

Pembuatan Peta Dasar Kalurahan Kaliagung Menggunakan Foto Udara dari Wahana Terbang Nir-Awak

Hanif Ilmawan^{1*}, Rochmad Muryamto², Hidayat Panuntun³, Muhammad Iqbal Taftazani⁴,
Erlyna Nour Arrofiqoh⁵

^{1*} Program Sarjana Terapan Teknologi Survei dan Pemetaan Dasar,
Departemen Teknologi Kebumian Sekolah Vokasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
Email: hanif.ilmawan@ugm.ac.id

(Naskah masuk: 17 April 2024, direvisi: 03 Mei 2024, diterima: 14 Mei 2024)

Abstrak

Berdasarkan data yang dirilis Kementerian Dalam Negeri, Kalurahan Kaliagung masuk ke dalam kategori Desa Ektrem Miskin di Kulon Progo. Salah satu penyebabnya adalah kekayaan asli desa yang belum dikelola dengan baik. Dalam rangka mendukung pengelolaan kekayaan dan aset desa secara lebih integratif, maka diperlukan data dasar yang berkualitas. Salah satu data dasar yang dibutuhkan berupa peta dasar yang menggambarkan Kalurahan Kaliagung secara detail dan utuh. Peta dasar adalah salah satu dari Informasi Geospasial Dasar, yaitu penyajian lokasi geografis, dimensi atau ukuran, dan/atau karakteristik objek alam dan/atau buatan manusia di permukaan bumi pada skala dan sistem proyeksi tertentu yang berguna untuk alat bantu dalam pengambilan keputusan terkait ruang kebumian (Pasal 1 UU No. 4 tahun 2011). Pada pembuatan peta dasar Kalurahan Kaliagung, teknologi yang digunakan adalah pemotretan udara menggunakan wahana terbang nir-awak. Jenis wahana terbang yang digunakan adalah *Vertical Take Off and Landing* (VTOL). Pengukuran GCP dan ICP dilakukan dengan survei GNSS metode jaring. Hasil dari kegiatan ini berupa peta dasar dengan skala 1:6000. Data yang disajikan berupa foto udara, jaringan jalan, fasilitas umum, serta batas wilayah Kalurahan Kaliagung. Hasil pengujian menunjukkan peta dasar Kalurahan Kaliagung berada pada kelas 1 untuk ketelitian horizontal dan vertikal. Dengan demikian, peta dasar yang dihasilkan telah memenuhi regulasi yang berlaku (Peraturan BIG No. 18 Tahun 2021) sehingga dapat digunakan untuk analisis lanjutan.

Kata Kunci: peta dasar, fotogrametri, wahana terbang nir-awak.

Creation of Kaliagung Village Base Map Utilizing Aerial Photographs from Unmanned Aerial Vehicle

Abstract

According to data released by the Ministry of Home Affairs, the Kalurahan Kaliagung falls within the category of Extremely Impoverished Villages in Kabupaten Kulon Progo. One of the contributing factors to this classification is the underutilization of the village's natural wealth. In order to support the more integrated management of the village's assets and resources, high-quality data is required. One such foundational data component needed is a detailed and comprehensive base map that accurately depicts the Kalurahan Kaliagung. A base map is defined as the presentation of geographic locations, measurements, and/or characteristics of both natural and man-made objects on the Earth's surface, at a specific scale and projection system. This information serves as a valuable tool for decision-making processes related to geographical spaces (Article 1 of UU No. 4/2011). In this activity, aerial photography was conducted using UAV. The specific type of unmanned aerial vehicle utilized was the Vertical Take Off and Landing (VTOL) aircraft. GCP and ICP were measured through the GNSS network method. The outcome of this endeavor resulted in a base map with a scale of 1:6000. The data provided includes aerial photographs, road networks, public facilities, and the boundaries of the Kalurahan Kaliagung. The results of testing indicate that this base map attains a class 1 classification for both horizontal and vertical accuracy. Consequently, the generated base map complies with the applicable regulations (BIG Regulation No. 18 of 2021) and is suitable for further analytical purposes.

Keywords: base map; photogrammetry; unmanned aerial vehicle.

I. PENDAHULUAN

Kalurahan Kaliagung merupakan salah satu dari delapan kalurahan di Kapanewon Sentolo, Kabupaten Kulon Progo. Secara spasial, Kalurahan Kaliagung memiliki perbatasan dengan beberapa kalurahan lainnya, yaitu di sebelah utara berbatasan dengan Kalurahan Donomulyo. Di sebelah selatan berbatasan dengan Kalurahan Sukoreno. Di sebelah barat berbatasan dengan Kalurahan Pengasih. Sedangkan di sebelah timur dibatasi oleh Kalurahan Sentolo. Luas administrasi Kalurahan Kaliagung sekitar 717 hektar yang terbagi dalam 12 padukuhan. Wilayah Kalurahan Kaliagung ditampilkan pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Wilayah Kalurahan Kaliagung dan sebaran titik GCP/ICP

Pada kondisi demografi Kalurahan Kaliagung, jumlah penduduk di Kalurahan Kaliagung tahun 2022 sejumlah 6.388 jiwa yang terdiri dari 1.945 KK. Dari jumlah KK tersebut, terdapat 731 KK yang tergolong miskin. Jika dilihat dari latar belakang pendidikannya, terdapat sekitar 18% penduduk yang tidak sekolah, dan hanya 5% saja yang melanjutkan pendidikan hingga perguruan tinggi.

Sebagaimana kalurahan/kelurahan dan desa lain di Indonesia, Kalurahan Kaliagung memiliki aset kalurahan/Aset Desa yang pengelolaannya diatur dalam Permendagri Nomor 1 Tahun 2016 [1]. Aset Desa sendiri adalah barang milik Desa yang berasal dari kekayaan asli milik Desa, dibeli atau diperoleh atas beban Anggaran Pendapatan dan Belanja Kalurahan (APBKal) atau perolehan Hak lainnya yang sah. Jenis-jenis aset desa berupa kekayaan asli desa dan kekayaan milik desa yang diperoleh dari: APBKal, hibah dan sumbangan, pelaksanaan perjanjian, hasil kerja sama, serta dari sumber perolehan lain yang sah.

Kalurahan Kaliagung tidak terletak pada jalan provinsi dan bukan merupakan daerah industri. Hal tersebut menjadikan pertumbuhan ekonomi Kalurahan Kaliagung termasuk kategori sedang. Hal ini terjadi karena sebagian besar penduduk Kalurahan Sebagai daerah non-industri, perekonomian masyarakat banyak bertumpu pada bidang pertanian dan peternakan. Namun, penjualan hasil pertanian

dan peternakan belum melalui proses pengolahan lanjutan. Hasil yang dijual merupakan bahan mentah dan bukan berupa produk perdagangan dengan nilai jual tinggi. Masyarakat belum mendapatkan hasil penjualan yang optimal dan memiliki kemampuan untuk meningkatkan nilai jual komoditas yang dihasilkan.

Berdasarkan data yang dirilis Kementerian Dalam Negeri, Kalurahan Kaliagung masuk ke dalam kategori Desa Ektrem Miskin di Kulon Progo. Salah satu penyebabnya adalah kekayaan asli desa yang belum dikelola dengan baik, agar dapat menjadi sumber pendapatan asli desa dan/atau memenuhi kepentingan sosial semaksimal mungkin. Pengelolaan kekayaan asli desa di Kalurahan Kaliagung harus dapat mengoptimalkan daya guna dan hasil guna untuk kepentingan penyelenggaraan pemerintahan, pembangunan, dan pelayanan masyarakat desa [2]. Dalam rangka mendukung pengelolaan kekayaan dan aset desa secara lebih integratif, maka diperlukan informasi-informasi dasar yang berkualitas.

Salah satu sarana yang dapat digunakan untuk melakukan pengelolaan aset dan sumber kekayaan asli desa adalah dengan menerapkan informasi geospasial dalam manajemen aset dan pengelolaan sumber kekayaan asli desa. Teknologi dalam informasi geospasial memadukan sistem komputerisasi dengan menggunakan aspek spasial sebagai data dasarnya. Aspek spasial seperti lokasi/posisi, bentuk, luas, orientasi selanjutnya dilengkapi dengan data atribut yang merupakan data tekstual dan informasi yang berkenaan dengan data spasial tersebut. Data-data tersebut selanjutnya dapat digunakan sebagai acuan dalam pengelolaan desa *Smart Village* berbasis komputer.

Agar dapat mewujudkan *smart village* tersebut, dibutuhkan data dasar (Informasi Geospasial Dasar/IGD) sebagai data acuannya. Data dasar tersebut adalah berupa peta dasar yang menggambarkan Kalurahan Kaliagung secara detail dan utuh. Peta dasar nantinya akan menjadi dasar dalam mengintegrasikan data mengenai aspek spasial maupun atribut, yang sebelumnya masih tercatat terpisah dalam tabel-tabel saja. Selain itu, data peta dasar kemudian dijadikan dasar pengelolaan integratif dan berkelanjutan. Peta dasar untuk pengelolaan desa berkelanjutan ini hendaknya merupakan peta yang *up to date* atau terkini.

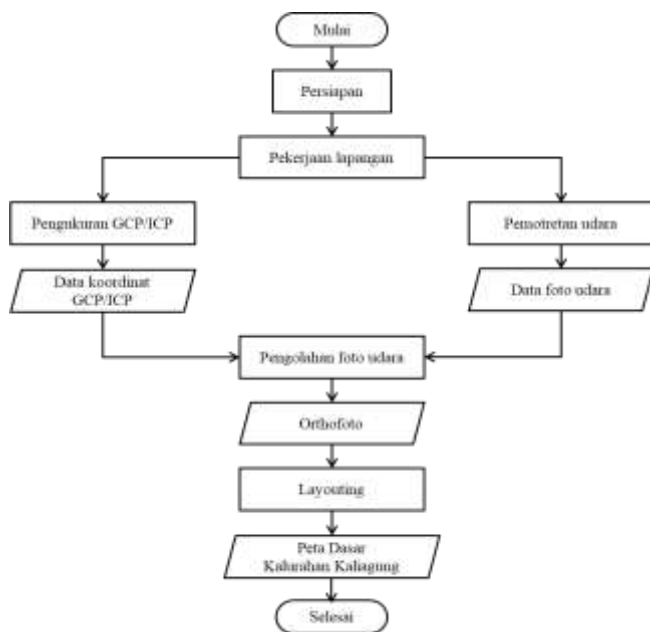
Peta dasar adalah salah satu dari IGD, yaitu penyajian lokasi geografis, dimensi atau ukuran, dan/atau karakteristik objek alam dan/atau buatan manusia di permukaan bumi pada skala dan sistem proyeksi tertentu yang berguna untuk alat bantu dalam pengambilan keputusan terkait ruang kebumihantaraan [3]. Peta ini dapat dihasilkan dari berbagai sumber, yaitu terestris, foto udara, dan citra satelit. Salah satu sumber perolehan data yang cepat, akurat, efisien, dan murah untuk pemetaan ini adalah dengan pemotretan udara untuk menghasilkan foto udara [4], [5], [6]. Pemetaan seperti ini umum disebut metode fotogrametri. Sensor yang digunakan untuk perekaman foto dibawa dengan wahana udara nir-awak (tanpa awak) atau lebih umum dikenal dengan nama *drone*. Fotogrametri adalah ilmu, seni, dan teknologi untuk mendapatkan informasi fisik objek melalui proses perekaman, pengukuran, dan interpretasi foto [7]. Kegiatan ini mencakup pengukuran jarak, sudut, luas, volume, elevasi, ukuran dan bentuk, serta identifikasi objek di dalam foto. Sebenarnya

fotogrametri dapat dilakukan secara aerial dengan wahana udara maupun terestrial di permukaan tanah. Namun, yang umum dilakukan untuk pemetaan adalah fotogrametri aerial dengan hasil berupa foto udara. Pemetaan fotogrametri dengan wahana ini tercatat dapat memetakan area seluas 10-15 km² per hari dengan produk peta skala 1:500 [8].

Sebagaimana telah dijabarkan di atas, kebutuhan Kalurahan Kaliagung akan Peta Dasar cukup mendasar karena peta yang tersedia di Kalurahan Kaliagung saat ini merupakan peta yang dihasilkan pada tahun 2010-an. Padahal Kalurahan Kaliagung telah mengalami berbagai perkembangan, baik secara fisik maupun non fisik. Oleh karena itu diperlukan adanya Peta Dasar terkini yang juga dapat digunakan menjadi bahan dasar perencanaan pembangunan di Kalurahan Kaliagung. Selain itu, keberadaan peta dasar dapat mendukung pemetaan kalurahan lengkap dan dapat mendukung optimalisasi pengelolaan di Kalurahan Kaliagung, salah satunya pengelolaan Bumdes dalam kegiatan penguatan pasar kuliner di Kalurahan Kaliagung.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Kegiatan pengabdian ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan. Pada tahun pertama ini, pengabdian masyarakat yang dilakukan mengungkap kegiatan pemotretan udara Kalurahan Kaliagung. Tahapan kegiatan secara lebih jelas disajikan dalam diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pembuatan peta dasar.

Kegiatan survei fotogrametri untuk pemetaan desa menggunakan *drone* memiliki beberapa keunggulan. Hasil foto udara menampilkan objek secara jelas [9]. Hal ini memiliki arti penting untuk kegiatan ekstraksi data melalui interpretasi dan identifikasi objek. Meski tidak disebutkan berapa nilai *Ground Sample Distance* (GSD) dari foto yang dihasilkan, peta yang dihasilkan dapat digunakan pemerintah desa untuk penyusunan *master plan*. Senada dengan itu, pada [10] disebutkan bahwa fotogrametri dengan *drone* dapat

digunakan untuk pemetaan potensi desa. Data dari foto udara juga dapat diekstraksi untuk digunakan dalam pembuatan peta tematik [11].

Tahap awal yang dilakukan adalah persiapan. Dalam hal ini meliputi koordinasi dengan Pemerintah Kalurahan Kaliagung, persiapan jumlah alat, dan personil yang dibutuhkan untuk melakukan pengukuran di lapangan. Peralatan survei yang digunakan ada dua, yaitu GPS Geodetik untuk pengukuran GNSS sejumlah lima unit; serta *drone* tipe VTOL (*Vertical Take Off and Landing*) sejumlah 1 unit.

GPS bekerja dengan cara menerima sinyal radio dari sejumlah satelit navigasi di luar angkasa [12]. Ketika GPS menerima sinyal dari empat atau lebih satelit, maka posisi GPS tersebut dapat ditentukan melalui persamaan dengan variabel posisi 3D dan waktu. Terdapat beberapa metode atau strategi pengukuran yang dapat dilakukan dengan GPS. Pada kegiatan ini, proses pengamatan GNSS dilakukan dengan metode jaring statik diferensial. Metode statik menandakan bahwa GPS didirikan dan ditinggalkan selama waktu tertentu untuk melakukan pengamatan GNSS. Proses ini dilakukan secara simultan oleh beberapa alat GPS yang membentuk jaringan *baseline*, sehingga disebut dengan metode jaring. Hasil pengamatan selanjutnya dilakukan pengolahan menggunakan perangkat lunak tertentu untuk menghitung posisi definitif 3D dengan metode hitung perataan. Masing-masing titik akan saling mengoreksi posisinya relatif terhadap titik-titik lainnya dalam jaringan GPS. Sistem pengolahan ini dikenal dengan istilah diferensial *post-processing* [13].

Drone digunakan untuk melakukan pemotretan udara. Pada kegiatan ini, *drone* dilengkapi dengan sistem *post-processing* kinematik (PPK). Sistem ini memungkinkan penentuan posisi *drone* dilakukan secara diferensial. Koreksi diberikan oleh GPS yang didirikan di permukaan tanah sebagai titik referensi. Namun, berbeda dengan sistem statik, GPS pada *drone* senantiasa bergerak sesuai jalur terbang sehingga bersifat kinematik. Sistem kerja seperti ini mampu meningkatkan ketelitian posisi *drone* yang tentunya juga berdampak positif pada ketelitian foto udara [14].

Pekerjaan lapangan dibagi dalam dua kegiatan, yakni pengukuran titik koordinat GCP (*Ground Control Point*) dan ICP (*Independent Control Point*) dan pemotretan foto udara. Pengukuran GCP dan ICP menghasilkan data titik koordinat GCP dan ICP yang nanti akan digunakan untuk pengolahan data foto udara agar memiliki koordinat yang *georeferencing*. GCP adalah titik kontrol di permukaan bumi yang digunakan sebagai referensi koordinat pada foto udara [15]. Sementara itu, ICP berfungsi untuk menguji akurasi koordinat foto udara terhadap koordinat referensi. GCP dan ICP didefinisikan koordinatnya melalui pengukuran GNSS. Setelah pengukuran GNSS selesai, dilakukan pemotretan foto udara menggunakan *drone*.

Tahapan pengolahan data dari foto menjadi orthofoto dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Agisoft. Tahapan dalam proses ini meliputi: (1) seleksi data foto yang akan diproses; (2) input titik koordinat GCP sebagai titik kontrol; (3) proses *aligning* foto; (4) pembentukan titik kerapatan (*dense cloud*); (5) pembentukan DEM (*Digital Elevation Model*); serta (6) pembuatan Orthofoto. Orthofoto adalah produk paling populer dari fotogrametri yang dapat digunakan untuk ekstraksi data 2D [16].

Pengujian kualitas orthofoto dilakukan dengan merujuk pada peraturan BIG No. 18 Tahun 2021 tentang Standar Pengumpulan Data Geospasial Dasar untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar [17]. Koordinat X dan Y diuji akurasinya melalui nilai CE90, sementara elevasi Z diuji dengan nilai LE90. CE90 merupakan kepanjangan dari *Circular Error* 90, yang bermakna bahwa pengujian ketelitian posisi horizontal didasarkan pada nilai resultan kesalahan pada sumbu X dan Y yang diuji pada tingkat kepercayaan 90%. Sementara itu, LE90 adalah *Linear Error* 90 yang berarti kesalahan elevasi diperhitungkan berdasarkan posisi pada sumbu Z dengan tingkat kepercayaan 90%. Kedua pengujian tersebut dilakukan dengan perhitungan RMSE (*root mean square error*) [18] dan dikalikan dengan konstanta, sebagaimana ditunjukkan pada persamaan CE90 = 1,5175 × RMSE_R

- (1 dan LE90 = 1,6499 × RMSE_Z
- (2. Pengujian dilakukan pada tingkat kepercayaan 90%.

$$CE90 = 1,5175 \times RMSE_R \quad (1)$$

$$LE90 = 1,6499 \times RMSE_Z \quad (2)$$

dengan:

- RMSE_R = RMSE pada posisi X dan Y (horizontal)
- RMSE_Z = RMSE pada posisi Z (vertikal)

Tahapan terakhir adalah proses layouting dengan perangkat lunak QGIS. Pada tahapan ini hasil dari orthofoto disusun sedemikian rupa sehingga menghasilkan peta foto untuk kemudian diserahkan kepada pihak Kalurahan Kaliagung. Peta diserahkan dalam bentuk tercetak dan disertai dengan penyerahan data dalam format digital.

III. PELAKSANAAN KEGIATAN

A. Pengukuran dan Pengolahan GCP/ICP

Pengukuran GCP dan ICP menggunakan GNSS metode jaring. Pengukuran dilakukan selama dua sesi, dengan lama pengamatan satu jam per sesi. Proses pengukuran dapat dilihat pada Gambar 3. Penggunaan GCP dapat meningkatkan ketelitian horizontal dan vertikal dari foto udara secara signifikan [19]. Terdapat 9 titik yang tersebar di wilayah Kalurahan Kaliagung. Lima titik bertindak sebagai GCP, sedangkan empat titik sebagai ICP. Sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1, titik GCP dan ICP tersebar secara merata di seluruh wilayah Kalurahan Kaliagung.

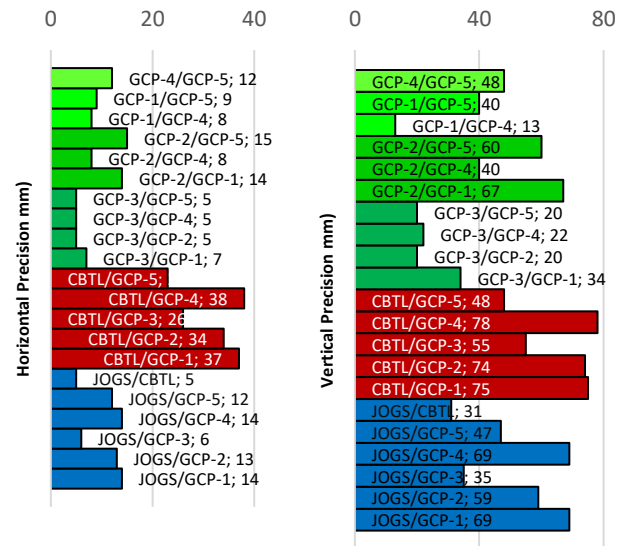
Pengolahan data GNSS dilakukan secara *post processing*. Pengolahan pertama dilakukan terhadap titik GCP-3 yang terletak di tengah wilayah pemetaan. GCP-3 diikatkan ke dua titik InaCORS terdekat, yakni JOGS dan CBTL. InaCORS merupakan jaringan titik kontrol CORS (*Continuously Operating Reference System*) yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial. Panjang *baseline* dari GCP-3 ke JOGS sekitar 11 km, sedangkan GCP-3 ke CBTL adalah sekitar 16,5 km. Strategi pengolahan jaring GNSS dengan metode pengikatan ke titik CORS dapat meningkatkan ketelitian koordinat dengan cara mereduksi kesalahan dan bias pengukuran [20]. Standar deviasi titik GCP-3 untuk koordinat UTM X, Y, dan Z berturut-turut adalah sebesar 9 mm, 9 mm, dan 38 mm.

Pengolahan selanjutnya dilakukan terhadap pengukuran sesi pertama, yakni jaring kontrol yang terdiri dari BM-1, BM-2, BM-3, BM-4, dan BM5. Strategi pengolahannya serupa

dengan pengolahan sebelumnya, yakni diikatkan ke titik InaCORS JOGS dan CBTL. Perbedaannya terletak pada koordinat BM-3 yang pada sesi ini dianggap *fixed*. Hasil ketelitian tiap *baseline* pengolahan ini ditampilkan secara grafis pada Gambar 4.



Gambar 3. Proses pengukuran GCP/ICP



Gambar 4. Ketelitian *baseline* pengolahan GCP

Ketelitian horizontal *baseline* yang terikat ke titik referensi JOGS dan GCP-3 menunjukkan hasil yang baik, yakni pada rentang 5 mm hingga 15 mm (ditunjukkan pada Gambar 4 warna biru dan hijau). Namun, *baseline* yang terikat pada titik referensi CBTL memiliki kecenderungan ketelitian horizontal yang relatif lebih rendah (disimbolkan dengan warna merah pada Gambar 4). Hal ini terjadi karena *baseline* ke titik referensi CBTL memiliki jarak yang paling panjang, yakni sekitar 16,5 km [21]. Meski begitu, titik referensi CBTL tetap digunakan dengan pertimbangan bahwa penambahan

titik referensi CORS dapat meningkatkan ketelitian hasil pengukuran GNSS [20]. Sementara itu, ketelitian vertikal *baseline* cenderung sama untuk semua titik referensi dengan rentang 13 mm hingga 78 mm.

Pengolahan ketiga dilakukan terhadap titik-titik ICP. Titik referensi hanya menggunakan GCP-3. Ketelitian *baseline* pada pengolahan ketiga menunjukkan hasil yang baik, yakni berada pada rentang 3 mm hingga 12 mm untuk ketelitian horizontal, dan 7 mm hingga 72 mm pada ketelitian vertikal. Daftar koordinat GCP dan ICP hasil pengukuran GNSS disajikan pada Tabel 1 dalam sistem koordinat UTM Zone 49S dengan satuan meter.

Tabel 1. Daftar koordinat GCP/ICP

Titik	Easting (X)	Northing (Y)	Elevation (Z)
GCP-1	410689,734	9132830,622	82,071
GCP-2	411871,657	9134493,898	55,458
GCP-3	411378,125	9133654,234	42,937
GCP-4	410397,438	9134500,270	83,031
GCP-5	412335,260	9131992,073	34,964
ICP-1	411234,969	9134595,724	50,259
ICP-2	410673,495	9133794,281	84,863
ICP-3	412008,569	9133575,338	64,767
ICP-4	411602,854	9132472,395	55,229

B. Akuisisi Foto Udara

Teknologi yang digunakan adalah pemotretan udara menggunakan wahana terbang nir-awak. Jenis wahana terbang yang digunakan adalah VTOL. Metode ini memiliki keunggulan yakni cakupan yang luas, waktu pengambilan foto udara cepat, dan yang paling utama adalah cara *take off* dan *landing*. VTOL memiliki sayap yang berupa *fixed-wing*, tetapi juga dilengkapi dengan rotor. Keunggulan ini membuat VTOL dapat terbang vertikal sehingga tidak memerlukan banyak ruang untuk *take off* dan *landing*.



Gambar 5. Persiapan penerbangan wahana nir-awak tipe VTOL

Luas wilayah Kalurahan Kaliagung sekitar 717 Ha. Dengan luas *Area of Interest* (AoI) tersebut, dibutuhkan dua kali penerbangan agar data bisa terekam secara keseluruhan. Dilakukan pengambilan foto dengan *overlap* ke depan sebesar 60% dan *sidelap* ke samping sebesar 30%. Rata-rata tinggi terbang penerbangan pada elevasi 400 meter dari permukaan tanah. Dengan tinggi terbang tersebut, didapatkan hasil GSD sebesar 3,5 cm. Artinya setiap pixel pada foto udara yang dihasilkan mewakili luasan sebesar 3,5 cm x 3,5 cm = 12,25 cm². Proses persiapan akuisisi foto udara dapat dilihat pada Gambar 5.

C. Peta Dasar Kalurahan Kaliagung

Kegiatan ini menghasilkan peta foto udara Kalurahan Kaliagung dengan skala 1:6000. Foto udara digunakan sebagai peta dasar sehingga menunjukkan objek-objek alam dan buatan yang ada di permukaan bumi secara detail dan aktual. Peta tersebut dilengkapi dengan batas administrasi kalurahan, padukuhan, serta RT. Dalam rangka menunjukkan posisi Kalurahan Kaliagung di Kapanewon Sentolo, ditampilkan juga batas wilayah kalurahan-kalurahan yang bersinggungan. Hasil peta foto udara dapat dilihat pada Gambar 6.

Pengujian peta foto udara mengacu pada Peraturan BIG No. 18 Tahun 2021 tentang Standar Pengumpulan Data Geospasial Dasar untuk Pembuatan Peta Dasar Skala Besar [17]. Selisih antara koordinat ICP hasil pengukuran GNSS disandingkan dengan koordinat ICP pada foto udara. Selisih koordinat ICP dengan koordinat foto disajikan pada Tabel 2, Tabel 3, dan Tabel 4.

Tabel 2. Koordinat X hasil pengukuran GNSS dan foto udara

Titik	Koord. X ICP (m)	Koord. X Foto (m)	Selisih (m)
ICP-1	411234,969	411234,949	-0,020
ICP-2	410673,495	410673,410	-0,085
ICP-3	412008,569	412008,624	0,055
ICP-4	411602,854	411602,806	-0,048

Tabel 3. Koordinat Y hasil pengukuran GNSS dan foto udara

Titik	Koord. Y ICP (m)	Koord. Y Foto (m)	Selisih (m)
ICP-1	9134595,724	9134595,704	-0,020
ICP-2	9133794,281	9133794,316	0,035
ICP-3	9133575,338	9133575,407	0,069
ICP-4	9132472,395	9132472,409	0,014

Tabel 4. Elevasi Z hasil pengukuran GNSS dan foto udara

Titik	Elevasi Z ICP (m)	Elevasi Z Foto (m)	Selisih (m)
ICP-1	50,259	50,516	0,257
ICP-2	84,863	84,751	-0,112
ICP-3	64,767	64,391	-0,376
ICP-4	55,229	55,183	-0,046

Selisih koordinat X (Δ_x) dan selisih koordinat Y (Δ_y) dikuadratkan. Hasil dari perhitungan tersebut selanjutnya dijumlah, dirata-rata, dan diakar kuadrat sehingga mendapatkan nilai RMSE_R. Perhitungan dilakukan untuk tiap

titik ICP Sementara itu, selisih elevasi Z (Δz) juga dihitung dengan cara yang sama sehingga mendapatkan nilai $RMSE_z$.

Perhitungan ketelitian dilakukan dengan mengalikan nilai $RMSE_R$ dan $RMSE_z$ dengan konstanta sebagaimana ditunjukkan pada persamaan $CE90 = 1,5175 \times RMSE_R$

(1) dan $LE90 = 1,6499 \times$

$RMSE_z$ (2). Hasil pengujian menunjukkan peta dasar Kalurahan Kaliagung memiliki ketelitian horizontal = 0,122 m dan vertikal = 0,449 m. Hal ini menandakan adanya keyakinan bahwa 90% kesalahan yang terdapat di Peta Dasar Kalurahan Kaliagung tidak lebih dari 0,122 m secara horizontal dan 0,449 m secara vertikal. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa peta yang dihasilkan berada pada Kelas 1. Secara rinci, perhitungan ketelitian CE90 dan LE90 berturut-turut disajikan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 5. Perhitungan CE90

Titik	Δx	Δx^2	Δy	Δy^2	$\Delta x^2 + \Delta y^2$
ICP-1	-0,020	0,0004	-0,020	0,0004	0,0008
ICP-2	-0,085	0,0072	0,035	0,0012	0,0084
ICP-3	0,055	0,0030	0,069	0,0048	0,0078
ICP-4	-0,048	0,0023	0,014	0,0002	0,0025
Jumlah					0,0195
Rata-rata					0,0065
$RMSE_x$					0,081
CE90					0,122

Tabel 6. Perhitungan LE90

Titik	Δz	Δz^2
ICP-1	0,257	0,0660
ICP-2	-0,112	0,0125
ICP-3	-0,376	0,1414
ICP-4	-0,046	0,0021
Jumlah		0,2221
Rata-rata		0,0740
$RMSE_z$		0,272
LE90		0,449

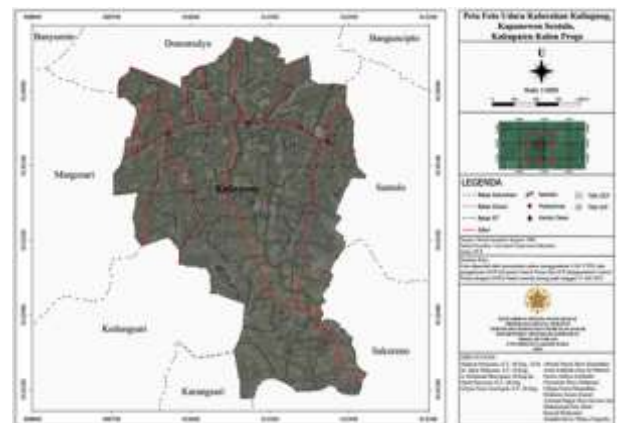
Peta foto udara telah diserahkan kepada Lurah Kaliagung, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7. Kegiatan lanjutan dari pembuatan peta dasar adalah penegasan batas padukuhan dan RT/RW. Kegiatan tersebut nantinya akan membutuhkan partisipasi yang lebih tinggi dari masyarakat dalam menentukan batas secara kartometrik. Peta foto udara juga dapat digunakan untuk ekstraksi data melalui interpretasi, misalnya tutupan lahan, identifikasi objek bangunan, jaringan infrastruktur, irigasi dan perairan, serta aset-aset kalurahan lainnya. Hasil interpretasi kemudian dapat dikembangkan menjadi suatu sistem informasi kalurahan berupa Sistem Informasi Geografis (SIG) [10].

IV. KESIMPULAN

Kegiatan pengabdian ini telah menghasilkan Peta Foto Udara yang dapat digunakan Pemerintah Kalurahan Kaliagung sebagai peta dasar. Peta tersebut memiliki ketelitian horizontal

sebesar 0,122 m dan ketelitian vertikal sebesar 0,449 m, sehingga dapat dikategorikan berada pada kelas 1. Peta tersebut merupakan produk awal yang dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi peta-peta tematik lainnya, maupun digunakan untuk melakukan perencanaan dan pengembangan wilayah.

Kegiatan ini perlu dilanjutkan dengan tema-tema terapan sesuai kebutuhan Pemerintah Kalurahan Kaliagung sehingga dapat bermanfaat setinggi-tingginya bagi kesejahteraan masyarakat. Sebagai contoh, data tutupan lahan, persebaran rumah penduduk, dan infrastruktur dapat diinterpretasi dari foto udara. Data-data tersebut dapat digunakan dalam pembuatan basis data spasial kalurahan melalui Sistem Informasi Geografis. Namun, tentu saja pihak kalurahan perlu mempersiapkan petugas yang mampu melakukan pengolahan dan pengelolaan data spasial sehingga data yang didapatkan bisa dimanfaatkan secara maksimal.



Gambar 6. Hasil peta foto udara Kalurahan Kaliagung



Gambar 7. Penyerahan hasil Peta Dasar kepada Lurah Kaliagung

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Geo Survey Persada yang telah mendukung terlaksananya kegiatan ini melalui penyediaan peralatan *drone* dan pilot.

REFERENSI

- [1] Kemendagri, *Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2016 tentang Pengelolaan Aset Desa*. Indonesia: JDIH BPK, 2016. Diakses: 4 April 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/111552/permendagri-no-1-tahun-2016>
- [2] Pemprov DIY, *Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 34 Tahun 2017 tentang Pemanfaatan Tanah Desa*. Indonesia: JDIH BPK, 2017. Diakses: 4 April 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/44268/pergubprov-diy-no-34-tahun-2017>
- [3] Pemerintah RI, *Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial*. JDIH BPK, 2011. Diakses: 4 April 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/39136/uu-no-4-tahun-2011>
- [4] H. Gularso, H. Rinasari, dan F. E. S. Silalahi, "Penggunaan Foto Udara Format Kecil Menggunakan Wahana Udara Nir-Awak Dalam Pemetaan Skala Besar (Small Format Aerial Photography Application using UAV for Large Scale Mapping)," *Jurnal Ilmiah Geomatika*, vol. 21, no. 1, 2015.
- [5] A. Pratomo Adi, Y. Prasetyo, dan B. D. Yuwono, "Pengujian Akurasi dan Ketelitian Planimetrik pada Pemetaan Bidang Tanah Pemukiman Skala Besar Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV)," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 6, no. 1, hlm. 208–217, 2017.
- [6] P. Prabowo, F. Murdapa, dan E. Rahmadi, "Pengujian Akurasi dan Ketelitian Planimetrik pada Pemetaan Bidang Tanah Skala Besar Menggunakan Wahana Udara DJI Phantom 4," *Datum: Journal of Geodesy and Geomatics*, vol. 1, no. 1, 2021.
- [7] P. R. Wolf, B. A. Dewitt, dan B. E. Wilkinson, *Elements of Photogrammetry with Applications in GIS*, 4 ed. New York: McGraw-Hill Education, 2014.
- [8] F. Ramdani, *Pengantar Ilmu Geoinformatika*. Malang: Universitas Brawijaya Press, 2017.
- [9] H. Saputra dan Armada, "Pembuatan peta photo udara Desa Wonosari menggunakan UAV Fixed Wing," dalam *Unri Conference Series: Community Engagement 2*, 2020, hlm. 423–431. doi: 10.31258/unricsce.2.423.
- [10] A. Saputra, Nurhakim, dan A. Ali Syafi'i, "Pemanfaatan Foto Udara untuk Penyusunan Peta Desa dan Pemetaan Potensi Desa Berbasis Sistem Informasi Geografis," *Jurnal Himasapta*, vol. 7, no. 3, hlm. 137–142, 2022.
- [11] H. Saputra dan B. Rahman, "Pembuatan Peta Foto Udara Desa Meskom," *TANJAK*, vol. 2, no. 1, 2021.
- [12] A. Kumar, S. Kumar, P. Lal, P. Saikia, P. K. Srivastava, dan G. P. Petropoulos, "Chapter 1 - Introduction to GPS/GNSS technology," dalam *GPS and GNSS Technology in Geosciences*, G. p. Petropoulos dan P. K. Srivastava, Ed., Elsevier, 2021, hlm. 3–20. doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818617-6.00001-9>.
- [13] R. B. Langley, P. J. G. Teunissen, dan O. Montenbruck, "Introduction to GNSS," *Springer handbook of global navigation satellite systems*, hlm. 3–23, 2017.
- [14] N. A. Famiglietti, G. Cecere, C. Grasso, A. Memmolo, dan A. Vicari, "A test on the Potential of a Low Cost Unmanned Aerial Vehicle RTK/PPK Solution for Precision Positioning," *Sensors*, vol. 21, no. 11, Jun 2021, doi: 10.3390/s21113882.
- [15] N. Nizamuddin, F. S. Wirandha, dan . A., "Utilization of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Topographic Survey Using Ground Control Points (GCP) from Geodetic GNSS," *Aceh International Journal of Science and Technology*, vol. 12, no. 1, hlm. 60–68, Apr 2023, doi: 10.13170/aijst.12.1.31606.
- [16] W. Ostrowski, V. D. Gulli, K. Bakula, dan Z. Kurczyński, "Quality Aspects of True Orthophoto in Urban Areas," dalam *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Agu 2020, hlm. 191–198. doi: 10.5194/isprs-archives-XLIII-B5-2020-191-2020.
- [17] BIG, *Peraturan Badan Informasi Geospasial Nomor 18 Tahun 2021 tentang Tata Cara Penyelenggaraan Informasi Geospasial*. Indonesia: JDIH BPK, 2021. Diakses: 4 April 2024. [Daring]. Tersedia pada: <https://peraturan.bpk.go.id/Details/217091/peraturan-big-no-18-tahun-2021>
- [18] T. O. Hodson, "Root-mean-square error (RMSE) or mean absolute error (MAE): when to use them or not," *Geoscientific Model Development*, vol. 15, no. 14, Copernicus GmbH, hlm. 5481–5487, 19 Juli 2022. doi: 10.5194/gmd-15-5481-2022.
- [19] I. P. H. Prayogo, F. J. Manoppo, dan L. I. R. Lefrandt, "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, hlm. 47–58, 2020.
- [20] M. C. Ikkal, B. D. Yuwono, dan F. J. Amarrohman, "Analisis Strategi Pengolahan Baseline GPS Berdasarkan Jumlah Titik Ikat dan Variasi Waktu Pengamatan," *Jurnal Geodesi Undip*, vol. 6, no. 1, hlm. 228–237, 2017.
- [21] M. A. Jurin, R. Fadly, dan E. Rahmadi, "Kajian Pengaruh Panjang Baseline Terhadap Pengolahan Data GPS Metode Static Radial Menggunakan Perangkat Lunak Net Diff," *Journal of Geodesy and Geomatics*, vol. 1, no. 2, hlm. 18–22, 2021.