

PEMBUATAN MODEL ORTOFOTO HASIL PERKAMAN DENGAN WAHANA UAV MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK FOTOGRAMETRI

Virgus Ari Sondang¹⁾

¹⁾ Program Studi Survei dan Pemetaan Universitas Indo Global Mandiri Palembang
Jl. Jend. Sudirman Km. 4 No.629 Kota Palembang,30129
Email: virgus.ari@uigm.ac.id¹⁾

ABSTRACT

Aerial imaging using a non-metric camera that installed on Unmanned Aerial Vehicle (UAV) produce Small Format Aerial Photography (SFAP). For mapping and spatial analysis, a number of digital aerial images must be processed into an orthophoto mosaic. The aims are producing three-dimensional orthophoto mosaic model of the aerial image that acquired by using UAV and producing RMSE value that has high geometric accuracy of models. The research has been done by using aerial images for two locations in Kretek District, Bantul Regency, Special Region of Yogyakarta. The first location consists of 752 pieces of aerial image covering 375 Ha of agriculture area. The second location consists of 674 pieces of aerial image covering 1,560 Ha of coastal area. Number of GCP used for orthorectification are 4 GCP for the first location and 12 GCP for the second location. The step of researches were images election based on camera position, photo alignment, point cloud production by using image matching, GCP identification, camera optimization, texture formation, and orthophoto mosaic production. After the optimization process of placement of GCP in all aerial images, the accuracy of orthophoto models are 0,46 cm of RMSE value for the first location and 1.74 cm of RMSE value for the second location. The conclusions are orthophoto products that formed by aerial images processing with GCP have a good geometric accuracy. The RMSE values of orthophoto are smaller than GSD value. But, the form of three-dimensional objects are imperfect because the image matching process was not optimal.

keywords: foto udara format kecil, ortofoto, UAV.

1. Pendahuluan

Dalam rangka mendukung pemetaan skala besar di Indonesia, pemerintah dalam hal ini Badan Informasi Geospasial (BIG) melakukan pengujian pemotretan udara menggunakan wahana UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) pada Desember 2016 di wilayah Kecamatan Kretek, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Beberapa instansi yang turut serta dalam kegiatan tersebut diantaranya Badan Informasi Geospasial, Parangtritis Geomarine Science Park, dan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, serta perwakilan dari Departemen Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta. Pemotretan udara menggunakan UAV sebagai solusi yang ditempuh pemerintah, dalam hal ini BIG, untuk perolehan data dan informasi spasial (PGSP, 2016). Penggunaan UAV sendiri telah diupayakan melalui serangkaian uji coba lapangan diantaranya pemasangan dan pengukuran *premark* untuk *Ground Control Point* (GCP), pemotretan udara menggunakan UAV, serta evaluasi hasil pemotretan.

Pemotretan udara menggunakan UAV dilakukan secara bertahap bagian per bagian sehingga seluruh wilayah dapat terekam dalam produk foto udara digital format kecil (FUFK). Setiap bagian wilayah pemotretan dibuat rencana jalur terbang yang telah terintegrasi dengan sistem kontrol dan komputer. Selanjutnya, untuk dapat menganalisis seluruh wilayah pemotretan, maka perlu dilakukan penggabungan foto udara atau pengolahan foto udara menjadi mosaik ortofoto. Mosaik

ortofoto oleh Wolf (1983) dalam Subaryono dkk (2008) bahwa gabungan dari dua atau lebih foto udara yang saling bertampalan sehingga terbentuk paduan citra (*image*) yang berkesinambungan dan menampilkan daerah yang luas.

Dalam beberapa kasus, pada proses pengolahan foto udara menjadi model ortofoto, performa perangkat keras komputer sangat berpengaruh pada keberhasilan pemrosesan. Jumlah foto udara hasil pemotretan menggunakan UAV dapat mencapai ratusan, bahkan ribuan lembar foto udara digital. Setiap lembar foto udara digital memiliki *file size* berkisar 4-8 MB sehingga sering membebani kinerja perangkat komputer. Biasanya, pengolahan foto udara menjadi model ortofoto dilakukan secara bertahap bagian per bagian. Dari bagian-bagian tersebut kemudian digabungkan menjadi satu model mosaik ortofoto. Jumlah foto udara yang akan diolah harus disesuaikan dengan spesifikasi dan kemampuan komputer meskipun dalam penentuan jumlah tersebut hanya sebatas estimasi. Semakin banyak input foto udara maka proses pengolahan menjadi model ortofoto akan semakin lama dan berat.

Peningkatan kualitas hasil mosaik ortofoto tidak terlepas dari adanya kualitas titik koordinat GCP yang dipasang dan diukur di lapangan. Beberapa hal penting yang perlu diperhatikan untuk mendapatkan nilai koordinat dengan ketelitian tinggi diantaranya yaitu jenis GPS *receiver* yang digunakan, metode akuisisi data, dan metode pengolahan data. Selanjutnya, proses rektifikasi foto udara menggunakan minimal 3 titik GCP sehingga diperoleh nilai RMSE yang lebih rendah daripada nilai

GSD foto udara. Jika nilai RMSE lebih rendah dibandingkan GSD maka prosedur pengolahan foto udara sudah dianggap benar dan hasil mosaik ortofoto dapat digunakan untuk keperluan berikutnya.

A. Tujuan Penelitian

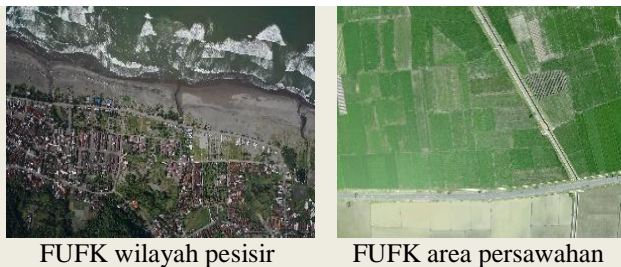
Penelitian bertujuan melakukan produksi model ortofoto tiga dimensi dari foto udara hasil perekaman menggunakan UAV dan perolehan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) hasil ortorektifikasi yang memiliki ketelitian geometrik tinggi. Pembuatan model mosaik ortofoto dikontrol menggunakan beberapa GCP (*Ground Control Point*) yang telah diukur di lapangan dan diperoleh koordinat *fixed*. Pembuatan mosaik ortofoto secara terkontrol diharapkan mampu meningkatkan ketelitian geometrik model. Pada masa mendatang diharapkan FUFK mampu menjadi sumber data dan informasi spasial yang handal.

B. Landasan Teori

1. Foto Udara Format Kecil

Foto udara format kecil (FUFK) merupakan foto yang dihasilkan dari perekaman menggunakan kamera non-metrik dengan ukuran film sekitar 24 mm x 36 mm dengan panjang fokus 35 mm. Sistem lensa pada kamera tidak didesain untuk keperluan pemetaan dan dapat berupa kamera analog atau digital (Warner dkk, 1996, dalam Harintaka dkk, 2008). Proses pengadaan peralatan untuk FUFK dinilai lebih murah dan resolusi spasial foto sangat tinggi. Namun, FUFK memiliki ketelitian data spasial yang lebih rendah dibandingkan foto udara format standar dari kamera metrik. Dengan demikian, kegiatan pemetaan dengan cakupan wilayah yang luas dan perolehan ketelitian data spasial yang tinggi akan lebih efektif dan efisien menggunakan kamera metrik (Harintaka dkk, 2008).

Menurut Gularso dkk (2015) kualitas geometrik dari FUFK dapat ditingkatkan dengan cara melakukan kalibrasi pada kamera yang digunakan. Kalibrasi kamera merupakan proses penentuan parameter internal kamera udara yang kemudian parameter tersebut akan dijadikan sebagai masukan dalam orientasi dalam. Komponen GPS juga dipasang pada wahana sehingga setiap film foto mempunyai koordinat. Hal ini akan mempermudah pengolahan berikutnya dan meningkatkan akurasi setiap foto dalam pembentukan mosaik ortofoto.



Gambar 1. Foto Udara Format Kecil

2. Mosaik Ortofoto

Pembuatan model ortofoto dimaksudkan untuk dapat melihat daerah yang direkam secara keseluruhan, baik

dari foto asli atau foto yang telah direktifikasi (Subaryono dkk, 2008). Definisi mosaik ortofoto oleh Wolf (1983) dalam Subaryono dkk (2008) bahwa gabungan dari dua atau lebih foto udara yang saling bertampalan sehingga terbentuk paduan citra (*image*) yang berkesinambungan dan menampilkan daerah yang luas. Ditinjau dari teknik pembuatannya, ada tiga jenis mosaik, yaitu mosaik terkontrol, tidak terkontrol, dan semi terkontrol. Mosaik terkontrol merupakan mosaik yang dibuat dari foto yang telah direktifikasi sehingga semua foto telah mempunyai skala yang sama. Mosaik tidak terkontrol merupakan mosaik yang dibuat dari foto yang belum direktifikasi serta skala belum diseragamkan. Mosaik semi terkontrol merupakan mosaik yang disusun dengan menggunakan foto udara yang mempunyai beberapa titik kontrol, tetapi foto tersebut tidak direktifikasi dan dapat mempunyai skala yang tidak seragam (Wolf, 1983, dalam Subaryono dkk, 2008).

Dari tiga jenis mosaik tersebut, mosaik terkontrol dan semi terkontrol memiliki kesamaan, yaitu memerlukan ketersediaan titik kontrol. Konsekuensi dari tersedianya titik kontrol adalah waktu pemrosesan yang lama saat identifikasi titik kontrol pada setiap foto dan biaya yang lebih mahal untuk pengadaan titik kontrol setiap foto (Subaryono dkk, 2008). Tersedianya titik kontrol akan meningkatkan ketelitian data spasial mosaik ortofoto.

2. Pembahasan

A. Bahan dan Peralatan Penelitian

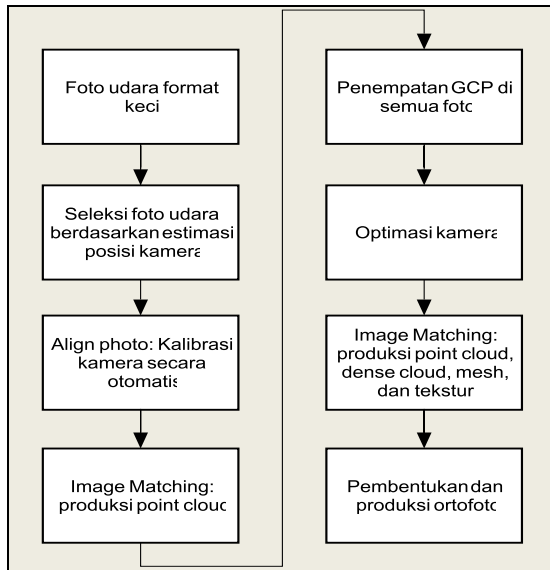
Bahan atau data yang digunakan adalah foto udara format kecil ter-geotag yaitu, foto yang sudah memiliki sistem referensi sebagai hasil integrasi dengan GPS yang terpasang di wahana UAV. Foto udara pada dua lokasi di Kecamatan Kretek, Provinsi DI Yogyakarta, sebagai berikut:

Tabel 1. Bahan dan peralatan penelitian

Spesifikasi	Lokasi I	Lokasi II
Luas area	375 Ha	1.560 Ha
Tinggi terbang	207 mdpl	622 mdpl
Jumlah foto	752 lembar	674 lembar
Jumlah GCP	4 titik	12 titik
Jenis kamera	Canon PowerShot S100	ILCE-6000
Panjang Fokus	5,2 mm	15 mm
Perangkat keras	personal komputer dengan spesifikasi prosesor Intel Core i-7 RAM 16 Gigabyte sistem operasi Windows 64 bit	
Perangkat lunak	Agisoft PhotoScan 1.3.0 build 3772.	

B. Pelaksanaan Penelitian

Secara skematik tahapan penelitian disajikan pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Tahapan penelitian

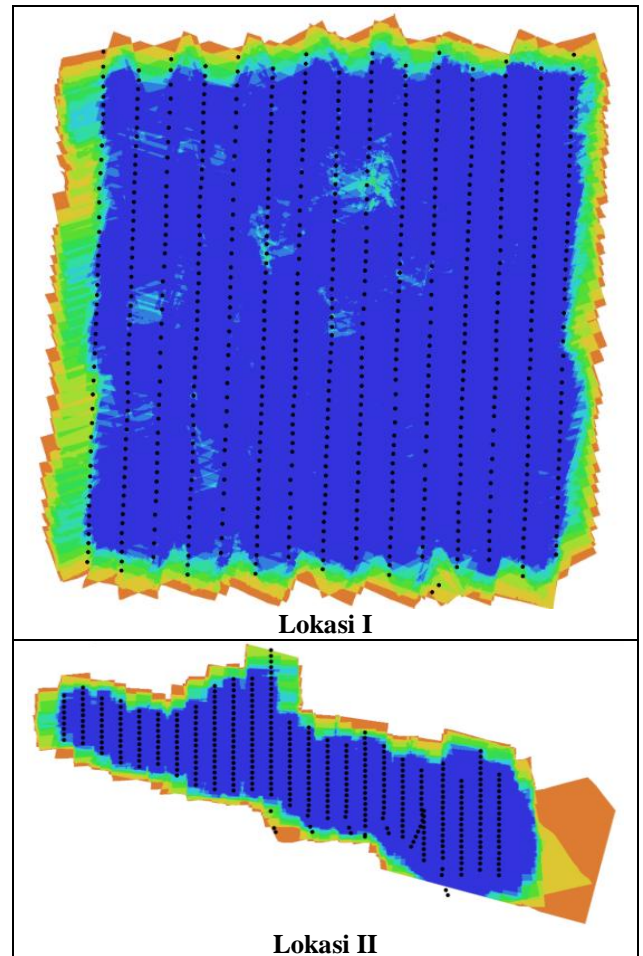
Pelaksanaan penelitian dijabarkan atas beberapa tahapan berikut.

1. Proses penambahan foto udara ke dalam antarmuka perangkat lunak untuk melihat seluruh posisi kamera ketika terbang bersama UAV.
2. Proses seleksi foto udara yang akan diolah berdasarkan estimasi posisi kamera untuk menghindari data berlebih. Foto udara dengan posisi yang tidak sesuai dapat dihilangkan atau dihapus dari antarmuka.
3. Proses *align photo* untuk mendapatkan parameter kalibrasi atau orientasi dalam secara otomatis.
4. Proses *image matching* berdasarkan kemiripan nilai piksel pada foto udara yang saling bertampalan dan pembentukan *point cloud*.
5. Proses penempatan titik koordinat GCP di semua foto udara untuk mendapatkan model yang baik. Nilai RMSe hasil rektifikasi harus lebih kecil daripada nilai GSD foto udara.
6. Proses optimasi kamera untuk meningkatkan akurasi dan menghilangkan distorsi.
7. Proses *image matching* kembali untuk membentuk *point cloud*, *dense cloud*, *mesh*, dan tekstur dari foto yang sudah diletakkan GCP.
8. Proses pembentukan mosaik ortofoto dan *Digital Elevation Model*.
9. Proses produksi ortofoto dalam format file GeoTIFF.

C. Hasil dan Analisis

1. Seleksi Foto

Posisi kamera disajikan pada Gambar 3. Hasil seleksi foto pada tiap lokasi, pada lokasi I sejumlah 752 lembar foto dan lokasi II sejumlah 674 lembar foto yang akan diolah menjadi mosaik ortofoto. Foto dipilih sesuai dengan posisi kamera pada jalur terbang terbaik sehingga diharapkan mendapat model ortofoto terbaik. Beberapa kamera yang posisinya berdekatan cenderung *redundant* dan tidak pada posisi jalur terbang dapat dihilangkan.



Gambar 3. Posisi kamera pada saat pemotretan

Tabel 2. Parameter kalibrasi kamera lokasi I

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	P1	P2
F	2879.07	0.47	1.00	-0.32	0.06	-0.17	0.03	-0.26	0.06	0.02	0.15	-0.09
Cx	12.1707	0.1		1.00	-0.00	0.32	-0.02	0.07	-0.01	-0.02	0.05	0.03
Cy	-19.7907	0.093			1.00	-0.00	0.17	-0.01	-0.00	0.01	0.01	0.15
B1	0.41994	0.014				1.00	-0.14	0.07	-0.06	0.05	0.02	0.03
B2	0.264193	0.02					1.00	0.02	-0.00	0.00	-0.03	0.05
K1	-0.047258	6.6e-05						1.00	-0.93	0.86	-0.05	0.02
K2	0.00608349	0.00019							1.00	-0.98	0.00	0.00
K3	0.0104419	0.00018								1.00	0.01	-0.01
P1	0.00118261	4.1e-06									1.00	-0.03
P2	-0.0019301	4.5e-06										1.00

Tabel 3. Parameter kalibrasi kamera lokasi II

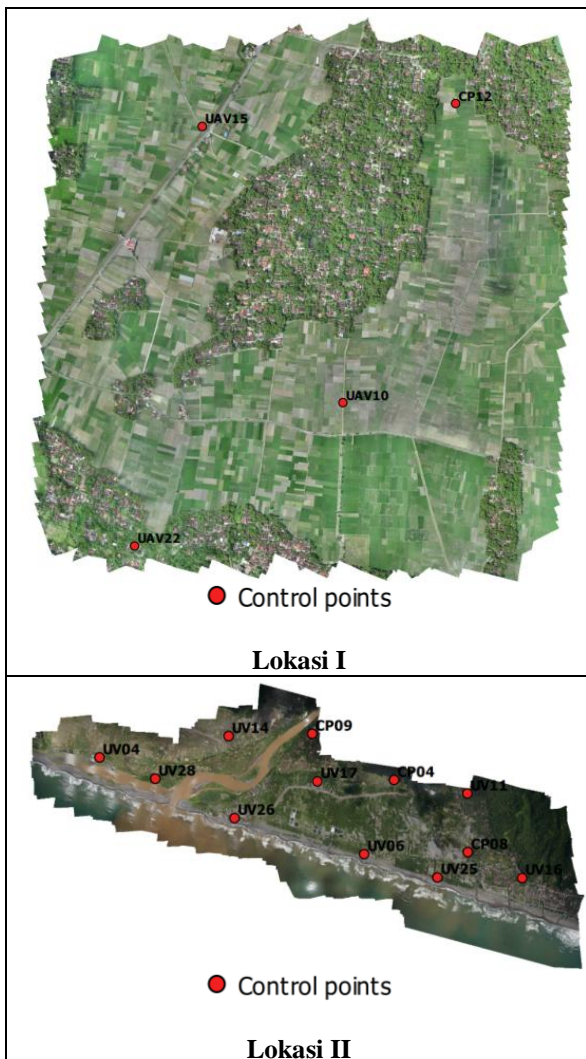
	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	3962.01	0.48	1.00	0.01	-0.04	-0.23	-0.07	-0.18	-0.01	0.06	-0.06	-0.02	-0.07
Cx	-30.9461	0.83		1.00	-0.01	-0.09	-0.03	-0.09	0.04	-0.05	0.06	0.99	-0.02
Cy	-10.403	0.22			1.00	-0.01	-0.15	0.00	0.01	-0.02	0.02	-0.01	-0.70
B1	1.85962	0.079				1.00	0.06	-0.02	0.02	-0.02	0.01	-0.07	0.01
B2	-1.6	0.074					1.00	0.01	0.01	-0.01	0.01	-0.02	0.15
K1	-0.0198147	2.6e-05						1.00	-0.95	0.89	-0.84	-0.09	0.02
K2	-0.00506073	0.00011							1.00	-0.99	0.95	0.04	-0.01
K3	0.0188819	0.00021								1.00	-0.99	-0.05	0.01
K4	-0.00958658	0.00012									1.00	0.07	-0.01
P1	-0.00181432	6.5e-05										1.00	-0.02
P2	-0.00118246	1.3e-06											1.00

2. *Align Photo*

Hasil *align photo* adalah parameter kalibrasi kamera atau *internal orientation* (IO), model 3D yang tersusun atas kumpulan *tie point*, dan posisi kamera pada saat pemotretan atau *external orientation* (EO) yang melibatkan hitungan *bundle adjustment*. Nilai parameter kalibrasi disajikan pada Tabel 2 untuk lokasi I dan Tabel 3 untuk lokasi II.

3. *Ground Control Point* (GCP)

Sebaran titik GCP tersaji pada Gambar 4. Melalui proses optimasi penempatan titik koordinat GCP di semua foto, diperoleh nilai ketelitian geometrik foto berupa RMSE dalam posisi X, Y, dan Z, masing-masing sebesar 1,631 mm, 1,434 mm, dan 4,108 mm dengan nilai RMSE 4,646 mm pada lokasi I dan 0,185 cm, 0,686 cm, dan 1,597 cm dengan nilai RMSE 1,748 cm pada lokasi II. Titik GCP pada lokasi I berjumlah 4 buah, diantaranya UAV10, UAV15, UAV22, dan CP12. Titik GCP pada lokasi II berjumlah 12 buah, diantaranya UV04, UV28, UV26, UV14, CP09, CP08, UV16, UV17, CP04, UV06, UV11, dan UV25. Nilai ketelitian hasil rektifikasi disajikan pada Tabel 4 untuk lokasi I dan Tabel 5 untuk lokasi II.



Gambar 4. Sebaran *Ground Control Point*

Tabel 4. Nilai RMSE GCP lokasi I

Label	X error (mm)	Y error (mm)	Z error (mm)	Total (mm)	Image (pix)
UAV10	2.09358	1.84498	-2.04819	3.46151	0.165 (14)
UAV15	-2.05576	-0.276348	5.56455	5.93858	0.089 (11)
UAV22	-1.3631	-0.155599	-0.627382	1.5086	0.125 (7)
CP12	0.416387	-2.174	-5.65127	6.06931	0.128 (14)
Total	1.631	1.43447	4.10761	4.64653	0.132

Tabel 5. Nilai RMSE GCP lokasi II

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
UV04	0.00841628	0.037411	0.0372973	0.0534931	0.120 (19)
UV28	1.08383e-05	-0.108159	-0.0569022	0.122214	0.221 (17)
UV26	0.0381916	0.115107	0.106484	0.161391	0.189 (21)
UV14	-0.036923	0.0550698	-0.0129654	0.0675581	0.244 (14)
CP09	-0.014763	0.00528302	0.0245133	0.0290991	0.091 (6)
CP08	0.173797	-0.137572	0.498815	0.545846	0.336 (31)
UV16	0.0852612	0.197433	-0.660643	0.694765	0.360 (31)
UV17	0.0306061	-0.0615889	-0.162779	0.176712	0.132 (13)
CP04	-0.0655065	0.0257088	0.182381	0.195487	0.075 (5)
UV06	-0.00545547	-0.017317	-0.430687	0.43107	0.241 (23)
UV11	-0.576327	2.35426	-5.43195	5.94818	0.322 (3)
UV25	-0.176586	-0.0907145	0.391556	0.439008	0.268 (34)
Total	0.184657	0.685739	1.59705	1.74782	0.259

4. *Produksi Model Mosaik Ortofoto*

Model mosaik ortofoto hasil pengolahan menggunakan perangkat lunak *Agisoft PhotoScan* pada lokasi I menunjukkan hasil yang cukup baik pada objek yang memiliki geometrik seperti garis lurus seperti irigasi, jalan raya, dan jalan setapak. Bagian tepi dan tengah pada irigasi dan jalan tampak lebih teratur dan kompak. Hal ini disebabkan oleh faktor permukaan irigasi dan jalan lebih datar dan tekstur lebih halus sehingga proses *image matching* lebih optimal.

Berbeda halnya dengan objek sawah, pohon, dan atap bangunan. Objek sawah terbentuk secara teratur pada bagian tepinya. Namun, pada objek sawah tampak kurang baik pada bagian tengah (tampak mengalami *blur* atau distorsi). Hal ini disebabkan oleh tekstur objek sawah lebih kasar sehingga proses *image matching* tidak optimal. Pada objek pohon baik pada bagian tengah maupun tepi, hasil *image matching* menunjukkan hasil yang tidak optimal. Hasil *image matching* pada objek atap bangunan pun menunjukkan hasil yang tidak optimal atau mengalami distorsi pada bagian tepi dan tengah.

Kurang baiknya hasil *image matching* pada objek yang memiliki ketinggian seperti pohon dan atap bangunan menunjukkan kualitas DSM (*Digital Surface Model*) yang kurang baik meskipun dari aspek resolusi spasial pada DSM sangat tinggi. DSM merupakan diturunkan dari DEM. Diketahui resolusi spasial DEM lokasi I yaitu 13,1 cm/piksel.

Model mosaik ortofoto hasil pengolahan menggunakan perangkat lunak *Agisoft PhotoScan* pada lokasi II menunjukkan hasil yang cukup baik pada objek sungai, pasir, dan jalan. Bagian tepi dan tengah pada sungai dan jalan tampak lebih teratur dan kompak. Hal ini disebabkan oleh faktor permukaan sungai, pasir, dan jalan lebih datar dan tekstur lebih halus sehingga proses *image matching* lebih optimal.

Pada objek atap bangunan, pohon, dan vegetasi lainnya, bagian tepi dan tengah objek tampak tidak

teratur atau mengalami distorsi. Hal ini disebabkan oleh tekstur objek atap bangunan, pohon, dan vegetasi lebih asar sehingga proses *image matching* tidak optimal. Kurang baiknya hasil *image matching* pada objek yang memiliki ketinggian seperti pohon dan atap bangunan menunjukkan kualitas DSM (*Digital Surface Model*) yang kurang baik meskipun dari aspek resolusi spasial pada DSM sangat tinggi. DSM merupakan diturunkan dari DEM. Diketahui resolusi spasial DEM lokasi II yaitu 27,9 cm/piksel.

Pada dasarnya hasil ortorektifikasi pada mosaik ortofoto pada semua lokasi sudah baik, tetapi banyak terjadi distorsi antara objek yang memiliki ketinggian dengan objek yang lebih datar. Pengaruh yang menjadi sebab distorsi jika dilihat dari metode akuisisi datanya diantaranya yaitu UAV diterbangkan pada ketinggian rendah dan faktor angin. Lokasi I tinggi terbang rerata wahana 207 mdpl dan lokasi II tinggi terbang rerata wahana 622 mdpl. Dengan ukuran yang terbilang kecil, UAV sangat rentan dengan hembusan angin sehingga sebagian besar foto yang dihasilkan merupakan foto miring. Bukan pekerjaan mudah mendatarkan foto miring, melainkan dengan penambahan titik GCP di lapangan mampu meningkatkan ketelitian geometrik pada mosaik ortofoto.

3. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah produk model ortofoto dari foto udara hasil perekaman menggunakan UAV belum menunjukkan kualitas yang baik pada beberapa objek yang memiliki ketinggian dan tekstur yang kasar. Beberapa kendala ini belum bisa diselesaikan dengan baik oleh perangkat lunak fotogrametri *Agisoft PhotoScan*. Dari aspek geometrik, produk ortofoto sudah memadai untuk digunakan sebagai sumber data spasial karena nilai RMSE yang diperoleh pada tiap ortofoto lebih kecil daripada nilai GSD (*Ground Sampling Distance*) ortofoto. Nilai GSD yang diperoleh pada model ortofoto lokasi I sebesar 0,0657 meter/piksel dengan nilai RMSE 0,0046 meter dan pada model ortofoto lokasi II sebesar 0,0657 meter/piksel 0,14 meter/piksel dengan nilai RMSE sebesar 0,017 meter.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2017, Orthomosaic and DEM Generation with Agisoft PhotoScan Pro 1.2 Overview (with Ground Control Points), Agisoft LLC, St. Petersburg,
www.agisoft.com/support/tutorials/beginner-level/ diakses pada 12 Desember 2016.
- Harintaka, Subaryono, dan Tanjung, A.M., 2008, Evaluasi Penerapan *Mini Bundle Block Adjustment* pada Foto Udara Format Kecil, *Media Teknik* No.3 Tahun XXX Edisi Agustus 2008 ISSN 0216-3012, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Subaryono, Harintaka, dan Kurniawan, E., 2008, Evaluasi Pembuatan Mosaik Foto Udara Format

Kecil Tidak Terkontrol menggunakan Perangkat Lunak Desain Grafis Komersial, *Media Teknik* No.3 Tahun XXX Edisi Agustus 2008 ISSN 0216-3012, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Gularso, H., Rianasari, H., dan Silalahi, F.E.S., 2015, Penggunaan Foto Udara Format Kecil menggunakan Pesawat Nir-Awak dalam Pemetaan Skala Besar, *Jurnal Ilmiah Geomatika* Vol. 21 No.1 Agustus 2015:37-44, BIG, Bogor.
- Parangtritis Geomaritime Science Park, 2016, Uji Coba Pemanfaatan UAV untuk Pemetaan Skala Besar Kec. Kretek, <https://pgsp.big.go.id/uji-coba-pemanfaatan-uav-untuk-pemetaan-skala-besar-kec-kretek/> diakses pada 2 Desember 2017.