

PENGUNAAN FOTO UDARA FORMAT KECIL MENGGUNAKAN WAHANA UDARA NIR-AWAK DALAM PEMETAAN SKALA BESAR

(Small Format Aerial Photography Application using UAV for Large Scale Mapping)

Herjuno Gularso, Hayu Rianasari dan Florence Elfriede S Silalahi

Badan Informasi Geospasial

Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46 Cibinong 16911, Indonesia

E-mail: herjuno.g@gmail.com

Diterima (received): 01 Juli 2015;

Direvisi(revised): 20 Juli 2015;

Disetujui dipublikasikan (accepted): 28 Juli 2015

ABSTRAK

Hingga saat ini, teknologi fotogrametri terus berkembang, baik dari segi pengumpulan data dan pengolahan. Hal ini ditandai dengan adanya teknik pengumpulan data dengan wahana udara tak berawak sebagai wahana pembawa sensor fotogrametri. Keuntungan menggunakan teknologi ini adalah efektif dan efisien baik dari segi waktu serta biaya untuk pemetaan di daerah yang tidak terlalu besar. Keuntungan lainnya dapat menghasilkan foto yang lebih jelas, karena tinggi terbang UAV sekitar ± 200 meter di atas permukaan tanah menghasilkan foto dengan resolusi 0,5 cm. Saat ini perangkat lunak fotogrametri telah berkembang pesat, awalnya pengolahan data fotogrametri dilakukan secara manual tetapi saat ini proses pengolahan datanya dapat dilakukan secara otomatis, salah satunya dengan menggunakan perangkat lunak *Agisoft PhotoScan*. Perangkat lunak ini dapat mengidentifikasi kesesuaian *pixel* antar foto, mosaik dan membangun DSM otomatis. Kalibrasi kamera dan orientasi luar kamera juga dapat dilakukan secara otomatis. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan uji akurasi hasil pemotretan dengan UAV format kecil untuk dimanfaatkan pada pemetaan skala besar. Akuisisi data dan uji akurasi berlangsung di sekitar kantor Badan Informasi Geospasial. Kamera yang digunakan adalah kamera digital non-metrik (Sony NEX 7). Proses fotogrametri menggunakan perangkat lunak *Agisoft PhotoScan*. Untuk membuat stereo model yang nantinya akan digunakan untuk *plotting 3D* didapatkan dari pembetukan *stereomate* dari mosaik yang telah terbentuk dan DSM dengan menggunakan perangkat lunak *summit evolution*. Hasil penelitian didapat bahwa nilai akurasi horizontal sebesar 0,270319 meter dan akurasi vertikal sebesar 0,331021 meter. Berdasarkan NMAS nilai hasil akurasi mozaik dan DSM UAV pada penelitian ini memenuhi toleransi akurasi untuk pemetaan skala besar.

Kata kunci: Wahana Udara Nir-awak, model stereo, *summit evolution*, pemetaan skala besar

ABSTRACT

Until now, photogrammetry technology continues to grow, both in terms of data collection and processing. It is characterized by the presence of data collection techniques by unmanned aerial vehicle as photogrammetric sensors carrier. The advantages of using the technology is effective and efficient in terms of both time and cost for mapping in not too large area, and can result in a clearer picture, because high of flying the UAV is ± 200 meter above ground level so the image have ground spatial distance 0,5 cm. In the development of photogrammetry software had been developed, initially photogrammetric data processing is done manually, in this time the process can be done automatically, one of them is Agisoft PhotoScan. The software can identify tie points, mosaics, and build DSM automatically. Calibration camera and exterior orientation is also done automatically. Data acquisition and the accuracy test take place in the area of Geospatial Information Agency. The camera used is a non-metric digital camera (Sony NEX7). Photogrammetry process using software Agisoft PhotoScan. To make stereo model that will be used for 3D digitization is carried making stereomate from mosaics and DSM of the summit evolution software. The result is that the value of 0,270319 meter horizontal accuracy and vertical accuracy of 0,331021 meters. Based NMAS mosaic accuracy and value of the DSM UAV in this study meets the accuracy tolerances for large-scale mapping.

Keywords: UAV, stereo model, *summit evolution*, large scale mapping

PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya permintaan akan pemetaan suatu wilayah dalam berbagai bidang, maka semakin berkembang pula berbagai macam metode pemetaan. Dengan memanfaatkan kemajuan teknologi kamera udara, film dan pesawat, maka pekerjaan pemetaan dapat dilakukan dengan waktu yang relatif cepat dan akurasi tinggi.

Ditinjau dari efisiensi biaya pada pemetaan menggunakan metode foto udara sangat

dipengaruhi oleh jenis kamera dan wahana yang digunakan. Untuk luas area yang relatif lebih kecil (± 100 ha) pemotretan menggunakan kamera metrik menjadi tidak optimal, karena biaya operasional yang dikeluarkan tidak sebanding dengan kecilnya volume pekerjaan. Salah satu metode alternatif adalah penggunaan kamera standar non-metrik berformat kecil sebagai instrumen pemotretan udara, metode ini dikenal dengan *Small Format Aerial Photography* (SFAP).

Kamera non-metrik yang menjadi salah satu instrumen penting pada sebuah misi pemotretan

udara sejak awal bukan didesain untuk keperluan fotogrametri. Kamera non-metrik memiliki kualitas gambar yang baik namun kualitas geometriknnya kurang. Hal ini mengakibatkan penentuan posisi pada foto udara yang dihasilkan menjadi kurang akurat pula. Kualitas geometrik dari foto udara format kecil dapat ditingkatkan dengan cara melakukan kalibrasi pada kamera yang digunakan. Kalibrasi kamera merupakan proses penentuan parameter internal kamera udara, untuk selanjutnya parameter-parameter ini akan dijadikan input dalam orientasi dalam.

Proses perencanaan, pelaksanaan, serta tahap akhir foto udara format kecil tidak serumit proses foto udara konvensional meskipun area cakupannya tidak begitu luas. *Small Format Aerial Photo*, menggunakan film format kecil jadi yang membedakan cara baru dengan cara konvensional adalah film yang digunakannya, pada kamera udara metrik menggunakan kamera khusus dengan film ukuran 23 cm x 23 cm, sementara *small format aerial photo* menggunakan kamera yang ada di pasaran pada umumnya (kamera 35 mm atau kamera digital). Dengan bantuan GPS, setiap frame foto mempunyai koordinat sehingga akan mempermudah proses selanjutnya dan juga meningkatkan akurasi setiap foto tersebut dengan hasil akhir mosaik foto tetap terkontrol (Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pertahanan, 2011).

Hal ini sangat mendukung dalam pekerjaan pemetaan, selain itu wahana yang digunakan dalam pemotretan adalah pesawat tanpa awak (UAV), sehingga dapat menjangkau daerah atau objek yang tidak dapat dijangkau oleh pesawat besar (*large aircraft*). Keuntungan ini dapat menekan biaya menjadi lebih murah. Penggunaan wahana udara nir-awak untuk pemotretan udara menjadi lebih fleksibel untuk memenuhi kebutuhan pemotretan wilayah perkotaan pada lokasi tertentu dengan biaya yang jauh lebih murah. (Zamri, 2012) Sistem pemotretan dengan wahana udara nir-awak memiliki tingkat portabilitas yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan pesawat udara standar. Sehingga pada luasan < 100 Ha pun dapat efisien untuk dilakukan pemotretan udara. (Rokhmana, 2010)

Dalam tulisan ini menjelaskan suatu alternatif sistem pemetaan dari udara yang relatif lebih murah untuk produksi peta skala besar dengan memanfaatkan wahana udara nir-awak. Biaya rendah diperoleh dari penggunaan instrumentasi yang banyak di pasaran seperti *aeromodelling* dan kamera digital.

Wahana Udara Tanpa Awak (*Unmanned Aerial Vehicle*) dan Sensor

Wahana yang digunakan dalam penelitian ini adalah pesawat jenis skywalker, seperti yang

ditunjukkan pada **Gambar 1**. Pesawat ini dapat membawa beban maksimum hingga 1 kg dan mempunyai daya jangkau jelajah hingga 1 km. Pesawat ini dapat terbang sesuai dengan jalur penerbangan yang telah ditentukan karena telah dilengkapi dengan GPS/IMU dan *ground control station*.

Sensor yang digunakan untuk merekam gambar adalah Sony NEX7, dapat dilihat pada **Gambar 2**. Kamera ini dipasang di dalam badan pesawat yang telah dilengkapi dengan dudukan kamera. Sehingga posisi kamera vertikal menghadap ke arah bawah. Sistem UAV berbasis elektro-mekanik dengan karakteristik tanpa awak pesawat, beroperasi pada mode mandiri baik secara penuh atau sebagian, dirancang untuk dipergunakan secara berulang, dilengkapi dengan sistem pengendali terbang melalui gelombang radio, navigasi presisi (GPS dan pengukuran *inertial measurement unit* yaitu kombinasi sensor percepatan dan sensor angular untuk menjejaki keberadaan dan pergerakan suatu benda), elektronik kontrol penerbangan dan peralatan kamera resolusi tinggi (Badan Informasi Geospasial, 2014).

Perancangan jalur terbang, *takeoff* dan *landing* pesawat tanpa awak ini dikendalikan oleh pilot dan operator yang berpengalaman. Pengendalian wahana secara manual dilakukan dengan mempertahankan nilai arah (*bearing*) akan lebih mudah dari pada berusaha untuk mengarah ke suatu titik tujuan (*waypoint*) (Rokhmana, 2014).



Gambar 1. Pesawat Skywalker.

Tabel 1. Spesifikasi Wahana Udara Nir-Awak.

Item	Specification
Length	1180mm (46.4")
Wingspan	1680mm (66.1")
Wing Area	35,5dm ²
Wing Loading	36,6g/dm ²
Weight (approx)	1200g
Maximum takeoff weight	2,3kg
Motor	AX2814 kv 980



Gambar 2. Contoh Kamera Udara-Sony Nex7.

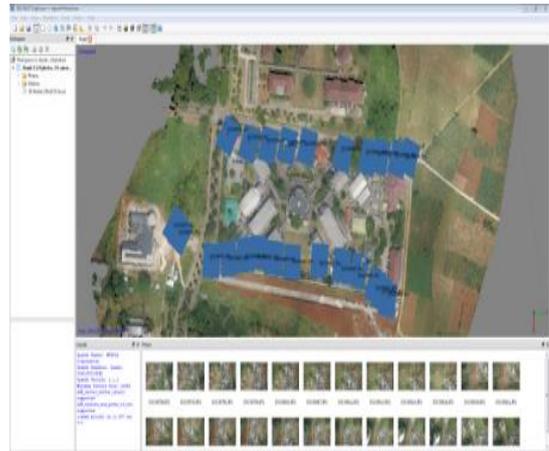


Gambar 3. Hasil *Alignment* Foto.

METODE

Metodologi yang digunakan dalam tulisan ini dibagi menjadi beberapa bagian yaitu persiapan, perencanaan jalur terbang, pemotretan udara, pemrosesan data, pembuatan stereo model dan hasil.

Dalam tulisan ini terdapat 2 (dua) *software* utama yang digunakan yaitu Agisoft Photoscan dan Summit Evolution. Kalibrasi kamera, hitungan *bundle adjustment*, orientasi luar dan dalam, pembuatan mozaik, pembuatan DSM semuanya dilakukan pada *software* Agisoft. Sedangkan untuk pembuatan *stereomate*, *stereo model* dan *plotting* 3 dimensi dilakukan pada *software* Summit Evolution.



Gambar 4. Posisi Kamera Saat Pemotretan.

Pemotretan Udara

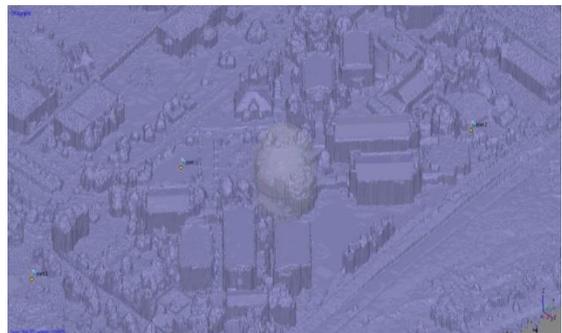
Pemotretan udara dilakukan di kawasan perkantoran Badan Informasi Geospasial dengan ketinggian terbang 200 meter diatas permukaan tanah. Dalam pemotretan ini didapatkan 40 foto tetapi tidak keseluruhan foto diikuti dalam pemrosesan. Wolf (1983) menyatakan mosaik foto udara merupakan gabungan dari dua atau lebih foto udara yang saling bertampalan sehingga terbentuk paduan gambar yang berkesinambungan dan menampilkan daerah yang lebih luas.

Alignment foto

Alignment foto merupakan tahap awal pengolahan foto digital pada perangkat lunak Agisoft PhotoScan. Pada tahap ini dilakukan proses identifikasi *tie point* secara otomatis dengan menggunakan algoritma *SIFT invariant*. Algoritma ini akan mengenali titik-titik yang mempunyai kesamaan nilai *pixel* dan akan membentuknya menjadi model tiga dimensi. Hasil dari proses *alignment* diantaranya adalah parameter kalibrasi kamera atau *internal orientation* (IO), bentuk kumpulan *tie point* terdeteksi dalam model 3D, dan posisi kamera saat pemotretan atau *external orientation* (EO) yang melibatkan hitungan *bundle adjustment*.

Pemodelan Geometri

Setelah proses pembentukan *point cloud*, tahap selanjutnya adalah pembuatan model geometri. Pada tahap pembentukan *point cloud* sebelumnya, titik-titik masih terlihat kasar dan masih terdapat celah antar titik, serta obyek-obyek yang mempunyai ketinggian seperti pohon, bangunan belum terekonstruksi secara sempurna, hal ini dikarenakan pada saat pembentukan *point cloud* hanya mengidentifikasi titik-titik yang mempunyai nilai piksel yang sama disebut sebagai *tie point*. Oleh karena itu, dilakukanlah pemodelan geometri dengan melakukan perapatan *image* di sekitar *tie point* dan penggabungan antar titik berdasarkan nilai tingginya. Pemodelan geometri belum menampilkan kondisi *image* yang sebenarnya dan masih terlihat kasar serta *texture* foto yang belum terbentuk.



Gambar 5. Hasil Pemodelan Geometri.

Pembentukan Tekstur Foto 3D

Setelah proses pembentukan geometri, maka dapat dilakukan proses *rendering* foto, yaitu memberikan tekstur foto pada *surface element*, yaitu hasil pemodelan geometri yang telah dibentuk pada proses sebelumnya. Pada tahap ini dibentuklah jaring-jaring segitiga (TIN), sehingga *terain* dan *surface* terlihat lebih halus.

Transformasi Koordinat Konform 3D

Transformasi koordinat konform 3D merupakan proses membawa sistem kordinat model ke dalam sistem koordinat tanah dengan mempertahankan bentuk yang sebenarnya, disebut juga orientasi absolut. Untuk membawa sistem koordinat model ke sistem koordinat tanah dibutuhkan titik *fix* pada area survey. Titik *fix* atau *ground control point* akan lebih baik jika persebarannya merata tapi pada penelitian ini lebih menekankan pada hasil mozaik dan DSM yang dibentuk sehingga hanya menggunakan jumlah *ground control point* minimum. Proses transformasi koordinat 3D akan membuat obyek ter-*georeference* secara benar.

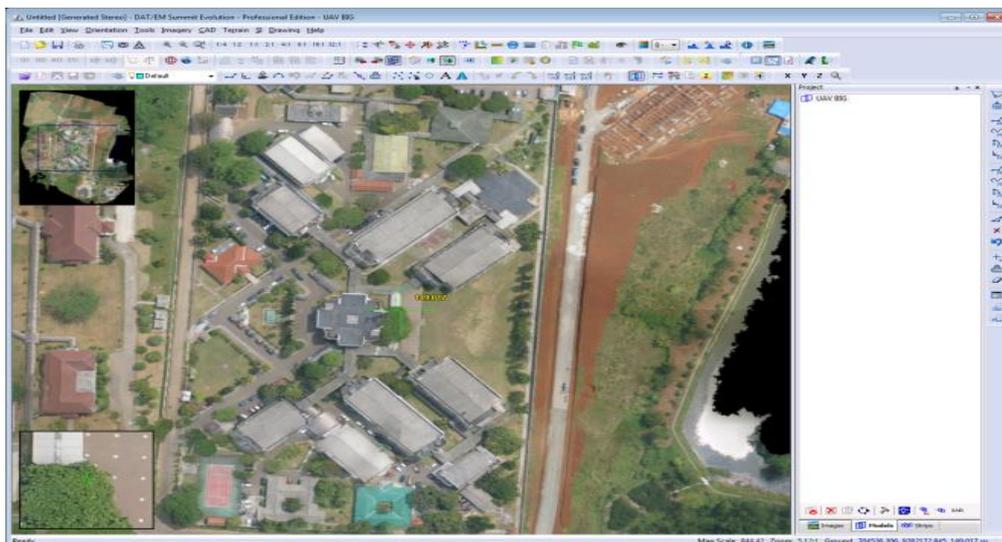
Jenis transformasi koordinat ini penting di dalam fotogrametri analitik dan fotogrametri komputasional sehubungan dengan dua masalah pokok, yaitu: untuk mengubah koordinat titik-titik dari sistem koordinat foto yang mengalami kecondongan (*tilt*) ke sistem foto tegak ekuivalennya yang sejajar dengan sistem ruang medan atau sembarang dan untuk membentuk model jalur tiga dimensional dari model stereo. Dalam transformasi ini melibatkan tujuh faktor transformasi, yaitu: tiga sudut rotasi ω , ϕ dan κ , satu faktok skala s , dan tiga faktor translasi T_x , T_y , T_z .

Pembentukan *Stereomate* dan Stereo Model

Stereo model dibentuk dengan cara menyatukan antara *stereomate* dan hasil mozaik sehingga bisa dilakukan *stereo plotting* pada Summit dengan menggunakan kacamata 3D untuk berbagai keperluan pemetaan seperti pembuatan peta dasar karena model telah memiliki ketinggian yang dapat diketahui dari stereo model.



Gambar 6. Hasil Pembentukan Tekstur.



Gambar 7. Tampilan Stereo Model pada Summit Evolution.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi Akurasi DSM dan Mozaik

Mozaik yang dihasilkan pada Agisoft sangat bergantung pada kualitas DSM yang terbentuk sehingga diperlukan proses dengan tingkat ketelitian yang tinggi sehingga bisa menghasilkan kualitas DSM yang baik. Dapat dilihat bahwa mozaik yang terbentuk sudah cukup baik sehingga dapat digunakan untuk *stereo plotting* hanya saja di beberapa tempat masih terlihat mozaik yang belum terbentuk dengan baik, seperti ditunjukkan pada **Gambar 8**.

Pada beberapa daerah mozaik yang terbentuk belum maksimal karena DSM yang dibentuk dari proses *image matching* kurang baik dalam mendeteksi pepohonan sehingga objek-objek yang letaknya dekat dengan pepohonan mengalami distorsi seperti jalan yang berada pada **Gambar 8**.

Mozaik yang terbentuk juga telah terorthorektifikasi secara baik. Proses ini sangat dibutuhkan karena foto yang dihasilkan oleh pesawat nir-awak memiliki tinggi terbang yang rendah jika dibandingkan dengan pesawat dengan kamera metrik pada umumnya sehingga foto yang dihasilkan terlihat miring terutama pada bangunan-bangunan tinggi.

Pembentukan mozaik yang kurang baik terjadi karena dalam tahap pemrosesan terdapat foto sendeng atau miring sehingga proses ortho dan pembentukan mozaik menjadi tidak sempurna.

Dapat dilihat pada **Gambar 10** dan **Gambar 11** proses ortho yang dilakukan oleh software Agisoft Photoscan cukup baik karena gedung-gedung yang sebelumnya terlihat miring pada hasil foto dari UAV setelah melalui proses orthomozaik gedung tersebut menjadi tegak.



Gambar 8. Mozaik.



Gambar9. Mozaik Belum Terbentuk Dengan Baik.



Gambar 10. Hasil Mozaik.



Gambar 11. Foto Udara.



Gambar 12. ICP (Bendera berwarna biru).

Tabel 1. Tabel Perbandingan Titik pada Pengamatan Stereo dan GPS.

ID	PENGAMATAN STEREO			GPS			RESIDUAL		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
Point 1	704596,6490	9282312,1040	164,0440	704596,9530	9282311,4700	163,5118	-0,3040	0,6340	0,5322
point 2	704478,1030	9282163,8120	158,1120	704478,2293	9282163,6812	157,6406	-0,1263	0,1308	0,4714
point 3	704445,9970	9282025,2340	156,8700	704446,3038	9282025,1751	156,8352	-0,3067	0,0589	0,0348

Evaluasi Geometrik Mosaik Foto Udara dan DSM

Evaluasi geometrik dilakukan dengan cara membandingkan koordinat mosaik foto udara dengan koordinat hasil pengukuran GPS SOUTH tipe geodetik yang diikatkan dengan TTG 0001 milik Badan Informasi Geospasial. Berikut ini titik

persebaran ICP (*Independent Control Point*) sebagai titik perbandingan koordinat mosaik foto udara dan DSM dengan koordinat GPS.

Hasil dari pengamatan titik ICP pada mosaik foto udara yang dilakukan melalui pengamatan stereo menggunakan *software* Summit Evolution dapat dilihat pada **Tabel 1**.

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum (X_{image_i} - X_{lapangan_i})^2}{n}} \dots\dots\dots (1)$$

Evaluasi RMSE:

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum (Y_{image_i} - Y_{lapangan_i})^2}{n}} \dots\dots\dots (2)$$

$$RMSE_r = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2} \dots\dots\dots (3)$$

Dari perhitungan pada **Tabel 1** didapatkan RMSE sebagai berikut :

Tabel 2. Tabel RMS Error x, y dan z.

RMSE		
X	Y	Z
0,067486067	0,140848891	0,168888613

Standar pengukuran akurasi menurut NMAS (*National Map Accuracy Standar*) adalah sebagai berikut:

- Akurasi Horizontal NMAS = 1,7308 * RMSE_r
= 0,270319 meter
- Akurasi Vertikal NMAS = 1,9600 * RMSE_z
= 0,331021 meter

Untuk kesesuaian ketentuan ketelitian untuk data vertikal dan horizontal, maka dibutuhkan hitungan toleransi ketelitian pembuatan peta Rupabumi Indonesia, yang mengacu pada NMAS (*National Map Accuracy Standar*)

- Skala >20.000 = 1/30 inch = 0,85 mm
- Skala ≤20.000 = 1/50 inch = 0,50 mm

Tabel 3. Tabel Toleransi Akurasi Menurut Skala.

No	RMSE (m)	Skala Peta
1	<0,85	1:1.000
2	<4,25	1:5.000
3	<8,50	1:10.000
4	<12,50	1:25.000
5	<25	1:50.000

Apabila dilihat dari toleransi RMSE berdasarkan skala menurut NMAS, maka hasil pembentukan mozaik dan DSM UAV pada penelitian ini dapat digunakan untuk pemetaan skala besar. Piksel dengan nilai korelasi (δ) tertinggi merupakan piksel yang bersesuaian pada kedua foto tersebut. Nilai korelasi berkisar antara -1 sampai dengan 1. Nilai 1 menunjukkan korelasi yang sempurna (*perfect match*), nilai 0 menunjukkan total *miss match* (tidak terdapat korelasi), serta nilai -1 menunjukkan adanya korelasi yang berkebalikan atau belawanan (Schenk (2000) dalam Harintaka *et al.*, 2006).

KESIMPULAN

Berdasarkan perhitungan akurasi menurut *National Map Accuracy Standart* didapatkan akurasi

horizontal 0,270319 meter dan akurasi vertikal sebesar 0,331021 meter. Nilai akurasi Mozaik dan DSM UAV berdasarkan NMAS memenuhi toleransi akurasi menurut skala sehingga dapat digunakan untuk pemetaan skala besar (hingga 1:1000) dengan beberapa persyaratan diantaranya *ground control point* yang harus disebarakan merata di setiap 100 meter dan diukur dengan GPS akurasi tinggi (sub milimeter). Data yang diperoleh dari UAV ini dapat digunakan untuk pemetaan skala besar tetapi dalam area yang tidak terlalu luas dikarenakan daya jelajah UAV yang terbatas.

Perlu dilakukan kajian lebih lanjut dalam penggunaan foto udara format kecil untuk pemetaan rupabumi skala besar (RBI skala besar) dikarenakan masih banyaknya parameter-parameter yang belum diikutsertakan dalam tulisan ini.

Pada saat pemotretan usahakan berada dalam kondisi cuaca yang cerah agar tidak terjadi kesalahan pendeteksian *tie point* pada setiap foto yang memiliki *overlap* dan *sidelap*. Dalam melakukan pemrosesan gunakan komputer dengan spesifikasi yang tinggi agar didapatkan hasil mozaik dan DSM yang maksimal. Pada perencanaan pemotretan udara sebaiknya menggunakan wahana udara tanpa awak dengan membuat *ground control point* sebanyak mungkin untuk meminimalisasi kesalahan geometrik akibat distorsi kamera.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Informasi Geospasial yang telah mengizinkan penulis untuk menggunakan wahana udara nir awak milik BIG dalam rangka penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. (2011). *Agisoft PhotoScane User Manual*, (http://www.agisoft.ru/products/photoscan/standar_d/ (2 Oktober 2012 pukul).

Abdelhafiz, A., (2009). *Integrating Digital Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning*. Dissertation, Munchen: Deutsche Geodatische Kommission Bei Der Bayerischen Akademie Der Wissenschaften.

Badan Informasi Geospasial. (2014). *Buku Panduan : Pesawat Udara Nir Awak untuk Survei Udara*.

Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pertahanan, (2011). *Pembuatan Peta Dengan Small Format Aerial Photo*.

Harintaka, Eko Widi Susanto, dan Tamim Thobibah. (2006). *Otomatisasi Pembuatan Mosaik Menggunakan Teknik Korelasi Silang Pada Foto Udara Format Kecil*. Pertemuan Ilmiah Tahunan III Geomatika ITS 2006

Minnesota Planning Land Management Information centre. (1999). *Positional Accuracy Handbook Using the National Standard for Spatial Data Accuracy to measure and report geographic data quality, Minnesota*

Rokhmana, Catur A., (2010). *Sistem Pemantauan Tata Ruang Kota Dengan Wahana Udara Nirawak Sebagai Penyedia Foto Udara Murah*.

Rokhmana, Catur A., (2014). Cost effective Precision Agriculture Mapping Utilizing UAV-Based Photogrammetry Mapping. Diakses pada <https://prisma.lppm.ugm.ac.id/publication/22566> (1 Juli 2015).

Wolf, P., R. (1993). *Elemen Fotogrametri dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh*, Penerjemah: Gunadi, Gunawan, T., Zuharnen, Edisi kedua, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.

Zamri, Rahab. (2012). *Keupayaan UAV untuk Tujuan Penawanan Data Geospasial Pertahanan. Persidangan Pengarah-Pengarah Ukur Mlaysia Tahun 2012*.