

Uji Tingkat Akurasi Pemetaan Digital Menggunakan Wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) Studi Kasus Wilayah *Out Pit Dump* Barat PT. Cipta Kridatama *Job Site* Binuang Mitra Bersama, Provinsi Kalimantan Selatan

Eka Nur Hayati¹, Hannaesa Laurens², Obrin Trianda³, Oky Sugarbo⁴, Anggi Deliana⁵

^{1,3,4} Program Teknik Geologi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

² Program Studi Teknik Elektro, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta

⁵ Program Studi Teknik Geologi, Universitas Jambi

Korespondensi: obrin@itny.ac.id

ABSTRAK

Pemetaan dengan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) merupakan salah satu metode yang dinilai efektif dan efisien dengan hasil akurasi yang dapat memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Untuk mendapatkan tingkat akurasi yang memenuhi standar, maka digunakan sejumlah titik ikat atau *Ground control points* (GCP) sebagai referensi koordinat yang sebenarnya. Pada penelitian ini jumlah titik yang digunakan adalah sebanyak 14 titik yang tersebar di wilayah pemetaan. Penelitian dilakukan di kawasan *Out Pit Dump* (OPD) Barat PT. Cipta Kridatama *Job Site* Binuang Mitra Bersama yaitu dengan luas wilayah pemetaan ± 120 Ha. Pengambilan data lapangan menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) Drone seri DJI Phantom 4 dan GPS Geodetik yang kemudian data akan diolah menggunakan software Agisoft PhotoScan. Dari uji akurasi koordinat planimetris hasil pemetaan foto udara didapatkan nilai CE90 sebesar 1,53 meter dan nilai LE90 sebesar 2,61 meter yang berarti bahwa uji akurasi horizontal dan vertikal ketelitian peta memenuhi standar untuk skala peta 1:10.000 yaitu masuk kedalam orde kelas 1 dan 2. *Report root mean square error* (RMSe) untuk ketelitian hasil pengukuran menggunakan *unmanned aerial vehicle* (UAV) mendapatkan nilai error horizontal sebesar 1,01 meter dan vertikal 1,55 meter.

Kata kunci: *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), Fotogrametri, *Ground Control Point* (GCP), Uji Akurasi

ABSTRACT

Mapping with the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is a method that is considered effective and efficient with accurate results that meet the standards set by the Geospatial Information Agency (BIG). To obtain a level of accuracy that meets the standards, a number of ground control points (GCP) are used as references to the actual coordinates. In this study, the number of points used was 14 points spread over the mapping area. The research was conducted in the West Out Pit Dump (OPD) area of PT. Cipta Kridatama Job Site Binuang Mitra Bersama, with a mapping area of ± 120 Ha. Field data collection uses the DJI Phantom 4 Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Drone series and Geodetic GPS which then data will be processed using the Agisoft PhotoScan software. From the accuracy test of planimetric coordinates from aerial photo mapping results, the CE90 value is 1.53 meters and the LE90 value is 2.61 meters, which means that the horizontal and vertical accuracy tests for map accuracy meet the standard for map scale 1:10,000, which is included in class 1 order and 2. Report root mean square error (RMSe) for the accuracy of measurement results using an unmanned aerial vehicle (UAV) to obtain a horizontal error value of 1.01 meters and a vertical error of 1.55 meters.

Keywords: *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), Photogrammetry, *Ground Control Point* (GCP), Accuracy Test

PENDAHULUAN

Unmanned Aerial Vehicle (UAV) merupakan sebuah teknologi pemetaan wilayah yang terbaru. UAV memiliki beberapa kelebihan dibanding dengan teknologi pemetaan lainnya, yaitu dapat dilakukan dengan waktu yang relatif lebih cepat, sederhana dan mudah dibawa berpindah-pindah serta memiliki akurasi yang cukup tinggi (Wolf, 1993). Dalam ilmu pemetaan, terdapat berbagai metode survey dan pemetaan yang dapat dilakukan, salah satunya adalah metode fotogrametri. Fotogrametri didefinisikan sebagai seni, ilmu dan teknologi untuk memperoleh informasi terpercaya tentang objek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran dan interpretasi gambaran fotografik dan pada radiasi tenaga elektromagnetik yang terekam (Wolf, 1993).

Dalam melakukan pemetaan melalui foto udara dibutuhkan titik-titik ikat yang diketahui dan memiliki referensi koordinat lokasi dimana pengukuran dilaksanakan. Titik-titik ini disebut *Ground Control Point* atau titik kontrol.

Ground Control Point (GCP) berfungsi sebagai titik sekutu yang menghubungkan antara sistem koordinat peta dan sistem koordinat foto. Dari GCP inilah nantinya peta foto akan memiliki koordinat yang sesuai dan terikat dengan wilayah pengukuran tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan pemodelan DEM (DTM), Peta *Orthomosaic* dan peta kontur pada area penelitian serta menguji tingkat akurasi geometri dari peta yang dihasilkan.

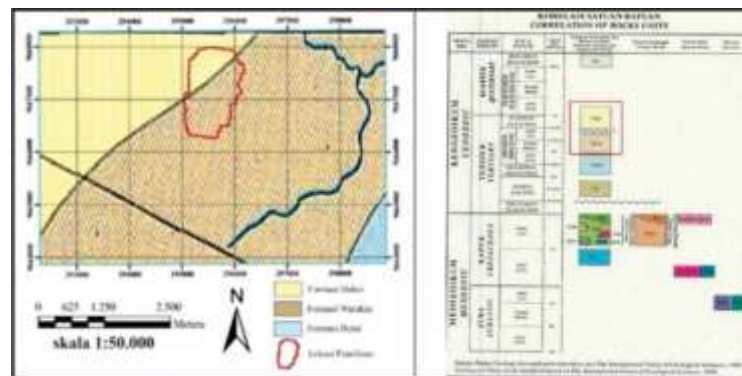
Penelitian di lakukan di wilayah konsesi tambang batubara PT. Cipta Kridatama *Job Site* Binuang Mitra Bersama (BMB) yang secara administratif berada di Desa Pantai Cabe, Kecamatan Salambabaris, Kabupaten Tapin, Provinsi Kalimantan Selatan. Lebih spesifikasinya, pengambilan data penelitian di lakukan pada wilayah *Out Pit Dump* (OPD) Barat dari WIUP. Lokasi penambangan berjarak ± 112 Km kearah timur laur dari Kota Banjarmasin. Secara geografis wilayah operasional PT. Cipta Kridatama *job site* BMB terletak pada koordinat $115^{\circ} 10' 19.4$ BT dan $3^{\circ} 01' 22.3''$ LS.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Geologi Regional

Stratigrafi daerah penelitian dan sekitarnya dalam Peta Geologi Regional Lembar Banjarmasin, Kalimantan N. Sikumbang & R.Heryanto 1994 berada pada formasi warukin dan formasi Dahor.

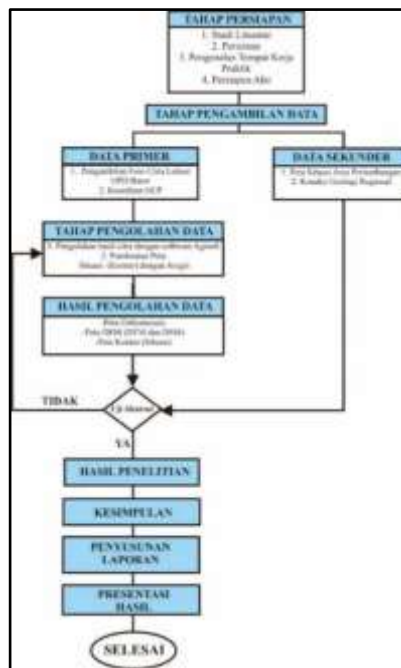


Gambar 2. Stratigrafi regional daerah penelitian

Menurut van Bemmelen (1949), fisiografi Kalimantan dapat dibagi menjadi 4 zona, yaitu Zona Schwaner, Zona Paternoster, Zona Meratus dan Zona Tinggian Kucing. Berdasarkan fisiografinya, lokasi penelitian masuk kedalam zona Tinggian Kucing, sub Zona Cekungan Barito.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang di gunakan pada penelitian ini adalah metode fotogrametri. Data lapangan yang digunakan dalam penelitian, berupa: data koordinat titik ikat, data koordinat titik uji, dan foto udara. Data -data yang telah terkumpul dari lapangan berupa foto udara dan titik koordinat, kemudian akan di olah dengan menggunakan *software Agisoft Photoscan Professional* dan *Arcgis*. Yang kemudian akan menghasilkan peta DEM, Peta *Orthomosaic*, dan peta kontur yang telah terkoreksi. Dari peta-peta tersebut nantinya akan di lakukan uji akurasi sehingga didapat tingkat kepercayaan peta menurut peraturan Badan Informasi Geospasial.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN ANALISIS

Data yang didapatkan berupa kumpulan *single* foto yang kemudian di olah menggunakan *software Agisoft Photoscan Professional* dan *Arcgis*. Hasil dan pembahasan secara rinci dijelaskan sebagai berikut:

Pemasangan Ground Control Point (GCP)

Sebelum di lakukannya pengambilan gambar, pemasangan *Groud Control Point* (GCP) di lakukan terlebih dahulu untuk memberikan referensi koordinat 3D (XYZ) terhadap hasil operasi *align photo*, sehingga model 3D yang terbentuk dapat diperbaiki kualitas geometriknya dan pada akhirnya mampu menghasilkan DEM dan Orthofoto yang akurat. Persebaran titik GCP di wilayah OPD Barat yaitu sebanyak 14 titik ikat pada lokasi yang mudah di jangkau dan di anggap mewakili elevasi tertentu. Untuk setiap titik ikat di tandai dengan pita berwarna terang yang di bentuk menyilang dengan ukuran $\pm 4 \times 4$ m. Hal ini di maksudkan agar ketika dilakukannya pengambilan gambar dari udara dengan ketinggian ± 120 meter dari permukaan tanah, tanda titik ikat tersebut masih terlihat dengan jelas untuk proses koreksi posisi foto. Pengukuran GCP di lakukan dengan menggunakan GPS Geodetik yang merekam koordinat secara akurat di wilayah penelitian.



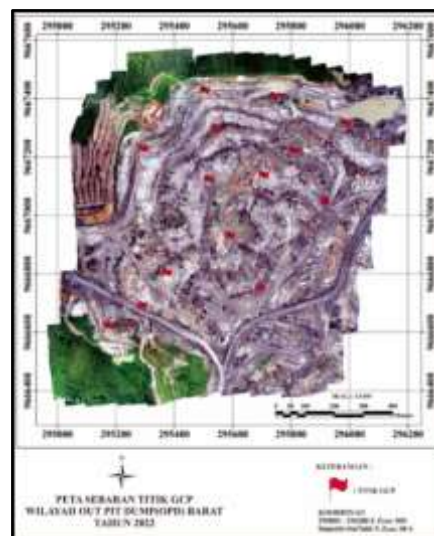
Gambar 2. Pemasangan GCP dan Pengukuran Koordinat

Berikut data yang di peroleh dari hasil pengukuran koordinat menggunakan GPS Geodemik dengan metode RTK di setiap titik ikat pada lokasi penelitian:

Tabel 1. Koordinat GCP Hasil Pengukuran Lapangan

GCP	X	Y	Z
GCP_1	295157,557	9666586,399	37,904
GCP_2	295276,99	9666659,237	50,376
GCP_3	295360,79	9666770,506	65,219

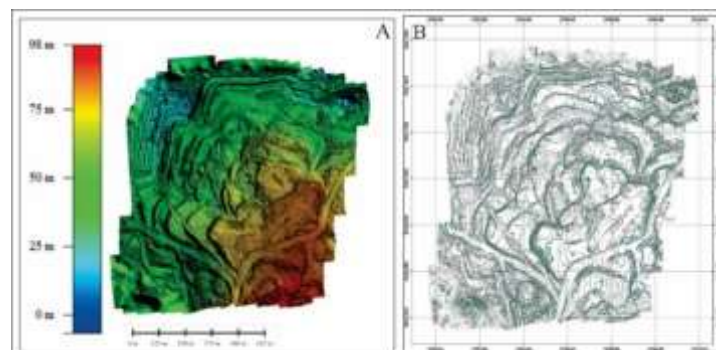
GCP_4	295680,409	9666718,434	81,574
GCP_5	295574,392	9666895,817	72,375
GCP_6	295504,156	9667089,611	58,559
GCP_7	295279,335	9667191,881	32,909
GCP_8	295528,29	9667263,672	44,522
GCP_9	295692,089	9667103,151	68,293
GCP_10	295901,498	9667012,035	70,105
GCP_11	295794,757	9667187,143	62,348
GCP_12	295491,359	9667392,999	34,671
GCP_13	295727,823	9667374,222	36,526
GCP_14	295974,133	9667283,197	39,127



Gambar 3. Peta Sebaran GCP di Wilayah Penelitian

DTM (*Digital Terrain Model*)

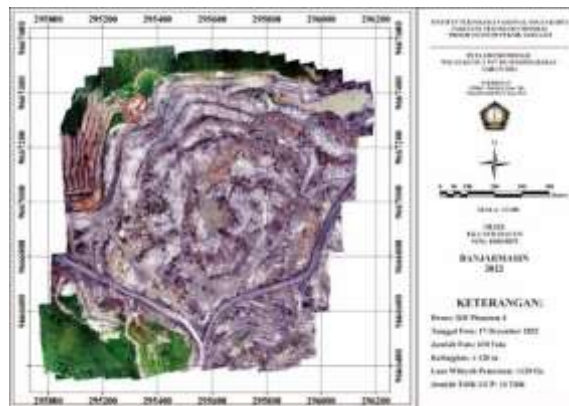
DTM merupakan model 3D permukaan tanah atau *bare land* yang dihasilkan dari interpolasi data *point cloud* yang telah terklasifikasi. Data ini menghasilkan model kenampakan permukaan tanah tanpa adanya penutup lahan yang ada, misalnya bangunan, vegetasi, dan lain-lain. Dari hasil DTM tersebut, data yang diperoleh dapat diolah lebih lanjut menjadi data kontur. Berikut hasil pengolahan DTM dan peta kontur yang di dihasilkan.



Gambar 4. (A) Hasil Pengolahan DEM (DTM) . (B) Peta Kontur DTM Wilayah Penelitian

Orthomosaic

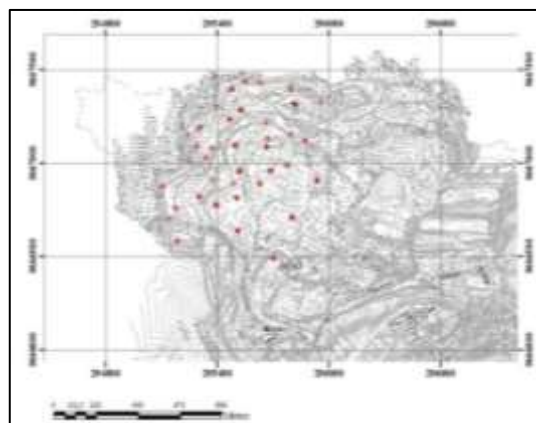
Tahapan terakhir dalam pengolahan foto udara menggunakan *Agisoft Photoscan Professional* pada penelitian ini adalah *build orthomosaic* untuk menghasilkan orthofoto yang telah terkoreksi geometrinya.



Gambar 5. Peta Orthomosaic Lokasi Penelitian

Menguji Hasil Tingkat Akurasi

Menguji hasil tingkat akurasi ini bertujuan untuk mengetahui ketelitian Geometrik, model orthofoto dan DEM yang di hasilkan. Berikut ini hasil uji ketelitian geometrik pada peta situasi dan DEM yang di hasilkan. Pengujian di lakukan dengan menetapkan 31 titik ICP (*Independent Control Point*) pada peta situasi yang di miliki perusahaan. Uji ketelitian geometrik horizontal dari hasil digitasi pada orthofoto dan vertikal dari data DEM yang diproses dari *software Agisoft Photoscan Profesional* selanjutnya dilakukan proses perhitungan selisih koordinat lapangan yang disini koordinat lapangan dan koordinat orthofoto dari ICP sebanyak 31 titik Uji. Pengukuran akurasi menggunakan *root mean square Error (RMSE)* atau *circular error (CE)* dan *linear error (LE)*. Pada pemetaan 3 dimensi yang perlu diperhitungkan adalah koordinat (X, Y dan Z) titik uji dan posisi sebenarnya di lapangan. Analisis akurasi posisi menggunakan *root mean square Error (RMSE)*, yang menggambarkan nilai perbedaan antara titik uji dengan titik sebenarnya. *Root mean square Error (RMSE)* digunakan untuk menggambarkan akurasi meliputi kesalahan random dan sistematik (BIG, 2018)



Gambar 6. Peta Situasi Wilayah Penelitian

Ketelitian Horizontal (X, Y)

Hasil perhitungan selisih koordinat horizontal (X, Y) diperoleh nilai RMSEr sebesar 1,01 meter. Nilai tersebut akan digunakan untuk perhitungan nilai *Circular Error 90% (CE90)*.

Tabel 2. Uji Ketelitian Horizontal

NO	X_SITUASI	X_PETA	Y_SITUASI	Y_PETA	DX	DX2	DY	DY2	DX2+DY2
1	295636,6	295635,97	9666662,56	9666663,44	0,63	0,40	-0,88	0,77	1,17
2	295144,77	295144,38	9666626,69	9666627,62	0,39	0,15	-0,93	0,86	1,02
3	295257,38	295256,31	9666584,24	9666584,64	1,07	1,15	-0,40	0,16	1,31
4	295154,44	295153,33	9666887,03	9666888,19	1,11	1,23	-1,16	1,34	2,57
5	295584,94	295585,34	9666840,78	9666840,43	-0,40	0,16	0,35	0,12	0,29
6	295779,33	295779,83	9666740,86	9666740,60	-0,50	0,25	0,26	0,07	0,32
7	295752,65	295752,17	9667105,92	9667105,69	0,48	0,23	0,23	0,05	0,29

NO	X_SITUASI	X_PETA	Y_SITUASI	Y_PETA	DX	DX2	DY	DY2	DX2+DY2
8	295938,69	295938,20	9667122,98	9667122,34	0,49	0,24	0,64	0,41	0,66
9	295493,13	295493,52	9667028,81	9667028,88	-0,39	0,15	-0,07	0,00	0,16
10	295610,13	295609,59	9667168,23	9667167,56	0,54	0,29	0,67	0,45	0,75
11	295278,62	295277,96	9667162,68	9667164,54	0,66	0,43	-1,86	3,48	3,91
12	295340,71	295341,27	9667218,29	9667218,81	-0,56	0,32	-0,52	0,27	0,59
13	295417,44	295418,15	9667216,23	9667215,80	-0,71	0,50	0,43	0,19	0,69
14	295685,92	295686,46	9667250,6	9667250,47	-0,54	0,30	0,13	0,02	0,31
15	295463,99	295464,33	9667331,27	9667331,57	-0,34	0,12	-0,30	0,09	0,21
16	295557,72	295558,21	9667400,87	9667400,02	-0,49	0,24	0,85	0,72	0,96
17	295659,13	295659,90	9667345,8	9667345,26	-0,77	0,60	0,54	0,29	0,89
18	295757,84	295757,69	9667345,53	9667345,26	0,15	0,02	0,27	0,07	0,10
19	295756,29	295755,73	9667381,89	9667382,42	0,56	0,31	-0,53	0,28	0,59
20	295864,86	295865,25	9667306,81	9667306,15	-0,39	0,15	0,66	0,44	0,60
21	295756,96	295757,69	9667234,46	9667233,78	-0,73	0,53	0,68	0,46	0,99
22	295936,04	295935,57	9667190,95	9667191,69	0,47	0,22	-0,74	0,54	0,77
23	295723,26	295723,15	9667150,28	9667151,28	0,11	0,01	-1,00	1,00	1,01
24	295741,68	295741,80	9666932,13	9666932,65	-0,12	0,02	-0,52	0,27	0,28
25	295399,2	295399,08	9666995,47	9666995,62	0,12	0,01	-0,15	0,02	0,04
26	295493,27	295495,63	9667257,34	9667257,25	-2,36	5,55	0,09	0,01	5,56
27	295664,18	295663,82	9667194,68	9667196,63	0,36	0,13	-1,95	3,79	3,92
28	295732,75	295731,96	9666686,36	9666685,45	0,79	0,62	0,91	0,84	1,45
29	295867,04	295866,79	9667052,57	9667052,80	0,25	0,06	-0,23	0,05	0,12
30	295443,87	295443,91	9667118,43	9667118,12	-0,04	0,00	0,31	0,10	0,10
31	295306,95	295307,65	9666717,91	9666718,16	-0,70	0,49	-0,25	0,06	0,55
JUMLAH									32,14
RATA2									1,037
RMSE R									1,01
CE 90									1,53

Dari perhitungan pada tabel diatas, di dapatkan nilai RMSEr sebesar 1,01 meter. Standar akurasi menurut NMAS (*National Map Accuracy Standar*) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Akurasi Horizontal NMAS} &= \text{CE90} = 1,5175 \times \text{RMSEr} \\ &= 1,5175 \times 1,01 \\ &= 1,53 \text{ meter} \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai CE90 sebesar 1,53 Meter untuk nilai akurasi horizontal. Kemudian dilakukan pengujian terhadap hasil tersebut seperti pada tabel berikut:

Tabel 3. Uji CE90 Untuk Ketelitian Peta Skala 1:10.000

Ketelitian	Hasil Uji Ketelitian Peta Skala 1: 10.000			
	CE 90 (dalam M)	Kelas 1 (dalam M)	Kelas 2 (dalam M)	Kelas 3 (dalam M)
Horizontal	1,53	2	3	5

Ketelitian Vertikal (Z)

Hasil perhitungan selisih koordinat Vertikal (Z) diperoleh nilai RMSZr sebesar 1,58 m. Nilai tersebut akan digunakan untuk perhitungan nilai *Linear Error* 90% (LE90).

Tabel 4. Uji Ketelitian Vertikal

NO	Z_SITUASI	Z_PETA	DZ	DZ2
1	80,65	78,61	2,04	4,18
2	37,60	37,41	0,19	0,04
3	38,04	39,20	-1,16	1,36
4	40,37	41,94	-1,58	2,48
5	75,50	71,80	3,70	13,68
6	82,19	81,27	0,92	0,84
7	70,07	69,16	0,91	0,83
8	53,38	53,29	0,09	0,01
9	60,74	57,92	2,82	7,96

NO	Z_SITUASI	Z_PETA	DZ	DZ2
10	58,53	55,96	2,56	6,57
11	32,77	31,68	1,10	1,21
12	32,53	30,92	1,61	2,58
13	38,09	38,11	-0,02	0,00
14	49,83	49,00	0,83	0,69
15	35,62	33,82	1,80	3,23
16	34,58	33,64	0,94	0,88
17	35,06	35,07	-0,01	0,00
18	35,98	34,65	1,33	1,77
19	35,96	35,23	0,73	0,53
20	35,77	36,46	-0,69	0,47
21	54,55	57,13	-2,57	6,63
22	52,12	51,32	0,79	0,63
23	70,07	68,97	1,10	1,21
24	77,98	76,42	1,56	2,44
25	52,29	53,68	-1,39	1,94
26	40,00	41,39	-1,39	1,93
27	58,80	57,14	1,65	2,73
28	82,09	80,70	1,39	1,93
29	66,37	66,85	-0,49	0,24
30	50,67	53,37	-2,70	7,30
31	59,88	58,49	1,39	1,93
			JUMLAH	78,21
			RATA2	2,52
			RMSZ R	1,58
			LE 90	2,61

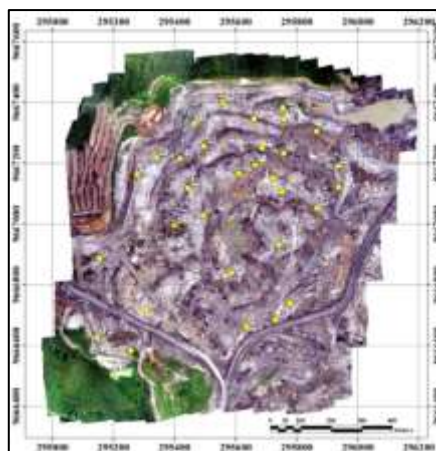
Dari perhitungan pada tabel diatas, nilai RMSZr sebesar meter. Standar akurasi menurut NMAS (*National Map Accuracy Standar*) adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Akurasi Vertikal NMAS} &= \text{LE90} = 1,6499 \times \text{RMSZ R} \\ &= 1,6499 \times 1,58 \\ &= \mathbf{2,61 \text{ m}} \end{aligned}$$

Maka didapatkan nilai sebesar 2,61 Meter untuk nilai akurasi vertikal. Kemudian dilakukan pengujian terhadap hasil tersebut seperti pada tabel berikut:

Tabel 5. Uji CE90 Untuk Ketelitian Peta Skala 1:10.000

Ketelitian	Hasil Uji	Ketelitian Peta Skala 1: 10.000		
	LE 90 (dalam M)	Kelas 1 (dalam M)	Kelas 2 (dalam M)	Kelas 3 (dalam M)
Vertikal	2,61 M	2	3	5



Gambar 7. Peta Persebaran Titik ICP

KESIMPULAN

Hasil pemetaan menggunakan metode fotogrametri yang di lakukan di wilayah *Out Pit Dump* Barat PT Cipta Kridatama *Job Site* BMB menghasilkan peta orthofoto, peta DEM (DTM) serta peta kontur yang telah terkoreksi geometrinya . Dari uji akurasi koordinat planimetris hasil pemetaan foto udara didapatkan nilai CE90 sebesar 1,53 m dan nilai LE90 sebesar 2,61 m yang berarti bahwa uji akurasi horizontal ketelitian peta memenuhi syarat standar untuk peta skala 1:10.000 yaitu masuk kedalam kelas 1 sedangkan untuk uji akurasi vertikal ketelitian peta memenuhi syarat standar untuk skala 1:10.000 yaitu masuk kedalam kelas 2. Berdasarkan hasil uji akurasi, *report root mean square error* (RMSe) yang merupakan akar kuadrat dari rata – rata kuadrat dari selisih antara nilai koordinat di peta maka hasil yang didapatkan, untuk ketelitian hasil pengukuran menggunakan *unmanned aerial vehicle* (UAV) drone menggunakan 14 titik kontrol tanah (GCP) mendapatkan nilai error horizontal sebesar 1,01 m dan error vertikal 1,55 m.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kepada Bapak Obrin Trianda, S.T., M.T., kepada Kampus ITNY (Institut Teknologi Nasional Yogyakarta), kepada Kementerian Riset dan Teknologi (Ristek) dan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Dikti), PT. Cipta Kridatama *Job Site* BMB, serta teman-teman yang telah berkontribusi dalam membantu menguji tingkat akurasi pemetaan digital Menggunakan Wahana *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). Semoga hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan untuk penelitian di masa yang akan datang yang jauh lebih rinci.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014. 2014. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Cibinong: Badan Informasi Geospasial.
- [2] BIG. 2018. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No 6 tahun 2018 tentang perubahan atas peraturan kepala badan informasi geospasial nomor 15 tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Badan Informasi Geospasial (BIG) : Cibinong.
- [3] Hertanto, H. 2014. Pembuatan Peta Foto dengan Mosaik Foto Udara Format Kecil Menggunakan Metode Kolinearitas. Surabaya: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya
- [4] Iswanto, I. 2014. Konversi Data DSM Hasil Pengolahan Citra Foto UAV Menjadi Data DTM Menggunakan Software SAGA GIS. Institut Teknologi Nasional Malang.
- [5] Muklas. 2014. Pembuatan Digital Surface Model (DSM) Dari Citra Foto UAV Menggunakan Agisoft Photoscan Profesional Versi 0.9. Institut Teknologi Nasional Malang.
- [6] Novita Duantari dan Agung Budi Cahyono. 2017. Analisis Perbandingan DTM (*Digital Terrain Model*) dari LiDAR (*Light Detection and Ranging*) dan Foto Udara dalam Pembuatan Kontur Peta Rupa Bumi Indonesia. Teknik Geomatika, ITS.
- [7] Saraoinsong Samuel Hardy, Poekoel C. Vecky. 2018. Rancang Bangun Wahana Pesawat Tanpa Awak (*Fixed Wing*) Berbasis Ardupilot. Teknik elektro samratulangi Manado 2018.
- [8] Suyudi Bambang dan Subroto Tulus. 2014. Fotogrametri dan Penginderaan jauh. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, 55293.
- [9] Subiyanto, Sawitri. 2007. Konsep Dasar Pemetaan Fotogrametri. Semarang: Universitas Diponegoro.
- [10] Van Bemmelen, R. W. 1949. *The Geology of Indonesia*. Vol 1A. General Geology. The Hague. Martinus Nijhoff. Netherlands.
- [11] Wolf, P. R. 1993. Elemen Fotogrametri dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh. Penerjemah: Gunadi, Gunawan, T. Zuharnen. Edisi kedua. *Gadjah Mada University Press*, Yogyakarta.