



**PEMANFAATAN TEKNOLOGI FOTO UDARA PENGINDERAAN JAUH
UNMANNED AERIAL VEHICLE (UAV) UNTUK PENGUMPULAN DATA
GEOSPASIAL DI AREA A WARISAN DUNIA TAMBANG
BATUBARA OMBILIN SAWAHLUNTO (WTBOS)**

Dedy Fitriawan¹, Hari Tri Senov², Rengga Permana³

¹Staf Pengajar Program Studi Geografi Universitas Tamansiswa Padang

²Mahasiswa Program Studi Teknologi Penginderaan Jauh Universitas Negeri Padang

³Mahasiswa Program Studi Geografi Universitas Tamansiswa Padang

Email: ¹dedy.fitriawan@gmail.com; ²haritriseno@gmail.com; ³renggapermana@gmail.com;

ABSTRACT

Remote sensing technology is currently developing very rapidly along with technological developments in the fields of computers, physics, robotics and artificial intelligence (AI). This technology is increasingly playing an active role in its use to obtain information quickly and efficiently, one of which is the use of Unmanned Aerial Vehicle (UAV). This UAV technology is the best choice for fast geospatial data collection at an affordable price. Several regions or regions in Indonesia have limited access to high-resolution satellite imagery, so that it affects the delay in having updated geospatial data with more complete regional information. For example, a cultural heritage site in a historical area. The primary data collection technique was carried out by shooting the spread of cultural heritage with photo mosaics to obtain the overall appearance of the object. The results obtained are in the form of an Orthophoto map from the processing results that have updated geospatial information and can be used as a reference for planning culture, tourism and education. In this application, in Area A, the Ombilin Coal Mining Heritage of Sawahlunto (OCMHS), obtained a spatial resolution of 14 cm with a geometric accuracy of class 1 BIG (Indonesian Geospatial Agency) basic mapping of 0.22 m at 90% confidence and a total RMSE of 0.33 m. These results were obtained from 61 points consisting of GCP and ICP with an average accuracy level of 10 mm (0.01 m).

Keywords: UAV technology, geospatial data, aerial photo, Area A OCMHS

ABSTRAK

Teknologi penginderaan jauh saat ini berkembang sangat pesat seiring dengan perkembangan teknologi dibidang komputer, fisika, robotik dan *artificial intelligence* (AI). Teknologi tersebut kian berperan aktif dalam penggunaannya untuk memperoleh informasi secara cepat dan efisien yang salah satunya terhadap penggunaan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Teknologi UAV ini merupakan sebuah pilihan terbaik dalam pengumpulan data geospasial secara cepat dengan harga terjangkau. Beberapa daerah atau kawasan di Indonesia memiliki keterbatasan akses terhadap citra satelit resolusi tinggi sehingga mempengaruhi terhadap keterlambatan memiliki data geospasial yang terupdate dengan informasi kewilayahan yang semakin lengkap. Seperti misalnya situs cagar budaya suatu kawasan bersejarah. Teknik pengumpulan data primer yang dilakukan secara pemotretan udara sebaran cagar budaya dengan mosaic foto untuk memperoleh kenampakan obyek secara keseluruhan. Hasil yang diperoleh berupa peta Orthophoto memiliki informasi geospasial yang update serta dapat digunakan sebagai acuan perencanaan kebudayaan, pariwisata maupun pendidikan. Pada penerapan kali ini di Area A Warisan Dunia Tambang Batubara Ombilin Sawahlunto (WTBOS), diperoleh resolusi spasial sebesar 14 Cm dengan ketelitian geometri kelas 1 standar pemetaan dasar BIG sebesar 0,22 m pada kepercayaan 90% dan total RMSE sebesar 0,33 m. Hasil ini diperoleh dari 61 titik yang terdiri dari GCP dan ICP dengan rata-rata tingkat ketelitian 10 mm (0.01 m).

Kata kunci: teknologi UAV, data geospasial, foto udara, Area A WTBOS

PENDAHULUAN

Penyajian data geospasial sangat penting untuk keperluan pengembangan suatu wilayah maupun pelestarian situs cagar budaya suatu kawasan bersejarah. Demi terjaganya data-data geospasial situs bersejarah tersebut dari perkembangan kawasan yang makin hari makin tinggi perlu hendaknya di lakukan updating secara berkala, agar tetap bisa di lestarian keberadaan serta situs bersejarah tersebut dapat di kembangkan menjadi potensi yang keberadaan dapat menunjang pembangunan wilayah sekitarnya. Dengan perkembangan teknologi pada saat ini, pekerjaan dalam menginventaris situs-situs tersebut ke dalam suatu bentuk data spasial salah satunya dapat menggunakan teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Sistem UAV merupakan sebuah teknologi yang memungkinkan pengambilan gambar berupa citra yang dapat dikendalikan dari jarak yang jauh dengan menggunakan gelombang radio. Teknologi UAV dapat dijalankan dengan panduan elektronik kontrol dan *Ground Positioning Sistem* (GPS) yang telah terintegrasi pada UAV dan menavigasi dengan hukum aerodinamika sehingga dapat mengangkat dirinya pada ketinggian tertentu. UAV dapat terbang *autopilot* sesuai jalur terbang yang telah direncanakan sehingga mampu pengumpulan data geospasial secara efisien dan efektif (Hartono, 2018). Salah satu tipe wahana yang di lengkapi baling-baling atau propellers adalah UAV jenis *Quadcopter* yang mana jenis ini paling banyak di jumpai dalam melakukan perekaman data geospasial. Jenis yang kedua adalah *Fixed Wing Drone* atau juga disebut pesawat tanpa awak yang memiliki motor pada bagian belakang sebagai media penggerak dan di kedua sayapnya terdapat sistem

mekanis yang dapat memandu kemana arah yang telah di rencanakan.

Dengan menggunakan UAV ini, perekaman objek data geospasial yang berbentuk lembaran foto akan di proses melalui *Agisoft PhotoScan* pada sebuah perangkat lunak PC, kemudian di gabungkan menjadi satu data utuh dan di transformasikan ke dalam koordinat yang telah tergeoreferensi. Dalam proses georeferensi koordinat foto tersebut membutuhkan data berupa *Ground Control Point* (GCP) yang menjadi titik koreksi agar adanya keterkaitan antara sistem foto dengan data geospasial. Pada saat perekaman data GCP dengan menggunakan GPS RTK akan terlihat nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) yang mana nilai tersebut menentukan angka ketelitian GCP, dimana semakin kecil angka tersebut semakin tinggi keterkaitan antara sistem foto dengan data geospasial yang di hasilkan. (Rudianto, 2011)

METODE

A. Lokasi

Area A Warisan Dunia Tambang Batubara Ombilin Sawahlunto (WTBOS) merupakan salah satu area warisan dunia yang telah ditetapkan oleh UNESCO melalui sidang yang ke-43 di Pusat Kongres Baku, Alzerbaijan. Area A ini mencakup sebagian administrasi Kota Sawahlunto dengan titik tengah terletak di kawasan Kota Lama Sawahlunto (Gambar 1).

B. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Data sebaran Jaring Kontrol Geodesi (JKG) milik Badan Informasi Geospasial (BIG) yang tersebar disekitar lokasi
2. Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1:50.000

Alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Pesawat DJI Phantom 4 Pro beserta kelengkapan seperti remote controll, alat penguat sinyal dll
2. GPS Geodetik Hi Target V90 beserta kelengkapan lapangan seperti tribach, statif, dll
3. *Marker* sebagai pananda titik ikat yang ikut terekam oleh kamera pesawat
4. GPS handheld
5. Seperangkat komputer dengan spesifikasi yang sesuai
6. Perangkat lunak Agisoft Photoscan untuk pengolahan foto udara
7. Perangkat lunak ArcGIS 10.1 untuk pengolahan data GIS

C. Tahapan pekerjaan

Tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Tahapan perencanaan

Titik kontrol tanah yang direncanakan terlebih dahulu dianalisis kedekatan dan jangkauan alat GPS yang akan digunakan dengan keberadaan titik patok Jaring Kontrol Geodesi (JKG) Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI) milik Badan Informasi Geospasial (BIG). Distribusi titik patok JKG-SRGI dimaksud, diakses secara gratis pada laman web <http://srgi.big.go.id/srgi2/jkg>. Metode pengambilan titik menggunakan kombinasi antara *Network Real Time Kinematik* (RTK) dan *baseline post processing* yang bersumber dari JKG milik BIG.

2. Tahapan Survey/Akuisisi Data

Metode yang digunakan dalam proses pengambilan data atau akuisisi data adalah metode survey lapangan atau pengumpulan data secara primer.

Metode ini dilakukan secara langsung sesuai dengan kondisi lapangan pada saat proses itu dilaksanakan dengan menggunakan peralatan-peralatan lapangan sebagaimana dibahas pada poin Bahan dan Alat. Peralatan utama yang digunakan adalah DJI Phantom 4 Pro yang memiliki beberapa tahap penggunaan yakni pembuatan jalur terbang yang akan dilalui oleh pesawat serta distribusi titik control tanah dalam bentuk *marker* yang akan diukur menggunakan GPS Geodetik.

3. Tahapan pengolahan (*processing*) data

Setelah proses akuisisi data lapangan dilakukan, metode selanjutnya adalah pengolahan data yakni menggabungkan data foto udara yang diambil menggunakan aplikasi Agisoft Photoscan. Dalam tahapan ini dilakukan beberapa proses yakni proses *orthorektifikasi* (menegakkan dan melakukan koreksi geometri menggunakan koordinat GCP) dan *mosaic* atau menggabungkan potongan-potongan foto udara menjadi satu berkas yang utuh dalam format TIF.

Untuk Uji Akurasi/Uji Ketelitian Geometri dilakukan untuk mengetahui nilai ketelitian foto udara yang telah *Orthorektifikasi*. Pengujian ketelitian posisi mengacu pada perbedaan koordinat (X,Y,Z) antara titik uji pada gambar atau peta dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada permukaan tanah yang diukur menggunakan GPS Geodetik. Pengukuran akurasi menggunakan *root mean square error* (RMSE) atau *circular error* dimana yang perlu diperhitungkan adalah koordinat (X, Y) titik uji dan posisi sebenarnya di lapangan. Teknik uji ketelitian ini

mengacu pada Perka BIG No. 3 Tahun 2016 dimana tingkat ketelitian horizontal memiliki ketentuan berdasarkan skala peta yang akan dikeluarkan. Adapun tingkat ketelitian yang dimaksud tersaji pada Tabel berikut.

Skala	Ketelitian Horizontal (m)		
	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
1:10.000	2	3	5
1:5.000	1	1,5	2,5
1:2.500	0,5	0,75	1,25

Nilai ketelitian peta adalah nilai (*circlear error*) CE90 untuk ketelitian horizontal, yang berarti bahwa kesalahan posisi peta tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%. Nilai CE90 diperoleh dengan rumus sebagai berikut.

$$CE90 = 1.5175 * RMSEr$$

Keterangan:

RMSEr = Root Mean Square Error pada posisi x dan y horizontal

Tahapan uji ketelitian horizontal yang digunakan dalam kegiatan ini, disamping mengacu pada peraturan Kepala BIG Nomor 3 Tahun 2016 juga mengacu pada SNI 8202 – Ketelitian Peta Dasar.

Hasil dan Pembahasan

Proses akuisisi data foto udara menggunakan teknologi penginderaan jauh khususnya UAV menghasilkan peta orthophoto hasil gabungan lembaran-lembaran foto yang diambil menggunakan pesawat drone. Data ini menghasilkan informasi terbaru dari penampakan obyek permukaan dari Kawasan Area A Warisan Dunia Tambang Batubara Ombilin Sawahlunto (WTBOS). Jenis drone yang digunakan adalah DJI Phantom 4 Pro yang menghasilkan foto berkualitas dengan biaya yang relative terjangkau dibandingkan dengan pengadaan citra satelit resolusi tinggi. Hasil dari penggabungan (mosaic)

menggunakan Agisoft Photoscan ini merupakan jenis citra foto udara yang memberikan penampakan obyek lebih detik dibandingkan dengan citra satelit berbayar maupun dari google. Selain itu, informasi yang ditampilkan juga lebih terbaru dengan resolusi sebesar 14 cm.

1. Titik control tanah

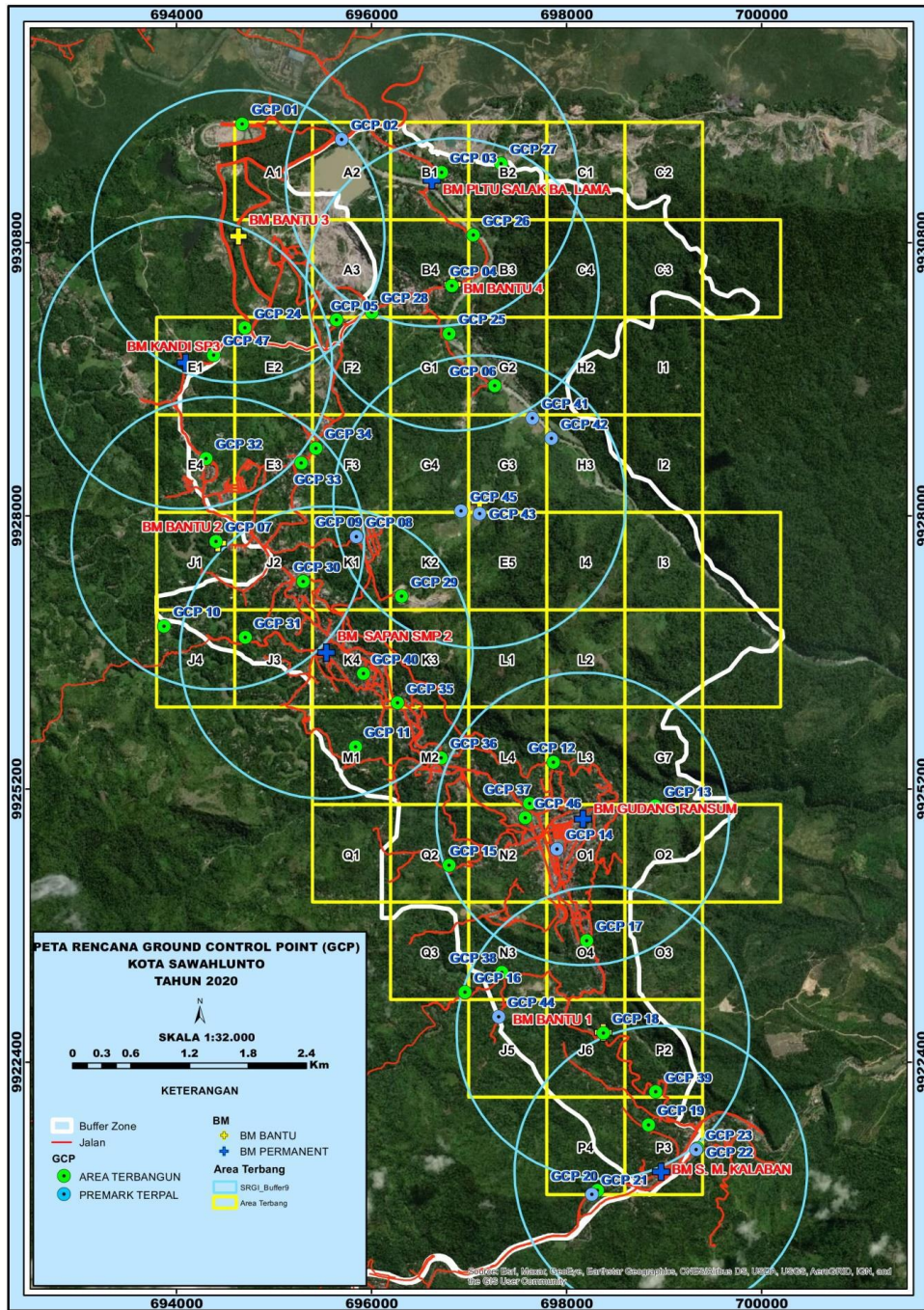
Titik control tanah yang digunakan sebanyak 34 titik dengan jumlah *Independent Check Point* (ICP) sebanyak 15 titik, sisanya merupakan titik ikat *ground control point* (GCP).

Name	X	Y	Z
GCP 01	694616,062	9932038,354	295,6928
GCP 01	694595,5053	9932038,22	295,6028
TAMBAHAN			
GCP 02	695665,0121	9931873,374	214,0991
GCP 03	696693,8339	9931539,41	213,1531
GCP 04	696824,5922	9930357,201	200,5018
GCP 05	695636,79	9929997,586	228,3398
GCP 06	697319,0705	9929331,115	192,527551
GCP 07	694405,6846	9927735,826	424,3841
GCP 07	694428,9916	9927731,65	423,8948
GCP 08	695835,1735	9927782,041	517,4458
GCP 10	693875,629	9926866,555	390,3341
GCP 11	696077,0024	9925871,644	360,3278
GCP 12	697871,4035	9925476,797	354,7888
GCP 13	698907,4525	9925023,767	241,2738
GCP 14	697899,1805	9924581,975	250,154344
GCP 15	696795,9927	9924433,287	319,2241
GCP 17	698155,7826	9923668,066	315,3441
GCP 18	698375,4757	9922693,955	339,3591

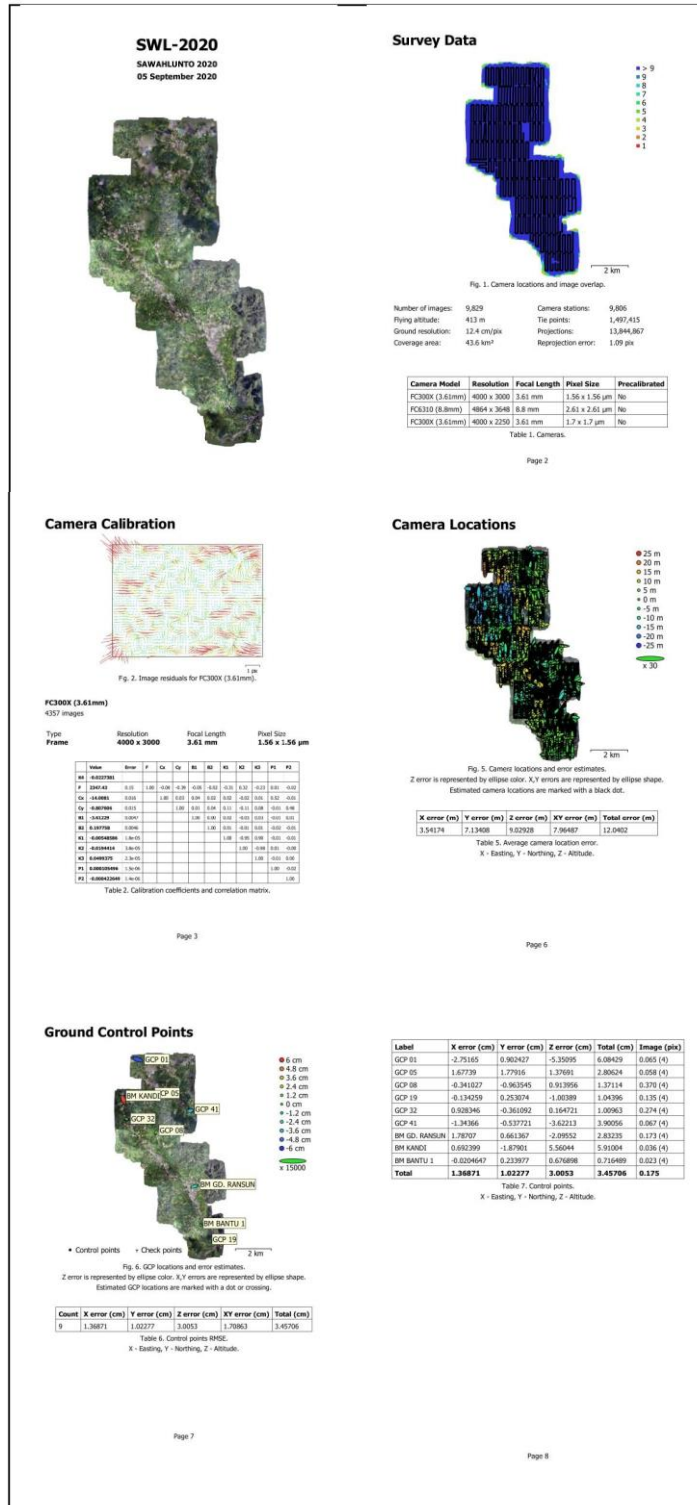
GCP 19	698871,5058	9921800,952	221,5368
GCP 20	698315,6926	9921079,881	226,3101
GCP 22	699160,7739	9921753,152	226,9008
GCP 24	694737,1518	9929917,382	325,8598
GCP 25	696796,2212	9929864,855	199,0051
GCP 26	697037,0114	9930880,242	201,2978
GCP 27	697326,4762	9931608,945	251,0661
GCP 28	696002,341	9930085,344	207,8378
GCP 29	696280,3691	9927148,938	546,4721
GCP 30	695300,245	9927323,362	410,3678
GCP 31	694705,1239	9926749,35	393,2891
GCP 32	694308,2806	9928580,246	376,0498
GCP 33	695281,5887	9928538,268	333,0711
GCP 34	695427,3269	9928669,652	307,1851
GCP 35	696267,6273	9926080,812	374,1328
GCP 36	696713,3229	9925517,139	373,3328
GCP 37	697606,3361	9925036,713	274,2038
GCP 39	698870,2153	9922161,446	270,4648
GCP 38	696955,6103	9923109,198	295,4986
GCP 40	695964,5852	9926370,199	367,5301
GCP 41	697660,4759	9929027,705	192,1637
GCP 44	697315,5138	9922907,681	453,8148
GCP 46	697547,8285	9924903,25	260,1628
GCP 47	694380,6605	9929643,27	374,8548
BM GD. RANSUN	698164,7247	9924890,987	243,008
BM SAPAN SMP 2	695531,5552	9926593,777	413,7729
BM KANDI	694091,6089	9929570,686	372,4071
BM SALAK	696664,3989	9931456,904	204,1429
BM BANTU 1	698368,434	9922705,514	339,8578

2. Hasil Foto Udara

Foto udara diakuisisi menggunakan pesawat UAV dengan jumlah jalur terbang sebanyak 62 kali. Jumlah foto yang dihasilkan adalah sebanyak 9.829 lembar foto dengan resolusi spasial 14 cm. Sebagian foto udara tersebut mengalami over exposure serta beberapa mengalami blur yang disebabkan oleh gangguan teknis dan gangguan cuaca sekitar berupa kecepatan angin yang tinggi. Kendala-kendala teknis lainnya dapat diperbaiki dengan baik dalam proses pengambilan foto udara dengan cara mengoreksi foto udara secara digital untuk meningkatkan kualitasnya seluruh rangkaian proses orthophoto dilakukan dengan menggunakan aplikasi Agisoft Photoscan dengan hasil output pada Gambar 4.



Gambar 1. Peta Kerja Area A WT BOS



Gambar 2. Hasil Report Agisoft Photoscan

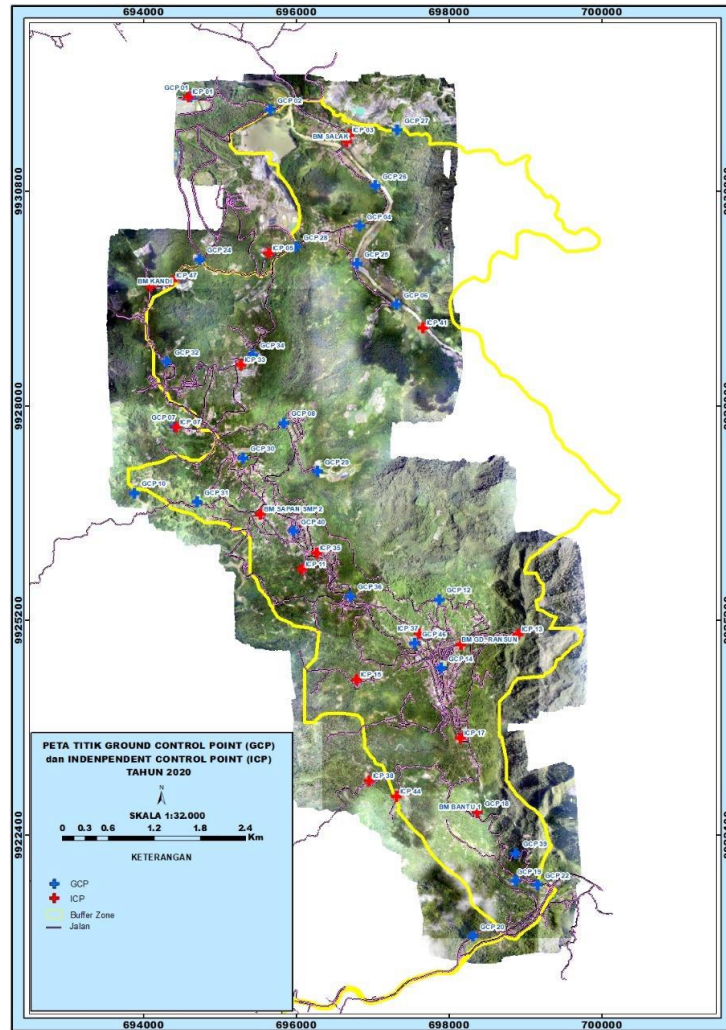
3. Hasil uji ketelitian geometris

Dalam melakukan uji ketelitian digunakan titi ICP dengan informasi sebagai berikut.

NO	Name	X	Y	Akurasi (Fixed) Meter
1	GCP 04	696824.5922	9930357.201	0.008
2	GCP 07	694405.6846	9927735.826	0.007
3	GCP 08	695835.1735	9927782.041	0.007
4	GCP 12	697871.4035	9925476.797	0.008
5	GCP 14	697899.1805	9924581.975	0.007
6	GCP 18	698375.4757	9922693.955	0.013
7	GCP 19	698871.5058	9921800.952	0.007
8	GCP 20	698315.6926	9921079.881	0.018
9	GCP 25	696796.2212	9929864.855	0.011
10	GCP 28	696002.341	9930085.344	0.015
11	GCP 32	694308.2806	9928580.246	0.007
12	GCP 34	695427.3269	9928669.652	0.009
13	GCP 37	697606.3361	9925036.713	0.009
14	GCP 46	697547.8285	9924903.25	0.01
15	GCP 47	694380.6605	9929643.27	0.005

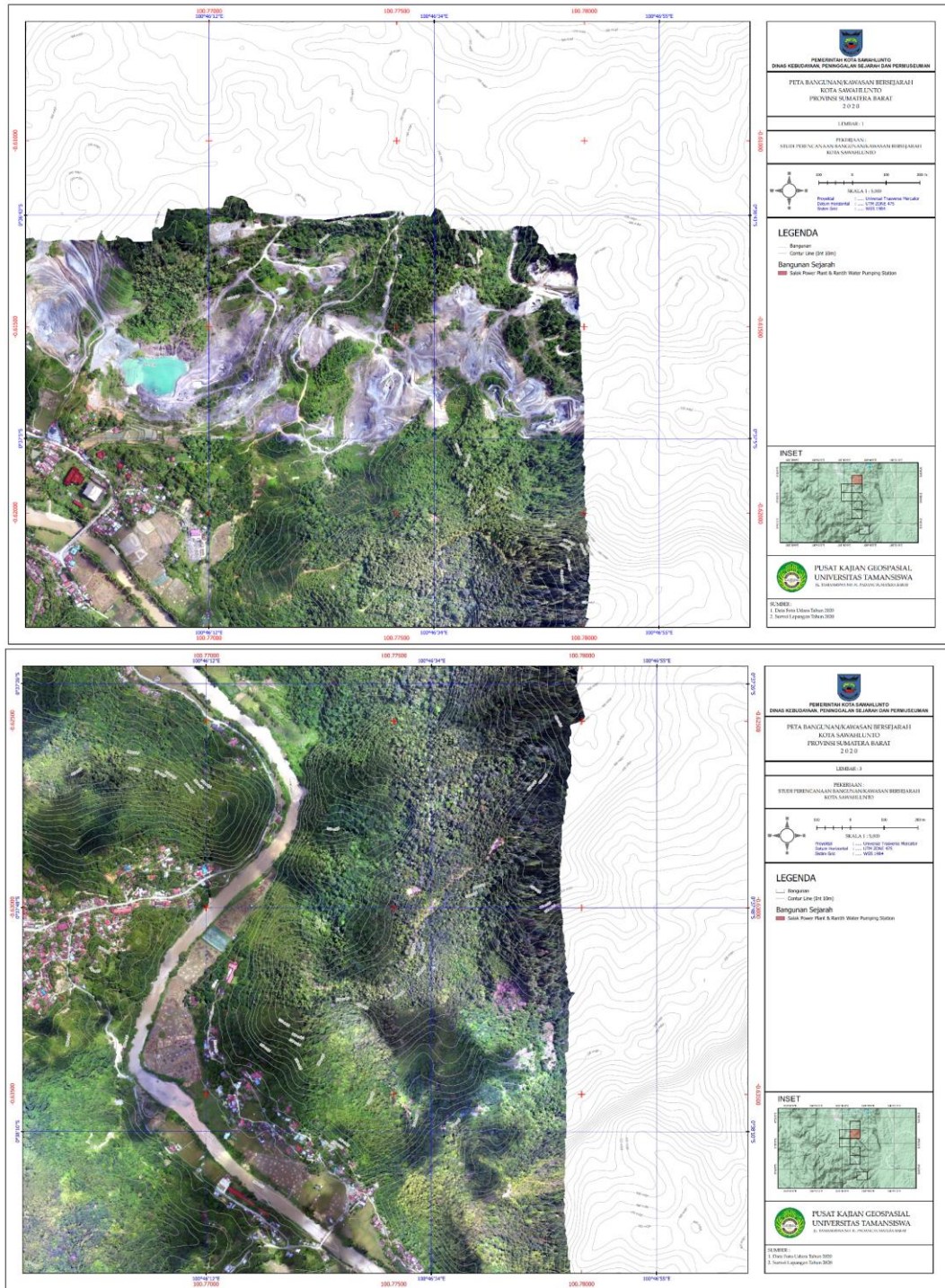
Setelah diolah menggunakan rumus dan matriks uji maka diperoleh nilai RMSEr sebesar 0,22 m sedangkan nilai akurasi horizontal dengan tingkat kepercayaan 90% adalah sebesar 0,33 m (lihat Tabel). Dari hasil penghitungan uji ketelitian geometris foto udara

sebagaimana tersaji pada Tabel, menunjukkan bahwa tingkat ketelitian FU sebagai sumber data sangat tinggi sebagai bagian dari sumber data peta khususnya untuk pemetaan cagar budaya dan Kawasan warisan dunia. Berdasarkan pengkelasan standar ketelitian peta oleh BIG, maka peta dasar yang akan dihasilkan memiliki tingkat ketelitian kelas 1 dengan tingkat kepercayaan 90%.

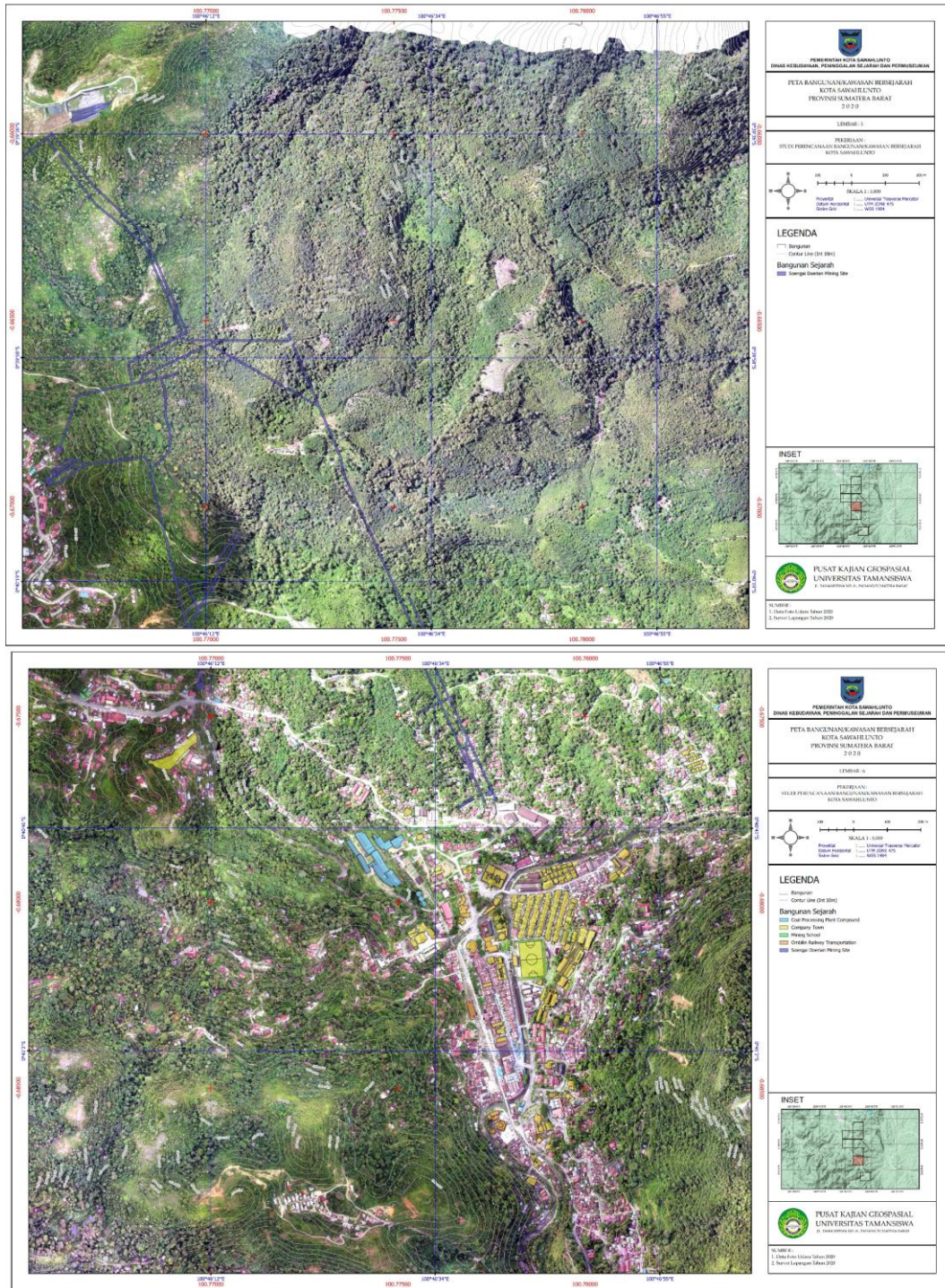


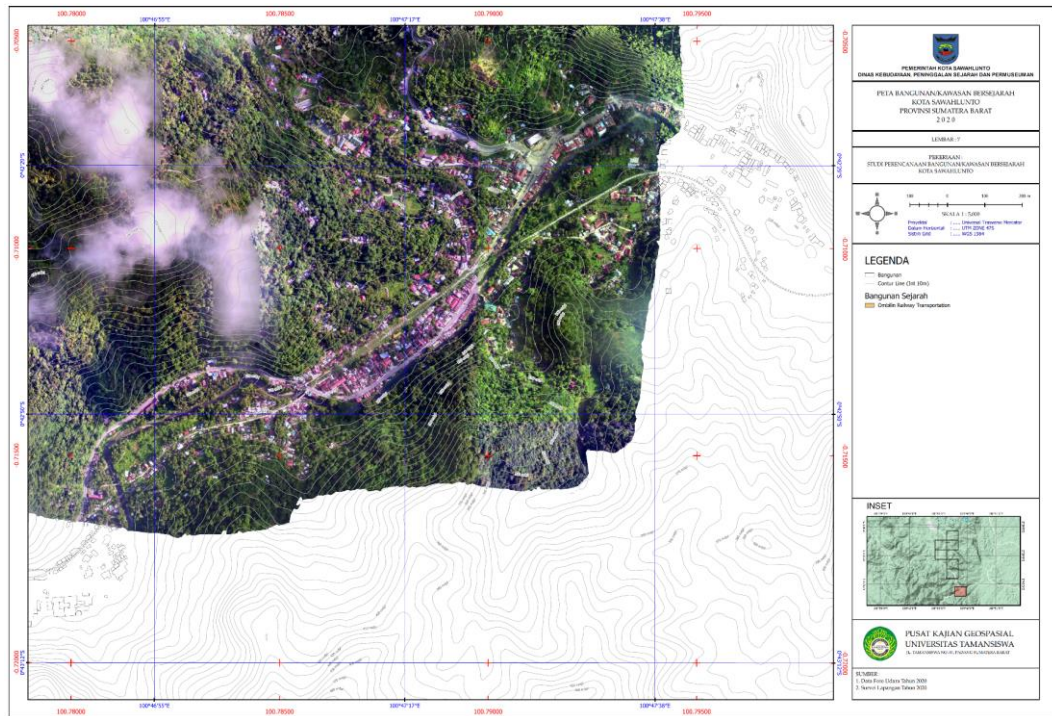
Gambar 3. Hasil foto udara orthomosaic dan sebaran titik GCP dan ICP tahun 2020

Titik ICP	Jarak ke titik GPS yang bersesuaian (m)	Koordinat ICP GPS Geodetik		Koordinat ICP (Interpretasi)		$(X_{GPS}-X_{ICP})^2$	$(Y_{GPS}-Y_{ICP})^2$	$(X_{GPS}-X_{ICP})^2+(Y_{GPS}-Y_{ICP})^2$
		X	Y	X	Y			
GCP 04	0,0002	696824,6	9930357,2	696824,6	9930357,2	0,0000000	0,0000000	0,0000000
GCP 07	0,000399999	694405,7	9927735,8	694405,7	9927735,8	0,0000000	0,0000002	0,0000002
GCP 08	0,000499999	695835,2	9927782,0	695835,2	9927782,0	0,0000000	0,0000002	0,0000002
GCP 12	0,000299999	697871,4	9925476,8	697871,4	9925476,8	0,0000000	0,0000001	0,0000001
GCP 14	0	697899,2	9924582,0	697899,2	9924582,0	0,0000000	0,0000000	0,0000000
GCP 18	0,443642098	698375,5	9922694,0	698375,9	9922694,1	0,1792117	0,0176066	0,1968183
GCP 19	0,0002	698871,5	9921801,0	698871,5	9921801,0	0,0000000	0,0000000	0,0000000
GCP 20	0,000200002	698315,7	9921079,9	698315,7	9921079,9	0,0000000	0,0000000	0,0000000
GCP 25	0,202650538	696796,2	9929864,9	696796,3	9929864,7	0,0067274	0,0343398	0,0410672
GCP 28	0	696002,3	9930085,3	696002,3	9930085,3	0,0000000	0,0000000	0,0000000
GCP 32	0,497308283	694308,3	9928580,2	694307,8	9928580,4	0,2268150	0,0205005	0,2473155
GCP 34	0,0002	695427,3	9928669,7	695427,3	9928669,7	0,0000000	0,0000000	0,0000000
GCP 37	0,000299999	697606,3	9925036,7	697606,3	9925036,7	0,0000000	0,0000001	0,0000001
GCP 46	0,491305956	697547,8	9924903,3	697548,2	9924902,9	0,1275833	0,1137983	0,2413815
GCP 47	0,000400001	694380,7	9929643,3	694380,7	9929643,3	0,0000000	0,0000002	0,0000002
15								
				Jumlah				0,73
				Rata-rata				0,05
				RMSEr				0,22
				Akurasi Horisontal 90 %				0,33









Gambar 4. Hasil Orthomosaic Foto Udara Area A WT BOS

KESIMPULAN

Secara umum Foto udara Kawasan Warisan Dunia Kota sawahlunto tahun 2020 memiliki resolusi spasial sebesar 14 Cm dengan ketelitian geometri kelas 1 standar pemetaan dasar BIG sebesar 0,22 m pada kepercayaan 90% dan total RMSEr sebsar 0,33 m. Diperoleh 61 titik yang terdiri dari GCP dan ICP dengan rata-rata tingkat ketelitian 10 mm (0.01 m) yang dilakukan perekaman foto udara pada kawasan warisan dunia area A Kota Sawahlunto. Tahapan orthorektifikasi dilakukan terhadap foto udara hasil perekaman tahun 2020 dengan tingkat RMSEr 330 mm (0.33 m).

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, Hasanuddin. Z. (2007). *Modul 7: Pendahuluan Metode Survei GNSS*. Institut Teknologi Bandung
 Austin, R. 2010. *Unmanned Aircraft System, UAVS Design,*

Development, and Deployment. A John Wilky and Sons, Ltd, Publication. United Kingdom.

Danoedoro, P., 2012, *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
 Batubara, H. 2012. *Masalah Penyelesaian Sengketa Batas Antar Daerah.* <http://www.kompasiana.com/harmenbatubara/masalah-penyelesaian-sengketa-batas-antar-daerah>
 Berteska, T., dan Ruzgiene, B.,(2013). Photogrammetric mapping based on UAV imagery. *Geodesy and Cartography*, 39(4):158-163
 Eisenbeiss, H. 2009. *UAV Photogrammetry.* Zürich.ETH Zürich.
 Fryer, J.G. “Camera Calibration for Non Topographic Photogrammetry.” *Dalam Non Topographic Photogrammetry, oleh H.M. Karara.* ASPRS, 1989.
 Haala, N., Cramer, M., Weimer, F., dan Trittler, M. (2011). Performance

- Test on UAV-Based Photogrammetric Data Collection. International Archives of The Photogrammetry. *Remote Sensing and Spatial Information Science*, XXXVIII-1/C22, 7-12.
- Hertanto, H., 2014, Pembuatan Peta Foto Dengan Mosaik Foto Udara Format Kecil Menggunakan Metode Kolinieritas, *Tugas Akhir*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Jensen, J. R., 1986. *Introductory Digital Image Processing, A Remote Sensing Perspective*. New Jersey: Prentice Hall.
- Kardono, AK. Rushianto E., Fatoni A., 2012, Perancangan dan Implementasi Sistem Pengaturan Optimal LQR untuk Menjaga Kestabilan Hover pada Quadcopter, *Jurnal Teknik ITS*, Vol.1, No.1, Tahun 2012, (ISSN : 2301-9271)
- Kavzoglu, T., dan Karsli, F. 2008. Calibraton of A Digital Single Lens Reflex (SLR) Camera Using Artificial Neural Networks. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B5. Beijing.
- Pramono A.H,dkk. 2013. Panduan Penataan Batas Desa Secara Partisipatif. Abt Associates Inc. Kontrak No. GS10F0086K
- Wicaksono,F.Y.E.2009. *Apa Itu Foto Udara?*. Badan Perpustakaan dan Arsip Daerah Provinsi DIY.<URL:<http://bpadjogja.info/file/a993f9ea56c958470ff07f271a12e7a62b.pdf>>.
- Wolf, P. R., 1993. *Elemen Fotogrametri Dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh, Edisi kedua*.
- Yogyakarta: Gadjah Mada University Press