

Analisis Perhitungan Luas Lahan Jalan Berbasis UAV dan GPS (Studi Kasus : Proyek PLTA Kabupaten Karo)

Josua Riskinanta Ginting*, Mohammad Abdul Basyid

Program Studi Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional, Bandung

*Koresponden email: gintingjosua809@gmail.com

Diterima: 1 Agustus 2025

Disetujui: 13 Agustus 2025

Abstract

Hydroelectric power plants are power generation systems generally built in areas with abundant water availability and significant differences in elevation, such as upstream or near large dams. In Karo district, hydroelectric power plants are an important aspect, so their mapping must be ensured to be accurate. Inaccuracies in measuring land area can have significant consequences for land compensation costs, construction costs, and the overall operational efficiency of hydroelectric power plants (PLTA). Therefore, the use of advances in mapping technology has led to the emergence of various survey methodologies, each of which provides a significant level of accuracy and efficiency. One of them, the Global Positioning System (GPS), has been widely applied in terrestrial survey methods for land assessment because of its capacity to obtain very accurate coordinates. This study used comparative measurements with terrestrial survey and photogrammetry approaches. This comparison attempts to offer recommendations for the most efficient and appropriate measurement methods for the project. The results obtained can be concluded that the difference in area between the GPS and UAV methods is not much different and it can be concluded that the use of the UAV method can be used for calculating areas with minimal operational costs

Keywords: *gps accuracy; uav photogrammetry; uav technology; gps systems; geospatial mapping*

Abstrak

PLTA adalah sistem pembangkit listrik umumnya dibangun di daerah dengan ketersediaan air yang melimpah dan memiliki perbedaan ketinggian yang signifikan, seperti di hulu sungai atau dekat bendungan besar. Di kabupaten Karo, PLTA merupakan salah satu aspek penting sehingga pemetaannya harus dipastikan akurasi. Ketidakakuratan dalam pengukuran luas lahan dapat mengakibatkan konsekuensi yang signifikan terhadap biaya ganti rugi lahan, biaya pembangunan dan efisiensi operasional pembangkit listrik tenaga air (PLTA) secara keseluruhan. Oleh karena itu dengan adanya pemanfaatan kemajuan teknologi pemetaan telah menyebabkan munculnya berbagai metodologi survei, yang masing-masing memberikan tingkat akurasi dan efisiensi yang berarti. Salah satunya yaitu Global Positioning System (GPS) telah banyak diaplikasikan dalam metode survei terestrial untuk penilaian lahan karena kapasitasnya untuk memperoleh koordinat yang sangat akurat. Dalam penelitian ini digunakan pengukuran perbandingan dengan metode pendekatan survei terestrial dan fotogrametri. Perbandingan ini berupaya untuk menawarkan rekomendasi metode pengukuran yang paling efisien dan tepat untuk proyek tersebut. Hasil yang didapat bisa disimpulkan bahwa perbedaan luas antara metode GPS dan UAV tidak berbanding jauh dan dapat disimpulkan bahwa penggunaan metode UAV bisa digunakan untuk perhitungan luas dengan biaya operasional yang minim.

Kata Kunci: *akurasi gps; fotogrametri uav; teknologi uav; sistem gps; pemetaan geospasial*

1. Pendahuluan

Sistem *Global Navigation Satellite System* (GNSS) terdiri dari konstelasi satelit yang terus-menerus mengirimkan sinyal dalam berbagai frekuensi, yang memberikan informasi waktu dan lokasi yang dapat diakses dari titik permukaan bumi [1]. GNSS memainkan peran penting dalam navigasi, GNSS yang ada saat ini meliputi GPS (*Global Positioning System*) milik Amerika Serikat, GLONASS (*Global Navigation Satellite System*) milik Rusia, GALILEO milik Uni Eropa dan COMPASS atau Bei-Dou milik China [2]. Dengan meluncurkan sejumlah satelit ke ruang angkasa, India dan Jepang telah meningkatkan kemampuan GNSS regional mereka, menambah kemampuan sistem global untuk meningkatkan cakupan regional [3].

Metode *Real Time Kinematic* (RTK) memungkinkan pengamatan diferensial dengan menggunakan minimal dua penerima GNSS yang bekerja secara bersamaan dengan data phase. Koreksi data dikirimkan ke rover secara satu arah melalui transmisi radio dari base station ke rover [4]. Sistem RTK ini dapat digunakan untuk menemukan posisi objek yang bergerak dan diam, sehingga mereka dapat melakukan

survey GPS real-time dan navigasi berketelitian tinggi. Sistem ini dapat digunakan untuk berbagai tujuan [5]. Ini termasuk survei pertambangan, survey rekayasa dan utilitas, penentuan dan rekonstruksi batas persil tanah, dan stacking out. Selain itu, sistem ini dapat digunakan untuk aplikasi lainnya yang memerlukan informasi posisi horizontal atau perbedaan tinggi secara cepat dengan ketelitian yang tinggi [6].

Metode NTRK menggunakan beberapa base (atau banyak base) sebagai referensi terus beroperasi (CORS) [7]. Ini membuat cakupan koreksi antara rover dan base mencapai hingga 70 hingga 100 kilometer (km). Ini berbeda dengan RTK, yang hanya menggunakan satu base. Dalam hal akurasi dan redundansi, NRTK jauh lebih baik daripada menggunakan RTK. Prinsip NRTK, stasiun referensi merekam data satelit GNSS secara kontinu, yang kemudian disimpan dan diteruskan ke server Network NTRK secara bersamaan melalui jaringan internet [5].

CORS adalah salah satu jenis sistem referensi Global Navigation Satellite System (GNSS) yang beroperasi 24 jam sehari. GNSS sendiri merupakan suatu sistem satelit yang terdiri dari konstelasi satelit yang mengirimkan berbagai macam sinyal dengan frekuensi yang terus menerus dan dapat diakses dengan mudah. Saat ini, GNSS sangat penting dalam industri navigasi [8]. GNSS terdiri dari beberapa satelit yang dikembangkan oleh berbagai negara seperti GPS (Global Navigation Satellite) milik Amerika Serikat, GLONASS (Global Navigation Satellite System) milik Rusia, GALILEO milik Uni Eropa, Bei-dou milik China, dan QZSS milik Jepang. Semua satelit ini membantu pengguna menemukan lokasi dengan cepat, akurat, dan dalam waktu nyata (real-time) [3].

Fotogrametri didefinisikan oleh *American Society of Photogrammetry and Remote Sensing* (ASPRS) sebagai seni, ilmu, dan teknologi untuk mendapatkan informasi akurat tentang objek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran, dan interpretasi gambar fotografik pada pola radiasi tenaga elektromagnetik yang terekam. Menurut Aries (2018), fotogrametri dapat terdiri dari dua subdisiplin yaitu fotogrametri metrik dan fotogrametri interpretative [9].

Fotogrametri UAV dapat didefinisikan sebagai platform pengukuran fotogrametri dari jarak jauh yang dikendalikan secara semi-otomatis atau otomatis tanpa pilot [10]. Untuk mendapatkan data dengan tingkat resolusi tinggi, termasuk data 3D, penggunaan UAV dengan ukuran yang relatif kecil telah merubah sudut pandang dunia survey, industri, dan penelitian [11]. Hal ini disebabkan oleh semakin banyaknya layanan yang tersedia untuk teknologi UAV, seberapa mudah teknologi ini dioperasikan, seberapa fleksibel UAV, sehingga memiliki kemampuan untuk mengumpulkan data dengan tingkat resolusi tinggi [12]. UAV ini memiliki sistem pengukuran fotogrametri yang biasanya terdiri dari kamera digital ukuran sedang atau kecil, kamera termal atau inframerah, sistem LiDAR, atau kombinasi dari keduanya [13].

Ground Control Point (GCP) adalah titik control atau titik ikat yang koordinatnya didapat langsung di lapangan dan digunakan selama akuisisi data foto udara UAV [14]. Pengukuran koordinat GCP dilakukan dengan metode statik menggunakan alat ukur GPS Geodetik. Kemudian, proses post-processing offline digunakan. GCP didistribusikan secara merata di area yang akan di akuisisi foto udara dengan penanda seperti target atau premark. Secara umum, penggunaan GCP disesuaikan dengan luasan area yang akan difoto, dan GCP ditempatkan ditempat yang terbuka sehingga terakuisisi oleh UAV[15].

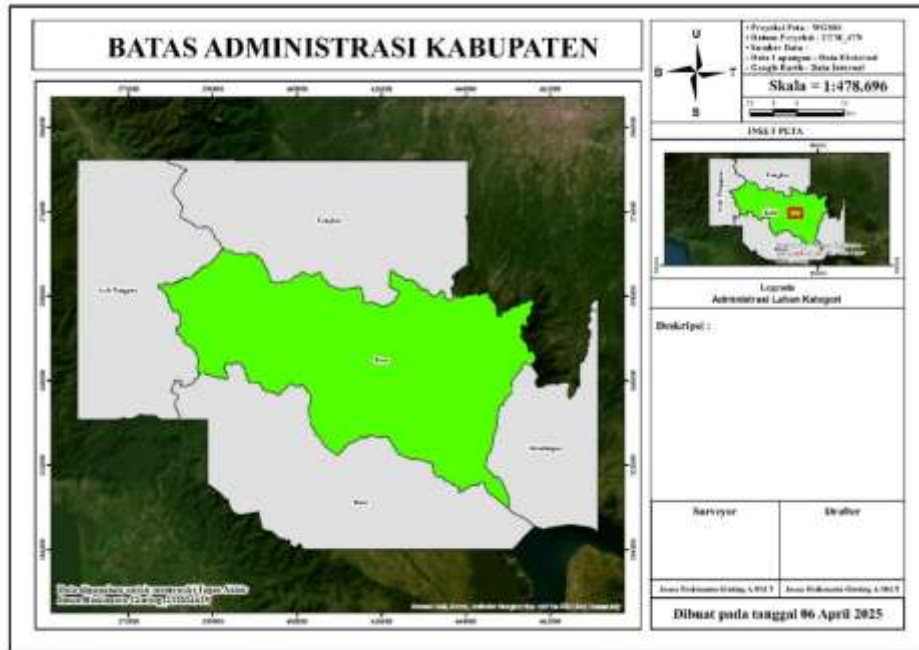
Metode statik juga dikenal sebagai posisi statik, adalah penentuan posisi dari titik ke titik yang tetap (diam). Ini dapat dilakukan secara absolut maupun diferensial dengan menggunakan data pseudorange dan fase [5]. Survei GPS menghasilkan koordinat-koordinat titik control untuk pemetaan, survei, konstruksi, dan survei rekayasa, serta fenomena seperti deformasi dan geodinamika. Metode penentuan posisi statik adalah salah satu pendekatan yang paling terkenal.

2. Metode Penelitian

Studi pada penelitian ini dilaksanakan di Desa Kinnepen bagian utara, Kabupaten Karo, Provinsi Sumatera Utara, Indonesia. Berikut merupakan lokasi penelitian yang ditunjukkan pada **Gambar 1**. Pada penelitian ini data yang digunakan yaitu data akuisisi foto udara menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) DJI Air 2S, akuisisi titik *Ground Control Point* (GCP) dan data stasiun CORS (CKBJ) yang ditunjukkan pada **Tabel 1**.

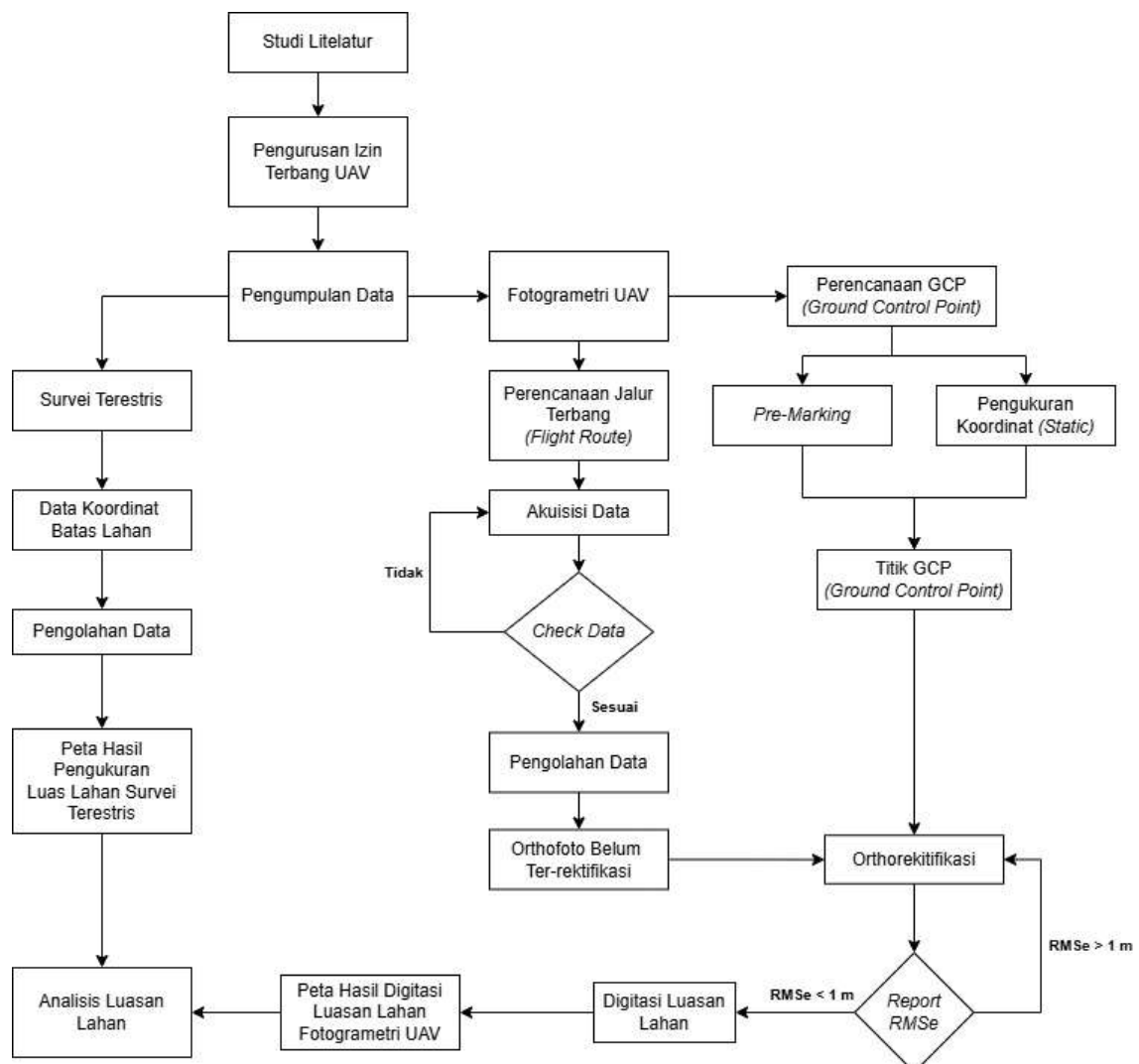
Tabel 1. Data Penelitian

No	Data	Akuisisi	Sumber
1.	Data foto udara akuisisi <i>Unmanned Aerial Vehicle</i> DJI AIR 2 S	2025	Survei Lapangan
2.	Data Titik <i>Ground Control Point</i> (GCP)	2025	Survei Lapangan
3.	Data Stasiun CORS (CKBJ)	2025	Data Sekunder



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Pelaksanaan pada penelitian ini memiliki beberapa tahapan diantaranya :

- 1) **Pengurusan Izin Terbang UAV**
 Sebelum melakukan penerbangan diwilayah penelitian, memverifikasi ruang udara yang akan dilakukan penerbangan UAV.
- 2) **Akuisisi Data Koordinat**
 Pengambilan data koordinat lapangan sebagai perbandingan dengan hasil digitasi orthomosaic
- 3) **Akuisisi Data Ground Control Point (GCP).**
 Menggunakan metode statik dilakukan pengamatan selama 1 jam dan di olah menggunakan post-processing Badan Indonesia Geospasial (BIG).
- 4) **Align Photos**
 Align photos merupakan tahapan awal pengolahan foto udara yang terdapat pada software Agisoft Metashape, pada proses ini akan mengidentifikasi titik-titik yang sama pada foto dan melakukan proses matching titik yang sama diantara dua foto atau lebih yang biasa disebut tie point.
- 5) **Optimize Camera**
 Optimize camera alignment digunakan untuk membantu pengoptimalan parameter kamera seperti posisi, orientasi, fokus, kemiringan, kecepatan, dll.
- 6) **Build Dense Cloud**
 Build Dense Cloud bertujuan untuk memvisualisasikan model dense point cloud dari data foto yang telah diproses dengan memanfaatkan informasi kedalaman dari setiap kamera dan menciptakan kumpulan titik tinggi dengan jumlah yang sangat banyak, kumpulan point cloud tersebut terdapat titik yang outlier dan dilakukan eliminasi titik outlier tersebut.
- 7) **Build Digital Elevation Model**
 Proses Build Digital Elevation Model bertujuan untuk membentuk model 3D dari permukaan bumi yang dapat dimanfaatkan untuk menggambarkan ketinggian permukaan bumi.
- 8) **Build Orthomosaic**
 Proses ini bertujuan untuk menghasilkan peta Orthophoto yang telah terkoreksi secara geometris (orthorectify). Proses ini memvisualisasikan hasil yang lebih akurat.
- 9) **Orthorektifikasi**
 Tahapan yang menggabungkan dan mengoreksi kesalahan koordinat pada aplikasi ArcGIS menggunakan metode affine. Root Mean Square Error (RMSe) kurang dari 1 meter berarti terverifikasi
- 10) **Digitasi Orthomosaic**
 Tahapan digitasi orthomosaic menggunakan aplikasi ArcGIS dengan output total luasan lahan
- 11) **Analisis Hasil Perhitungan**
 Tahapan yang menganalisis hasil dari perhitungan GPS dengan UAV. Hasil yang didapat, bahwa hasil dari kedua metode tidak berbeda jauh akan tetapi saat melakukan digitasi memerlukan validasi lapangan atau acuan yang jelas.

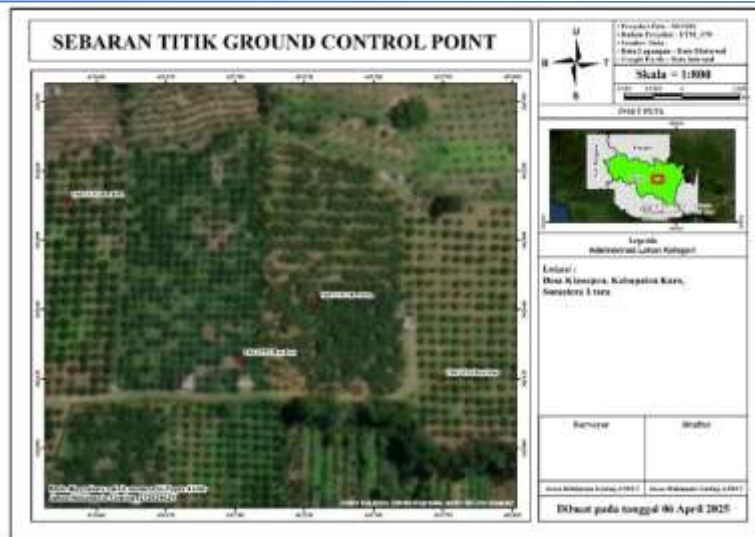
3. Hasil dan Pembahasan

Data koordinat Ground Control Point (GCP) hasil akuisisi lapangan menggunakan GPS GNSS diakuisisi pada tanggal 22 Maret 2025. Total titik yang diakuisisi ada 4 titik dengan ketelitian yang dihasilkan 0,000 m sampai dengan 0,010 m.

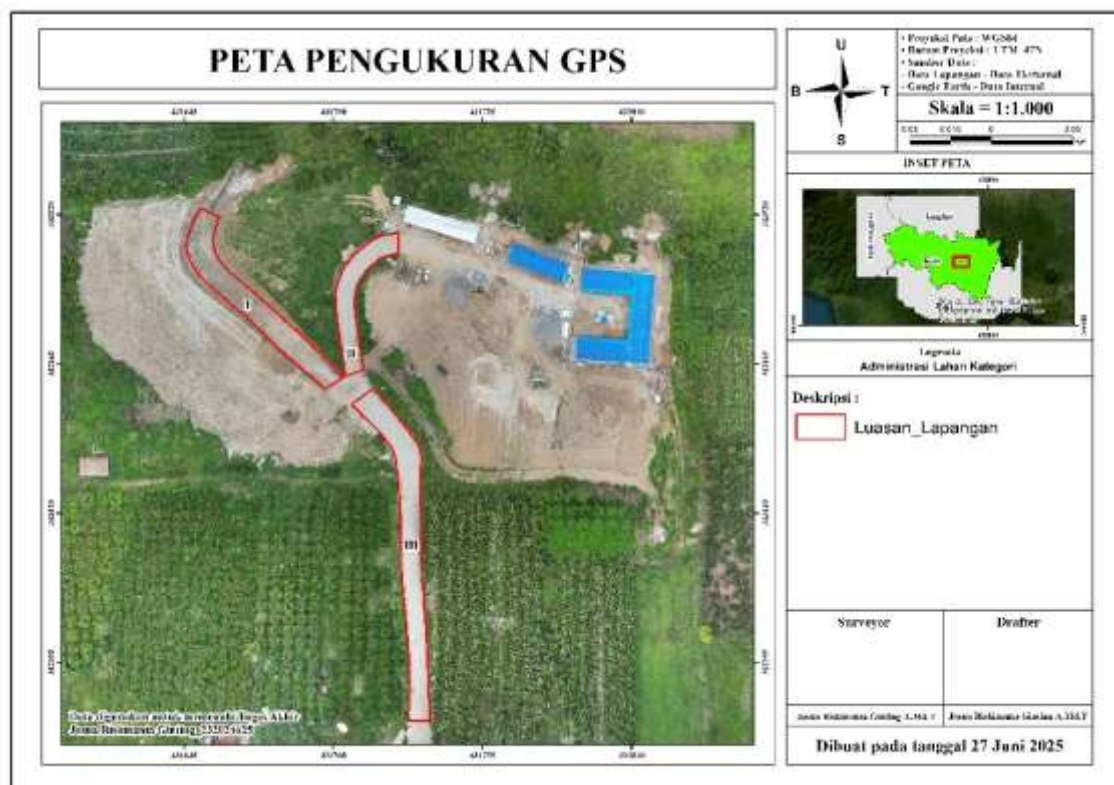
Metode pengukuran GPS N-RTK menghasilkan data luas kolom. Ketelitian alat RTK horizontal sebesar 7 mm + 1 ppm dan vertical 14 mm + 1 ppm. Dengan asumsi jarak rata-rata dari base BIG ke rover kurang lebih 12 km. Selanjutnya, dilakukan pengukuran 3 luas lahan dari data koordinat hasil pengukuran GPS N-RTK yang dihitung berdasarkan titik-titik di parameter dengan masing-masing hasil luas.

Tabel 2. Tabel Hasil Pengukuran GPS

#	Kode	Luasan Lahan
1	Luas Lahan I	749 m ²
2	Luas Lahan II	412 m ²
3	Luas Lahan III	988 m ²



Gambar 3. Peta Persebaran Titik GCP



Gambar 4. Peta Hasil Pengukuran GPS

Hasil dari pemotretan udara menggunakan UAV menghasilkan 369 foto udara yang diolah dengan software Agisoft Metashape, yang menghasilkan orthomosaic dengan skala yang tepat. Hasil pengolahan orthomosaic dengan jarak sampel tanah (GSD) 2.01 cm/pix. Hasil dari orthomosaic dilakukan ortorektifikasi menggunakan ArcGIS dengan metode affine dengan hasil yang didapat *Root Mean Square Error* (RMSE) sebesar 0,014 meter.

Tabel 3. Tabel Hasil Orthorektifikasi

#	Kode	Error (m)		Total Residual (meter)
		Residual X	Residual Y	
1	GCP1	0,006	0,019	0,015
2	GCP2	0,001	0,004	0,009
3	GCP3	-0,002	-0,009	0,004
4	GCP4	-0,004	-0,015	0,020
Total RMS Error			0,014 meter	

Hasil orthomosaic yang sudah di rektifikasi, dilakukan digitasi dengan lahan yang sama pada saat pengukuran menggunakan metode GPS.

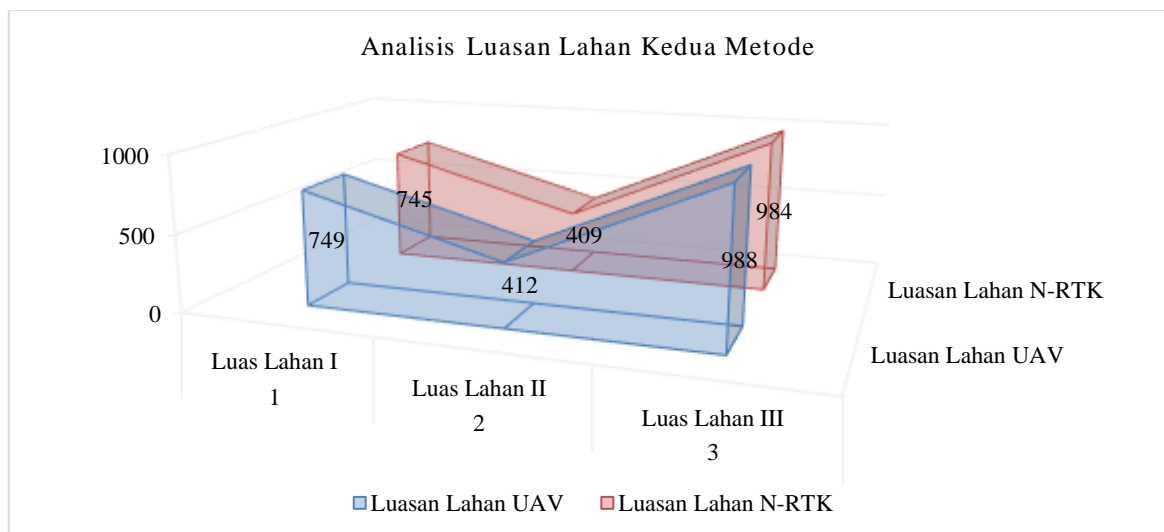
Tabel 4. Tabel Hasil Digitasi Orthomosaic

#	Kode	Luasan Lahan
1	Luas Lahan I	745 m ²
2	Luas Lahan II	409 m ²
3	Luas Lahan III	984 m ²

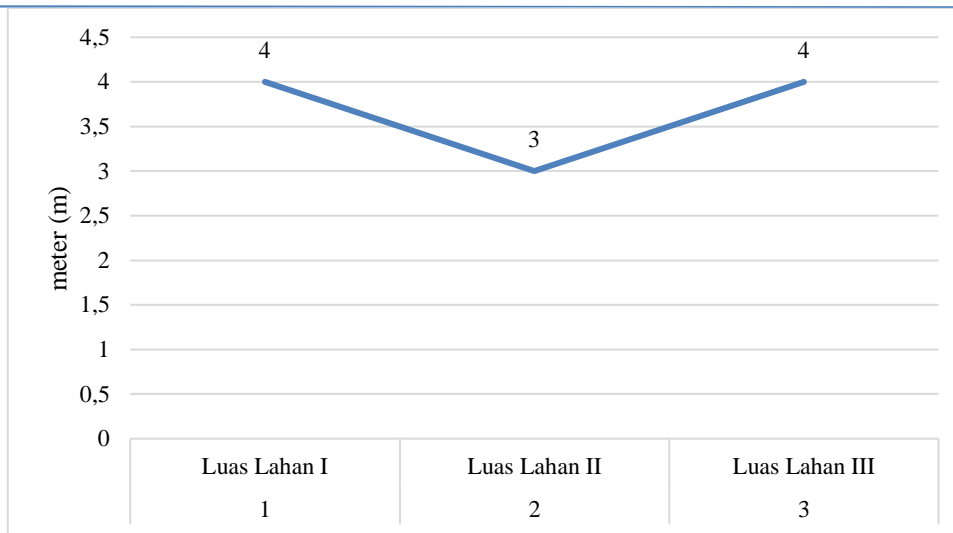


Gambar 5. Peta Hasil Digitasi Orthomosaic

Hasil yang sudah didapat, dilakukan analisis perbandingan hasil luas. Hasil dari metode pengukuran GPS dan fotogrametri UAV memiliki selisih yang tidak jauh sehingga dapat disimpulkan bahwa metode fotogrametri UAV dapat digunakan dalam menentukan luas dengan biaya operasional yang lebih murah dibandingkan dengan metode pengukuran GPS. Hasil dari kedua metode memiliki selisih yang tidak besar dengan sampel titik setiap metode sama. Hasil dari kedua metode pengukuran sebagai berikut :



Gambar 6. Analisis Perbandingan Luasan



Gambar 7. Selisih Kedua Metode

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa pengukuran luas menggunakan metode fotogrametri UAV yang telah direktifikasi menghasilkan hasil yang cukup akurat dan mendekati hasil pengukuran menggunakan metode GPS N-RTK. Pengukuran statik Ground Control Point (GCP) yang dikoreksi dengan 5 CORS BIG yang tersebar di wilayah Sumatera Utara memberikan dasar yang kuat untuk keakuratan data. Selisih yang sangat kecil (0,25%) antara hasil pengukuran luas dari fotogrametri UAV dan GPS N-RTK menunjukkan bahwa kedua metode tersebut dapat digunakan secara saling melengkapi dalam kegiatan pengukuran luas. Dengan demikian, pengukuran luas menggunakan data foto udara UAV yang telah direktifikasi dapat diandalkan untuk mengevaluasi keberlanjutan perencanaan pembangunan proyek Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) Kabupaten Karo, Sumatera Utara. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode UAV memberikan hasil yang cukup baik dan dapat menjadi alternatif yang efisien untuk kegiatan pengukuran di area proyek tersebut..

5. Ucapan Terima kasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya disampaikan kepada seluruh pihak yang membantu dalam proses penelitian ini khususnya Mohammad Abdul Basyid selaku dosen pembimbing yang telah banyak membantu dan memberi masukan selama penelitian ini berlangsung.

6. Referensi

- [1] B. Sudarsono, L. M. Sabri, and T. S. Dinoto, "Pengukuran Luas Metode Terestris Menggunakan Alat Ukur Gps Dan Metode Fotogrametri Menggunakan Foto Udara Uav Di Kolam Retensi Muktiharjo Kidul Semarang," *Elipsoida J. Geod. dan Geomatika*, vol. 3, no. 02, pp. 143–150, 2020, doi: 10.14710/elipsoida.2020.9312.
- [2] R. Rizkia, F. Murdapa, and R. Fadly, "Efektivitas Dan Perbandingan Pengukuran Bidang Tanah Menggunakan Metode RTK-NTRIP Dengan Metode RTK-Radio," *Univ. Lampung Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro*, vol. 2, no. 1, p. 35145, 2022.
- [3] UNOOSA, "10 years of Achievement of the United Nations on Global Navigation Satellite Systems," *Unoosa*, vol. 14, no. 7, pp. 246–247, 2011.
- [4] M. R. Nugroho SJ, F. Murdapa, and E. Rahmadi, "Analisis Pengukuran Bidang Tanah Menggunakan Metode Rtk Ntrip Dengan Beberapa Provider 4G," *Univ. Lampung; Jl Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro*, vol. 2, no. 1, p. 35145, 2022.
- [5] O. A. Apsandi, B. D. Yuwono, and L. M. Sabri, "Analisis Pengukuran Metode Rapid Static Dengan Single Base Dan Multi Base (Studi Kasus: Titik Geoid Geometri Di Kota Semarang)," *J. Geod. Undip*, vol. 7, no. 4, pp. 138–146, 2018.
- [6] R. Irianto and F. D. Rassarandi, "Kajian Perbandingan Luas Hasil Pengukuran Bidang Tanah Menggunakan GPS RTK-Radio dan RTK-NTRIP," *JGISE J. Geospatial Inf. Sci. Eng.*, vol. 4, no. 1, p. 65, 2021, doi: 10.22146/jgise.63947.
- [7] A. Y. Maburr, S. S. Sai, and F. D. Agustina, "Pemetaan Orthophoto Untuk Rencana Pembuatan Peta Rawan Longsor," *J. Ilm. Univ. Batanghari Jambi*, vol. 22, no. 1, p. 408, 2022

- [8] Sulastrri, Sulastrri, and Rudi Latief. "Pemanfaatan Peta Foto Tegak Sebagai Peta Dasar Untuk Evaluasi Pelaksanaan Rencana Tata Ruang." *Urban and Regional Studies Journal* 7.1 (2024): 08-18. [9] M. E. Tjahjadi and M. Rifaan, "Foto Udara Menggunakan Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Untuk Pemodelan 3D Jalan Raya," *J. Tek. Geod.*, pp. 1–6, 2019.
- [10] F. L. Pamungkasari, Y. Prasetyo, and A. Sukmono, "Analisis Konfigurasi Optimum Kerangka GCP Untuk Survei Pemetaan Luasan Besar Menggunakan Unmanned Aerial Vehicle (UAV)," *J. Geod. Undip*, vol. 8, no. 1, pp. 268–277, 2019.
- [11] Ahmad Ridho Sastra, Debi Nadia Putri, and Anggun Veranika, "Analisis Akurasi Ketelitian Vertikal DEM Foto Udara Pada Kawasan Permukiman (Studi Kasus: Kelurahan Sekip Jaya, Kecamatan Kemuning, Palembang)," *J. Tekno Glob.*, vol. 12, no. 01, pp. 41–46, 2023, doi: 10.36982/jtg.v12i01.3176.
- [12] Aliman, Rukmini. "Kajian Ruang Terbuka Hijau Pada Komplek Perumahan Menggunakan Pesawat Udara Tanpa Awak." *Environmental Insight Journal* 1.1 (2025): 38-48.
- [13] A. Hadi Pranata, A. Jauhari, and A. Fithria, "Analisis Akurasi Luas Tutupan Lahan Menggunakan UAV (Unmanned Aerial Vehicle) Di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) ULM di Mandiangin," *J. Sylva Sci.*, vol. 3, no. 5, p. 796, 2020, doi: 10.20527/jss.v3i5.2528.
- [14] M. Rofi'uddin Pratama, S. Sai, A. Yuliananda Mabru, and Y. P. Manaha, "Kajian Ketelitian Titik Gcp (Ground Control Point) Menggunakan Aplikasi Online Post-Processing Ina-Cors Untuk Ortorektifikasi Citra Satelit Resolusi Tinggi," *Pros. SEMSINA*, vol. 4, no. 2, pp. 230–234, 2024, doi: 10.36040/semsina.v4i2.8080.
- [15] I. Mutiara, A. Zakaria, M. T. Iqbal, M. Y. Hidayat, and B. Z. Amin, "Studi Perbandingan Penggunaan Total Station Dan Drone Survey Untuk Penentuan Koordinat Dan Luasan Area Pengukuran," *Semin. Nas. Penelit. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 7, no. 1, pp. 122–127, 2022.