ketelitian dalam pemetaan foto udara.

Penelitian ini dilakukan dengan metode merektifikasi ortofoto menggunakan GCP dan divalidasi oleh ICP. Data spasial yang digunakan merupakan hasil dari akuisisi foto udara dengan Pesawat Udara Nir Awak (PUNA) serta nilai koordinat yang berjumlah 5 titik untuk GCP dan 12 titik untuk ICP yang telah di konfigurasi. Pengujian akurasi meliputi uji akurasi horizontal dan vertikal untuk mengetahui klasifikasi skala yang digunakan sesuai dengan Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018.

Dalam penelitian ini menunjukkan bahwa hasil uji akurasi horizontal yaitu sebesar 0.155 cm sehingga memenuhi skala optimum 1:1000 untuk kelas 1 dan akurasi vertikal sebesar 0.796 cm sehingga memenuhi skala optimum 1:2500 untuk kelas 3 berdasarkan

ketelitian geometric peta Rupa Bumi Indonesia

Kata kunci: PUNA, GCP, ICP, akurasi

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pemetaan udara adalah proses memperoleh informasi tentang permukaan bumi dan objek-objek di atasnya menggunakan wahana berupa pesawat terbang atau satelit, serta menganalisis data yang diperoleh untuk berbagai tujuan. Latar belakang pemetaan udara meliputi perkembangan teknologi, kebutuhan akan informasi spasial yang akurat, serta aplikasi yang luas dari data pemetaan udara.

Perkembangan teknologi dalam bidang penerbangan dan sensor telah memungkinkan pengumpulan data yang lebih akurat dan efisien dari udara. Sensor seperti kamera udara, Light Detection and Ranging (Lidar), dan radar memiliki kemampuan untuk mengumpulkan informasi dalam resolusi tinggi dari ketinggian yang berbeda.

Seiring dengan berkembangnya teknologi, seperti pengopersian, komputerisasi dan perangkat lunaknya, sehingga dalam penyajian data foto udara menjadi cepat dan mudah. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) atau yang disebut juga dengan pesawat udara nir awak merupakan pengembangan teknologi wahana fotogrametri untuk memperoleh data secara praktis dan mudah. Dalam memperoleh ketelitian geometri yang lebih merepresentasikan dengan koordinat tanah diperlukan Titik Kontrol atau Ground Control Point (GCP) dalam fotogrametri.

Pada penelitian ini, pemetaan foto udara dengan GCP merupakan proses melengkapi penyajian visual dari objek-objek dan atau data area tersebut agar lebih mudah dipahami. Sehingga memudahkan dalam menganalisis untuk kebijakan yang akan diambil.

Foto udara dengan GCP adalah citra udara yang diambil dari pesawat terbang atau drone dan digunakan dalam

pemetaan dan analisis geospasial. GCP adalah titik-titik referensi yang diketahui koordinatnya dengan sangat tepat dan ditempatkan di lapangan sebelum atau sesudah pengambilan gambar. Penggunaan GCP penting untuk meningkatkan akurasi dan kualitas citra udara serta memastikan bahwa citra tersebut dapat diintegrasikan dengan sistem koordinat yang dikenali.

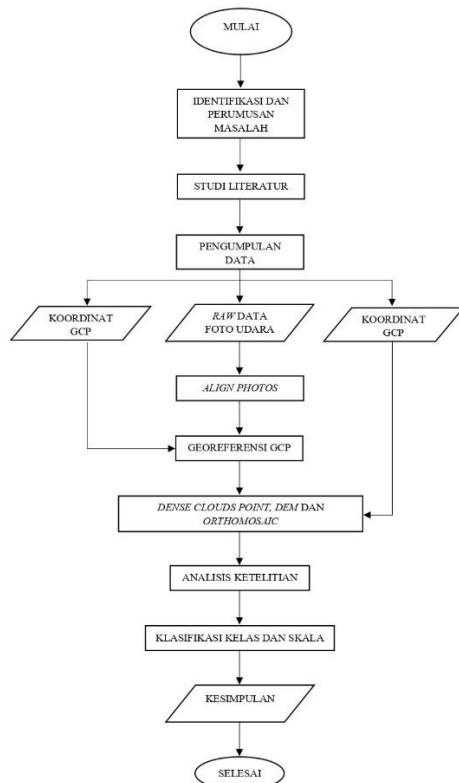
METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan data spasial yakni data hasil pengambilan foto udara dengan Pesawat Udara Nir Awak dan data koordinat GCP dan ICP. Data penelitian tersebut adalah data primer. Data tersebut kemudian dilakukan pengumpulan, pengolahan dan analisis dengan menggunakan metode penelitian.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode kuantitatif yang berfokus pada mengumpulkan, menganalisis dan menginterpretasikan informasi. Pada penelitian ini digunakan beberapa tahapan metode dalam pengolahan data untuk menghasilkan informasi. Tahapan tersebut antara lain pengumpulan data, pengolahan data dan analisis hasil.

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian merupakan rencana menyeluruh dari penelitian yang akan dilakukan. Rancangan penelitian berupa kerangka pemikiran yang akan dilakukan pada tugas akhir ini. Rancangan penelitian pada tugas akhir ini disajikan pada diagram alir berikut:



Gambar 1. Rancangan Penelitian

Tahap Pengolahan Data

Pada pengolahan foto udara menggunakan perangkat lunak pengolahan foto udara. Dengan tahapan sebagai berikut:

a. Align Photos

Align Photos atau penggabungan foto yang sudah terpilih. Teknik *generic* digunakan untuk mempercepat proses *alignment photo* karena secara otomatis akan melakukan *scan* pada foto yang memiliki pandangan sama.

b. Georeference GCP

Import GCP dilakukan untuk memberi referensi koordinat X, Y, Z terhadap proses align photos, sehingga DEM dan orthophoto yang dibentuk dapat diperbaiki kualitas geometriku.

c. Build Point Clouds

Point clouds adalah kumpulan titik tinggi dalam jumlah ribuan hingga jutaan titik yang dihasilkan dari pemrosesan fotogrametri foto udara.

d. Build Digital Elevation Model (DEM)

DEM adalah model medan digital dalam format *raster/grid* yang biasanya

digunakan dalam analisis spasial berbasis *raster*. Dari data DEM biasanya dapat diturunkan informasi elevasi, lereng, aspek, arah penyinaran, hingga ke pemodelan lebih lanjut seperti cut and fill, *visibility* dan lain-lain. Terdapat dua terminologi terkait DEM, yaitu *Digital Surface Model (DSM)* atau ketinggian dihitung dari permukaan penutup lahan, seperti atap bangunan, atap pohon, jembatan dan lain-lain dan *Digital Terrain Model (DTM)* atau ketinggian dihitung dari permukaan tanah.

e. Build Orthomosaic

Orthomosaic adalah foto udara yang telah dikoreksi kesalahan geometriku menggunakan data DEM sehingga dapat dimanfaatkan untuk kepentingan pemetaan.

f. Uji Ketelitian Posisi Horizontal dan Posisi Vertikal

Uji ketelitian posisi ortofoto yang diolah menggunakan koordinat GCP akan divalidasi dengan koordinat ICP, ketelitian horizontal didapatkan dari selisih perhitungan nilai koordinat horizontal pada ortofoto yang diolah menggunakan koordinat GCP dengan nilai koordinat horizontal hasil pengamatan GNSS pada ICP, sedangkan untuk ketelitian vertikal di dapatkan dari selisih perhitungan nilai koordinat Z pada DTM dengan hasil pengamatan GNSS pada ICP.

Nilai Z yang digunakan adalah nilai Z geometrik baik pada DTM maupun pada hasil pengamatan GNSS. perhitungan uji ketelitian dilakukan untuk mendapatkan nilai RMSE.

Tabel 1. Ketelitian Geometri Peta RBI (BIG,2018)

No.	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta RBI					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (CE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (CE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (CE90 dalam m)
1	1:1000.000	400	300	200	600	300	900	400
2	09.20.0	200	150	100	300	150	450	200
3	05.10.0	100	75	50	150	75	225	100
4	02.40.0	40	30	20	60	30	90	40
5	01.50.0	20	15	10	30	15	45	20
6	01.25.0	10	7.5	5	15	7.5	22.5	10
7	01.10.0	4	3	2	6	3	9	4
8	01.05.0	2	1.5	1	3	1.5	4.5	2
9	01.02.5	1	0.75	0.5	1.5	0.75	2.3	1
10	01.01.0	0.4	0.3	0.2	0.6	0.3	0.9	0.4

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Akuisisi Data

Akuisisi data foto udara menghasilkan 2 misi penerbangan pada hari yang sama, sedangkan untuk akuisisi data GCP dan ICP dilakukan sebelum pengambilan foto udara dengan jumlah titik pengukuran GCP sebanyak 5 titik dan ICP sebanyak 12 titik.

Akuisisi data foto udara dengan 2 misi jalur terbang dengan total foto yang didapat sebanyak 681 foto. Disajikan pada gambar berikut:



Gambar 2. Misi Penerbangan

Pengukuran GCP dilakukan dengan pengamatan GNSS dengan metode static. Dengan data GCP sebanyak 5 titik disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2. Data GCP

GCP	N	E	Z
GCP 1	9222460,489	820861,388	954,339
GCP 2	9222767,830	820753,826	995,235
GCP 3	9222627,246	820514,562	956,655
GCP 4	9222421,413	820167,725	860,418
GCP 5	9222618,071	820170,823	890,853

Sedangkan pengukuran apada data ICP dilakukan pengamatan GNSS metode *Real Time Kinematik* (RTK) sebanyak 12 titik. Disajikan tabel berikut:

Tabel 3. Data ICP

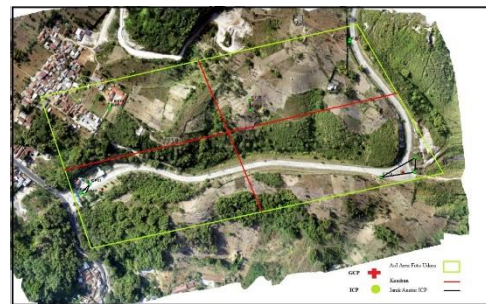
ICP	N	E	Z
ICP11	9222461,366	820887,601	953,871
ICP12	9222495,874	820889,852	955,103
ICP13	9222449,372	820809,872	952,839
ICP21	9222768,208	820739,301	995,846
ICP22	9222761,977	820738,141	995,243
ICP31	9222604,655	820508,210	949,240
ICP32	9222626,169	820507,595	954,969
ICP41	9222433,765	820138,306	859,219
ICP42	9222413,710	820118,180	857,701
ICP43	9222410,347	820127,566	858,066
ICP51	9222607,960	820184,130	892,738
ICP52	9222617,663	820190,443	893,118

B. Konfigurasi GCP dan ICP

Dalam proses ortorektifikasi diperlukan GCP yang tersebar secara merata pada daerah pemetaan. Sebaran

GCP tergantung pada desain jaringan yang dibuat pada proses pengadaan GCP. Desain GCP yang ideal pada setiap scene citra adalah dengan memperhitungkan faktor di atas yaitu tersebar GCP secara merata pada cakupan areal pemetaan yang akan digunakan dalam proses ortorektifikasi citra.

ICP Merupakan titik kontrol tanah yang akan digunakan sebagai titik uji hasil ortorektifikasi. Syarat persebaran ICP adalah obyek yang digunakan sebagai titik uji harus memiliki sebaran yang merata di seluruh area yang akan diuji. Sebaran titik uji ketelitian geometri menggunakan aturan distribusi titik uji, area yang akan di uji dibagi menjadi 4 kuadran dengan distribusi ideal titik uji di setiap kuadran setidaknya sejumlah 20% (persen) dari keseluruhan jumlah titik uji (n). Jarak antar titik uji dengan interval minimal 10% (persen) dari jarak diagonal (C) kumpulan data (SNI 8202:2015).



Gambar 3. Sebaran GCP dan ICP

Pada gambar 4.3 jumlah ICP sebanyak 12 titik yang tersebar pada 4 kuadran area foto udara, pada kuadran 1 terdapat 4 titik ICP, kuadran 2 terdapat 3 titik ICP, kuadran 3 terdapat 3 titik ICP dan kuadran 4 terdapat 2 titik ICP.

C. Uji Ketelitian Geometri Klasifikasi Kelas dan Skala Peta

Uji ketelitian hasil ortofoto yang diolah menggunakan koordinat GCP di uji dengan membandingkan antara ICP hasil ortofoto dengan ICP hasil akuisisi data. Uji ketelitian dilakukan dengan membandingkan nilai koordinat posisi horizontal dan vertikal. Koordinat posisi horizontal menggunakan perbandingan antara hasil ortofoto yang diolah

menggunakan koordinat GCP dengan hasil pengamatan GNSS pada ICP.

Tabel 4. Hasil Uji Ketelitian Horizontal

Uji Ketelitian Horizontal							
TITIK UJI	ORTOFOTO		GNSS		SQUARE		
	E	N	E	N	DE ²	DN ²	E ² +Z ²
ICP11	820887,601	9222461,366	820887,704	9222461,328	0,011	0,001	0,012
ICP12	820889,852	9222495,874	820889,954	9222495,859	0,010	0,000	0,011
ICP13	820809,827	9222449,372	820809,727	9222449,346	0,010	0,001	0,011
ICP21	820739,301	9222768,208	820739,472	9222768,312	0,029	0,011	0,040
ICP22	820738,141	9222761,977	820738,234	9222761,995	0,009	0,000	0,009
ICP31	820508,210	9222604,655	820508,332	9222604,583	0,015	0,005	0,020
ICP32	820507,595	9222626,169	820507,600	9222626,153	0,000	0,000	0,000
ICP41	820138,306	9222433,765	820138,307	9222433,737	0,000	0,001	0,001
ICP42	820118,180	9222413,710	820118,214	9222413,752	0,001	0,002	0,003
ICP43	820127,566	9222410,347	820127,524	9222410,418	0,002	0,005	0,007
ICP51	820184,130	9222607,960	820184,063	9222607,958	0,005	0,000	0,005
ICP52	820190,443	9222617,663	820190,363	9222617,683	0,006	0,000	0,007
Dalam satuan meter (m)					SUM	0,125	
					MEAN	0,010	
					RMSE	0,102	
					CE90	0,155	

Berdasarkan pada tabel 4 memiliki selisih hasil komparasi pada ketelitian titik uji ICP sehingga menghasilkan RMSE sebesar 0,102 meter dan nilai ukuran ketelitian geometri horizontal CE90 sebesar 0,155 meter.

Ketelitian kelas peta dapat diketahui dengan menghitung nilai CE90 Setelah mengetahui nilai tentunya dapat dilakukan pembagian kelas ketelitian peta pada skala tertentu. Berikut data hasil klasifikasi skala ortofoto menggunakan GCP.

Tabel 5. Hasil Klasifikasi Ketelitian Horizontal

Ketelitian	Ketelitian Horizontal			
	Hasil uji CE90	Ketelitian Peta Skala 1 : 1000		
		Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
GCP	0,155	0,2	0,3	0,5

Pada tabel 5 menunjukkan nilai ketelitian horizontal yang dihasilkan untuk nilai CE90 pada ortofoto telah diolah menggunakan koordinat GCP sebesar 0,155 m. Oleh sebab itu ketelitian peta RBI untuk ortofoto yang diolah menggunakan GCP menghasilkan peta dengan skala 1: 1000 pada kelas 1.

Sedangkan untuk ketelitian vertikal dengan cara membandingkan selisih tinggi antara titik uji ICP ortofoto dengan hasil akuisisi data dilapangan menggunakan GNSS. Tabel selisih tinggi antara titik uji ICP ortofoto dengan hasil data akuisisi dilapangan disajikan pada tabel berikut:

Tabel 6. Hasil Uji Ketelitian Vertikal

Uji Ketelitian Vertikal				
Titik Uji	Ortofoto	GNSS	Square	
	Z (m)	Z(m)	DZ(m)	DZ ² (m)
ICP11	954,134	953,871	0,263	0,069
ICP12	955,466	955,103	0,363	0,132
ICP13	952,826	952,839	-0,013	0,000
ICP21	996,161	995,846	0,315	0,099
ICP22	995,369	995,243	0,126	0,016
ICP31	949,260	949,237	0,023	0,001
ICP32	955,808	954,969	0,839	0,704
ICP41	859,687	859,219	0,468	0,219
ICP42	858,031	857,701	0,330	0,109
ICP43	858,490	858,066	0,424	0,180
ICP51	893,605	892,738	0,867	0,752
ICP52	893,833	893,118	0,716	0,512
			SUM	2,793
			MEAN	0,233
			RMSE	0,482
			LE90	0,796

Berdasarkan pada tabel 6 memiliki selisih hasil perbandingan pada ketelitian titik uji ICP sehingga menghasilkan RMSE sebesar 0,482 meter dan nilai ukuran ketelitian geometri vertikal LE90 sebesar 0,796 meter.

Ketelitian kelas peta dapat diketahui dengan menghitung nilai LE90 Setelah mengetahui nilai tentunya dapat dilakukan pembagian kelas ketelitian peta pada skala tertentu. Berikut data hasil klasifikasi skala ortofoto menggunakan GCP.

Tabel 7. Hasil Klasifikasi Ketelitian Vertikal

Ketelitian	Ketelitian Vertikal			
	Hasil uji LE90	Ketelitian Peta Skala 1 : 2500		
		Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
GCP	0,796	0,5	0,75	1,25

Pada tabel 7 menunjukan nilai ketelitian vertikal yang dihasilkan untuk nilai LE90 pada ortofoto yang telah diolah menggunakan koordinat GCP sebesar 0,796 m. Oleh sebab itu ketelitian peta RBI untuk ortofoto yang diolah menggunakan GCP menghasilkan peta dengan skala 1: 2500 pada kelas 3.

D. Hasil Peta Foto Udara, DTM dan Sebaran GCP dan ICP

- Peta foto Udara Kawasan Kemah Kerja Tahun 2023 dengan skala 1:3.000 terdapat pada gambar 4.

- antar titik uji ICP minimum 10% dari jarak diagonal area yang diuji
3. Ketika melakukan pengolahan data, harus diperhatikan titik GCP yang diperlukan untuk dilakukan reposisi disebabkan apabila titik GCP tidak sesuai dengan premark maka akan mempengaruhi nilai RMSE.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Rizal A. (2017). *Optimasi Sebaran Titik Gcp Dan Icp Pada Proses Ortorektifikasi Citra Resolusi Tinggi Untuk Pembuatan Peta Skala 1:5.000*. Tugas Akhir: ITS Surabaya.
- Al Ayyub, Ahmad Solihuddin. (2017). Analisis Planimetrik Hasil Pemetaan Foto Udara Skala 1:1000 Menggunakan Wahana Fix Wing Uav (Studi Kasus : Kampus ITS Sukolilo). Tugas Akhir: Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. RG 141536
- Badan Informasi geospasial. (2021). *Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 6 Tahun 2018 tentang Perubahan atas Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar*. Bogor: Badan Informasi Geospasial
- Chandra Nugraha. (2024). *Analisis Perbandingan Ketelitian Ortofoto Hasil Rektifikasi Menggunakan Metode Post Processing Kinematic (PPK) Dan Ground Control Point (GCP)*. Tugas Akhir: Universitas Winaya Mukti.
- Dhanardono,B. (2021). *Teknik Fotogrametri: Prinsip, Metode, dan Aplikasi*. Jakarta: Penerbit ABC, 2021.
- Firdaus, N. (2020). *Historiografi Drone: Dari Militer Hingga Sinema*. Jakarta: UPN Veteran Jakarta.
- Förstner, W., & Wrobel, B. P. (2014). *Photogrammetric Computer Vision: Statistics, Geometry, Orientation and Reconstruction*. De Gruyter.
- Fransisca Dwi A, (2022). *Pembuatan Peta Kemiringan Lereng Menggunakan DEM Presisi Foto Udara Untuk Mitigasi Bencana Longsor*, Malang: ITN Malang.
- Kraus, K. (2011). *Photogrammetry: Geometry from Images and Laser Scans*. Berlin: Walter de Gruyter.
- Marshall, S. (2016). *Photogrammetry: An Introduction to the Techniques and Applications*. New York: CRC Press
- Munir. (2012). *Pemetaan dan Geografi Wilayah*. Yogyakarta: Pustaka Geografi.
- Nasution. (2016). *Peta dan Penggunaannya*. Jakarta: Pustaka Ilmu.
- Prayogo, A. (2020). *Ground Control Points (GCP) dalam Fotogrametri: Teori dan Aplikasi*. Bandung: Penerbit XYZ.
- Rizal,M. (2017). *Analisis Sebaran Ground Control Points (GCP) dalam Pemetaan Fotogrametri*. Yogyakarta: Penerbit Nusantara.
- Robinson, Arthur H. (1995) *Elements of Cartography*. 6th ed. New York: John Wiley & Sons.
- Sugiyono. (2006). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Sugiyono. (2016). *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Wicaksono, Felix Yanuar. (2009). *Apa Itu Foto Udara?*. Yogyakarta: Badan Perpustakaan dan Arsip Daerah Provinsi DIY.