

PERCEPATAN PEMETAAN KADASTER MEMANFAATKAN TEKNOLOGI WAHANA UDARA TANPA AWAK

*Catur Aries Rokhmana**

Abstract: Since May 2013, the National Land Agency has begun serving Thematic Map production. This implies that there is some additional workload on the ongoing land register mapping. Therefore, it will be necessary to develop efficient technology to accelerate the production of cadastral maps. Nowadays, the remote sensing technologies using high-resolution satellite imagery has been used to produce maps, such as Land Use map, in BPN. To some needs, as a matter of fact, there are still weaknesses on remote sensing technology. This paper is aimed at introducing the use of unmanned aerial vehicle technology (UAV) to accelerate the production of thematic mapping. This technology is able to produce a sharper orthophoto in seeing parcel objects rather than that of satellite imagery. It has the production capacity of > 300Ha per day. The inexpensive and portable instrument led the idea of "on demand mapping" and the establishment of an efficient photogrammetric surveyor team that can serve in a relatively small area (<5.000Ha). The mapping will be done in locations with small change or the location needing a need a quick response. Moreover, there is no need to wait for a wide area as well as the use of remote sensing technology or conventional air mapping. Using the UAV for mapping technology can produce images with a value of <20cm Ground Sampling Distance (GSD) with average Horizontal positional accuracy of approximately 2 times GSD.

Keywords: Cadaster mapping and land use map, orthophoto image, unmanned aerial vehicle.

Intisari: Sejak bulan Mei 2013 Badan Pertanahan Nasional (BPN) telah mulai melayani produksi peta tematik yang berimplikasi menambah beban pekerjaan pemetaan pendaftaran tanah yang masih berjalan. Maka perlu dikembangkan teknologi yang efisien untuk mempercepat pekerjaan produksi peta kadaster. Saat ini teknologi penginderaan jauh (inderaja) dengan citra satelit resolusi tinggi sudah digunakan dalam produksi peta di BPN, seperti peta penggunaan lahan. Pada kenyataannya untuk sejumlah kebutuhan, teknologi inderaja masih ada kelemahannya. Tulisan ini akan mengenalkan pemanfaatan teknologi Wahana Udara Tanpa Awak (WUTA) untuk mempercepat proses produksi pemetaan tematik. Teknologi ini mampu menghasilkan produk citra ortofoto yang lebih tajam dalam melihat obyek persil daripada citra satelit dengan kemampuan produksi > 300Ha per hari. Instrumen yang murah dan portabel memunculkan ide "on demand mapping" dan pembentukan *tim surveyor fotogrametri* yang efisien bekerja melayani di luasan relatif kecil (<5.000Ha). Pemetaan akan dapat dilakukan di lokasi kecil yang dianggap berubah atau perlu direspon cepat, tidak perlu menunggu seluruh wilayah yang luas seperti halnya penggunaan teknologi Inderaja atau Foto Udara konvensional. Pemetaan dengan memanfaatkan teknologi WUTA mampu menghasilkan citra dengan nilai *Ground Sampling Distance* (GSD) < 20cm dengan akurasi posisi Horizontal rata-rata 2 kali GSD.

Kata Kunci: Pemetaan kadaster dan penggunaan lahan, citra ortofoto, wahana udara tanpa awak

A. Pengantar

Sejak bulan Mei 2013 lalu, Badan Pertanahan Nasional (BPN) menambah pelayanan sebagai penyedia peta tematik. Hal ini akan menambah

beban pekerjaan rumah yang saat ini masih berlangsung. Sampai tahun 2006 lalu, dari sekitar 195 juta Ha wilayah Indonesia (Sumarto, dkk. 2008) hanya kurang dari 15 persen dari luas tersebut telah tergambar dalam peta skala besar pada skala 1:1.000 dan 1:2.500. Oleh sebab itu, saat ini teknologi penginderaan jauh (inderaja) dengan citra satelit resolusi tinggi (citra Ikonos, QuickBird, GeoEye, WorldView, dll.) sudah

*Staff pengajar di Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada email: caris@ugm.ac.id, website: <http://www.potretudara.com>

digunakan dalam produksi peta di BPN, seperti Peta Penggunaan Lahan dan Peta Dasar Pendaftaran Tanah. Teknologi indera dipilih untuk mempercepat proses produksi dan produknya paling siap dipasaran. Pada kenyataannya, untuk sejumlah kebutuhan, teknologi indera masih ada kelemahannya. Beberapa diantaranya seperti liputan awan, ketergantungan dengan produk dari luar negeri, dan pengadaan lebih bersifat terpusat (Instruksi Presiden No. 6 Tahun 2012 Tentang Penyediaan, Penggunaan, Pengendalian Kualitas, Pengolahan dan Distribusi Data Satelit Penginderaan Jauh Resolusi Tinggi).

Disamping itu, ada kebutuhan kasus yang masih perlu efisiensi produksi seperti yang disampaikan oleh Sumarto (2008): "*Luas wilayah pemukiman yang membutuhkan citra resolusi tinggi total 10 Juta Ha, tersebar di 70.000 lokasi desa/kelurahan. Sehingga apabila dibagi maka luas satuan pemukiman per lokasi desa + 140 Ha.*" Maka masih perlu dikembangkan teknologi pemetaan yang efisien untuk luasan 100-500Ha. Fakta lainnya, pada umumnya perubahan pada wilayah Kota/Pemukiman hanya terjadi pada sebagian wilayah dengan luas lebih kecil dari 5000 Ha. Perubahan sedikit ini pada banyak kasus tidak dapat terekam seluruhnya oleh sistem pemetaan di BPN yang berjalan saat ini. Maka kondisi data peta kadaster selalu lebih tua usianya dibandingkan kondisi kenyataan di lapangan yang berpotensi menyebabkan konflik kepentingan. Permintaan pasar personil/privat umumnya terbatas pada luasan yang sempit (< 5.000 Ha), biaya terbatas, dan kebutuhan interpretasi visual, sehingga diperlukan resolusi spasial yang tinggi.

Dari sisi teknologi perlu dikembangkan sistem pemetaan lahan/persil yang bercirikan: biaya rendah, mudah dioperasikan oleh tenaga lokal, cepat dalam proses produksi, dan kualitas yang memadai untuk dapat melihat obyek persil. Penggunaan teknologi Wahana Udara Tanpa Awak (WUTA)

untuk pemetaan dari udara adalah pilihan yang efisien untuk memenuhi kebutuhan tersebut.

Tulisan ini memperkenalkan ide pemanfaatan WUTA dalam bentuk *tim surveyor fotogrametri* untuk memenuhi kebutuhan produksi peta kadaster di BPN. Tim surveyor ini didefinisikan sebagai suatu tim teknis yang memiliki kompetensi untuk memproduksi data geospasial secara mandiri yang dilakukan dengan teknologi fotogrametri digital dan kamera digital sebagai sensor pencitraan yang dibawa oleh Wahana Udara Tanpa Awak (WUTA). Data geospasial yang bisa diberikan adalah citra ortofoto resolusi tinggi, dan model elevasi digital dari suatu obyek/kawasan. Ilustrasi tim ini adalah seperti halnya tim *land-surveyor* dengan perangkat total station atau RTK-GPS (*Real-time Kinematic Global Positioning System*), maka tim surveyor fotogrametri membawa perangkat kamera digital yang ditempatkan pada wahana udara atau darat yang portabel (lihat Gambar 1). Selanjutnya tulisan ini akan menggambarkan lebih mendetail yang meliputi arsitektur sistem dan sejumlah contoh kasus pemanfaatannya, dan diskusi kelebihan dan kelemahan teknologi ini secara praktis.



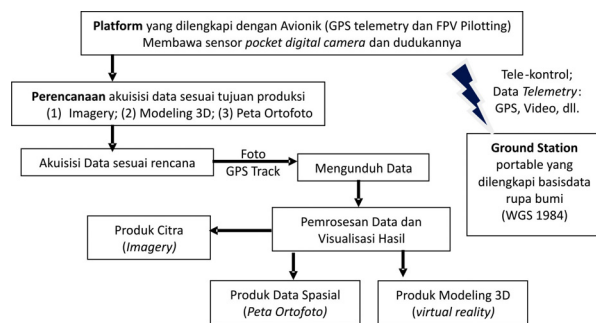
Gambar 1. Ilustrasi tim *land-surveyor* dan tim surveyor fotogrametri.

B. Sistem Pemetaan Memanfaatkan Wahana Udara Tanpa Awak

Dalam sepuluh tahun terakhir ini kembali muncul sejumlah penelitian yang memanfaatkan instrumen Wahana Udara Tanpa Awak (WUTA)

dalam sistem pemetaan dari udara untuk produksi peta skala besar (>1/10.000). Salah satunya dikembangkan di Laboratorium Fotogrametri dan Inderaja Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada sejak tahun 2005 yang disebut *RIMS: Rapid Imaging and Mapping System* (lihat <http://www.potretudara.com>). Sistem ini dimaksudkan untuk mengisi kebutuhan pemetaan yang berbiaya rendah pada cakupan wilayah < 5.000Ha (lihat Rokhmana, 2007, Rokhmana, 2008, Rokhmana, 2009). Arsitektur sistem dapat dilihat pada Gambar 2. Hakekat dari sistem ini adalah penggunaan suatu wahana udara portabel (model aeromodelling) sebagai platform pembawa kamera digital (sensor pencitraan) untuk melakukan pekerjaan pemotretan dari udara pada posisi eksposur yang telah direncanakan (jalur terbang).

Selanjutnya dari foto udara tersebut dapat diproses secara fotogrametrik menjadi data spasial seperti citra ortofoto, data elevasi digital, pengukuran bentuk dan dimensi, dll.

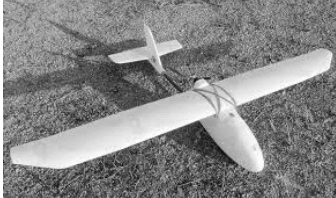


Gambar 2. Arsitektur sistem pemetaan dari udara memanfaatkan WUTA.

Seperti halnya tim survei pada umumnya, tim surveyor fotogrametri terdiri dari bagian instrumentasi dan personil yang menjalankan sistem ini. Personil tim ini terdiri dari (1) pilot yang mengoperasikan wahana pembawa kamera, (2) Pembantu navigasi pilot; dan (3) koordinator yang bertugas survei titik kontrol, dan pemrosesan fotogrametri digital. Sedangkan instrumen utama terdiri dari sejumlah modul, yaitu (1) Wahana Udara Tanpa Awak yang dilengkapi dengan

avionic-autopilot; (2) sensor pencitraan (kamera pocket) dan dudukannya; (3) pemrosesan data dan visualisasi hasil; (4) stasiun pengontrol di darat; dan (5) *software* pengolah fotogrametri dengan algoritma *structure from motion*. Tabel 1 menunjukkan karakteristik dari sistem instrumentasi dengan memanfaatkan WUTA sebagai platform pembawa kamera digital dan sistem avionik navigasi wahana. Interval *shutter camera* menggunakan *script* program yang bisa diatur kecepatannya sehingga jeda waktu antar exposure dapat diatur. Jadi pada hakekatnya tim surveyor fotogrametri mengerjakan pekerjaan pemetaan fotogrametri dengan instrumentasi yang disederhanakan agar dapat dikerjakan oleh personil dan perangkat yang banyak tersedia di pasaran teknologi informasi pada umumnya.

Tabel 1. Karakteristik sistem instrumentasi dengan memanfaatkan WUTA

<p>Tipe Wahana Udara</p>	 <p>- Type High-Wing Semi Glider - Fitur :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Autonomous Flight • Cruise speed: 50 km per jam • Endurance: < 40 menit • Max. Crosswind 30km/jam • Jangkauan R/C dan telemetry: < 10km • Kemampuan liputan sekali terbang: < 300 Ha • Portable Backpack < 3kg • Take-Off (Hand Launch) • Landing: belly atau net landing atau parachute drop • Power: Motor electric brushless • Flying High: 200m - 450m
<p>Sistem Avionik</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Autopilot System (open source: Ardupilot Controller) • R/C min. 7 CH dan booster 433MHz Long Range Radio < 20km • RF Modem for data telemetry (900MHz 1Watt) < 20km • GPS Logger Freq. 5Hz
<p>Sensor Kamera</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Point and Shoot Digital Camera 12-14 MPix, field of view > 65deg • Canon S100 dengan GPS Tag Enabled • Mounting and anti-vibration system dengan Foam
<p>Portable Ground Control Station (Laptop dan Booster Antenna)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Open Source Mission Planner • Laptop atau netbook • Antenna > 8 dBi • Universal Extended Baterai untuk netbook dan RF receiver
<p>Pemrosesan Data</p>	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Software</i> fotogrametri dengan structure from motion • <i>Software</i> interpretasi citra (ecognition) • <i>Software</i> Quantum GIS (open source GIS)

Modul pemrosesan data didesain sedemikian rupa agar dapat menghasilkan sejumlah produk dasar seperti: (1) Ortofoto, (2) Model Elevasi Digital, dan (3) 3D modeling. Untuk kebutuhan produk pemetaan di BPN, maka produk dasar yang sesuai adalah citra mosaik ortofoto.

C. Citra Foto Udara VS Citra Satelit

Saat ini citra satelit resolusi sangat tinggi seperti citra satelit IKONOS dan QUICKBIRD telah banyak diminta untuk keperluan pemetaan di bidang kadaster. Citra satelit memiliki kelemahan utama adanya liputan awan yang menghalangi pandangan obyek di bumi. Disamping itu, citra satelit tidak dapat digunakan untuk produksi Peta dengan skala yang lebih besar dari 1/2.500. Di lain pihak, citra foto udara menjadi substitusi yang melengkapi kebutuhan pengguna untuk produksi skala 1/5.000 – 1/1.000. Penggunaan foto udara metode konvensional terkenal

dala pada keterbatasan dana, karena biaya pengadaannya jauh lebih mahal dibandingkan citra satelit. Tetapi penggunaan WUTA dapat mereduksi kebutuhan biaya, sebab WUTA dapat diaplikasikan dengan efisien pada luasan kecil (< 5.000 Ha). Tabel 2 mengilustrasikan perbandingan praktis antara citra satelit dengan citra foto udara.

Sistem pemotretan dengan wahana udara tanpa awak memiliki tingkat portabilitas yang lebih tinggi dibandingkan penggunaan pesawat udara standar. Penggunaan wahana udara tanpa awak dapat mereduksi kebutuhan biaya sewa pesawat yang mahal. Sehingga pada luasan < 10 Ha pun dapat efisien untuk dilakukan pemotretan udara.

A. Diskusi Kualitas Produk Ortofoto Memanfaatkan WUTA

Berbeda dengan pemetaan fotogrametri konvensional dengan pesawat berawak dan instrumen profesional, sistem WUTA menggunakan instrumen hobi/amatir yang banyak dipasaran (*mass product*) dengan kualitasnya lebih rendah. Agar bisa memenuhi kebutuhan professional, maka perlu sejumlah perlakuan dan perbaikan khusus untuk meningkatkan kemampuan dan memberikan kualitas akurasi yang memenuhi standar. Berikut ini sejumlah upaya peningkatan kualitas dan kelemahan yang masih timbul dalam pemanfaatan WUTA, sebagai berikut:

1. Salah satu sumber kesalahan dominan adalah penggunaan kamera non-metrik tipe *point and shoot/pocket*. Bekerja dengan kamera non-metrik, terdapat sejumlah isu terkait akurasi, yaitu: (1) Kualitas lensa non-metrik, dan (2) Kestabilan Lensa. Persoalan akurasi ini diselesaikan dengan prosedur *In-Flight Self-Calibration*. Hasil presisi hitungan triangulasi udara umumnya dapat mencapai < 2 piksel. Tabel 3 menunjukkan ilustrasi perbaikan kualitas lensa yang cukup signifikan.

Tabel 2. Perbandingan produk citra foto udara dan citra satelit

<ul style="list-style-type: none"> • Resolusi spasial citra satelit di pasaran Ikonos (1m); Quickbird (0.6m); GeoEye (0.45m); WorldView (0.5m) • Resolusi spasial citra foto udara memanfaatkan WUTA (5cm – 20cm) • Citra satelit ada minimum order, sedangkan citra dari WUTA efektif untuk luasan 5 – 5.000Ha. • Biaya pengadaan citra Rp. 2.300 – Rp. 4.000 per Ha dan belum pandangan stereo untuk menghasilkan model elevasi digital • Biaya foto udara dengan WUTA Rp. 25.000 – Rp. 45.000 per Ha tergantung luasan dan sudah menghasilkan pandangan stereo. • Foto Udara Mampu melihat sampai batas pematang sawah dan obyek di dalam bidang tersebut • Foto udara dari WUTA bebas awan, sebab terbang dibawah awan (< 300m) • Usia data WUTA lebih terkini, sebab dapat merekam foto (near-realtime) pada saat diperlukan • Interpretasi pada citra foto udara menghasilkan obyek penggunaan lahan yang lebih detail 	
--	--

Tabel 3. Perbandingan akurasi hasil *Adjustment* pada kamera Canon Ixus 125HS

Metode Adjustment	rms (micron)
Tanpa camera calibration	18.6 (7.75 pixel)
Bundle Adjustment with Self Calibration (in flight calibration)	2.83 (1.17 pixel)

Keterangan: ukuran 1 pixel sensor CCD 2.4 dan hasil dapat bervariasi tergantung kualitas lensa

- Penggunaan WUTA dengan berat saat terbang (*takeoff weight*) < 3kg menyebabkan tidak tahan terhadap *cross wind* di udara, maka pada saat cuaca berangin > 30km/jam akan sulit untuk dapat mengikuti rencana jalur terbang secara sempurna. Untuk mengkompensasi kelemahan ini dilakukan dengan memperlebar area overlap menjadi 85% dan sidelap 20%. Akibatnya akan diperoleh jumlah foto yang lebih banyak dari pada perekaman konvensional yang umumnya menggunakan tingkat overlap 60% dan sidelap 10%. Selanjutnya perlu otomatisasi untuk menangani jumlah foto yang lebih banyak.
- Jumlah foto yang banyak dan tingkat overlap yang besar dapat digunakan untuk peningkatan kualitas produksi. Proses otomatisasi triangulasi udara dengan algoritma *image matching* lebih reliabel hasilnya, sebab nilai korelasi antar foto lebih tinggi. Satu obyek akan terekam di lebih dari 4 (empat) frame foto yang menyebabkan banyak redundansi data, sehingga dapat meningkatkan presisi hitungan. Disamping itu, jumlah titik tie-point dapat mencapai jutaan titik yang menyebabkan presisi hitungan triangulasi udara (*bundle adjustment*) menjadi lebih stabil dan reliabel.
- Citra foto udara dari WUTA umumnya memiliki GSD (*Ground Sampling Distance*) =5cm - 20cm yang memenuhi spesifikasi untuk pembuatan peta sampai skala 1/1.000.
- Pada umumnya, kualitas posisi horizontal dapat mencapai 2 kali ukuran GSD atau ber-

kisar 15cm – 60cm tergantung nilai GSD pada saat pemotretan udara dilakukan.

- Konfigurasi foto udara dari WUTA memiliki sudut Stereo (*parallax*) = 17-25 derajat yang dapat memenuhi spesifikasi untuk hitungan tipe terain pegunungan.
- Problem utama yang menjadi keterbatasan teknik survei dari udara adalah obyek yang akan diukur tidak dapat terlihat akibat tertutup oleh obyek lainnya yang lebih tinggi (lihat Gambar 2). Pada umumnya vegetasi rapat atau bangunan menjadi penghalang untuk dapat melihat obyek batas persil.



Gambar 2. Ilustrasi keterbatasan kemampuan survei dari udara.

- Gambar 3 mengilustrasikan hasil percobaan perhitungan luas petak sawah antara pengukuran luas di lapangan dengan pita ukur dibandingkan pengukuran luas di citra ortofoto (Rokhmana, 2009). Hasil evaluasi membuktikan bahwa seluruh perbedaan hasil ukuran luas telah memenuhi spesifikasi toleransi perbedaan yang luas yang disyaratkan

PARCEL	FIELD MEASUREMENT (m ²)	Orthophoto (m ²)	Area Differences (m ²)	Status
1	449.7468419	450.7283995	-0.98146	accepted
2	727.3121295	725.7263432	-1.58578	accepted
3	482.4265706	480.6425732	-1.78399	accepted
4	538.8562387	539.2337621	-0.37752	accepted
5	448.6954991	441.8344544	6.86104	accepted
6	782.5095159	786.9346085	-4.42507	accepted
7	544.4671464	540.1122388	4.35490	accepted
8	649.170344	641.921159	7.24918	accepted
9	719.5785293	716.9533467	2.62518	accepted
10	583.3250489	588.1773944	-4.85235	accepted
11	634.8466314	632.2510816	2.59555	accepted
12	875.0388372	880.8235911	-5.78479	accepted
13	545.9101018	551.5903968	-5.68029	accepted
14	257.6144241	258.6612202	-0.9468	accepted
15	580.6104449	589.1158129	-8.5708	accepted
16	513.142187	518.0688448	-4.9267	accepted
17	689.8129301	697.7447331	-7.9318	accepted
18	510.3360956	514.5315764	-4.1954	accepted
19	577.2628387	571.5223884	5.7404	accepted
20	562.5793074	568.3345887	-5.7652	accepted

Gambar 3. Ilustrasi hasil evaluasi perbedaan hitungan luas persil

B. Kesimpulan

Tulisan ini telah memberikan ilustrasi pemanfaatan teknologi WUTA untuk kegiatan produksi pemetaan kadaster. Teknologi ini mengenalkan ide pembentukan tim surveyor fotogrametri atau. Tim terdiri dari bagian instrumentasi dan personil yang menjalankan sistem ini. Sistem ini dapat menghasilkan sejumlah produk dasar yang tidak selalu untuk tujuan survei-pemetaan saja, tetapi lebih luas pada penyedia jasa informasi spasial. Pemetaan akan dapat dilakukan di lokasi kecil yang dianggap berubah atau perlu direspon cepat saja, tidak perlu menunggu seluruh wilayah yang luas seperti halnya penggunaan teknologi Inderaja atau Foto Udara konvensional. Pemetaan dengan memanfaatkan teknologi WUTA mampu menghasilkan citra dengan nilai *Ground Sampling Distance* (GSD) $< 20\text{cm}$ dengan akurasi posisi Horizontal rata-rata 2 kali GSD. Gambar yang dihasilkan cukup jelas untuk dapat diinterpretasi sampai tingkat obyek penggunaan lahan.. Dimasa mendatang dengan semakin majunya sensor optik-elektrik, sistem tele-kontrol, dan sistem auto-pilot, maka diharapkan pekerjaan surveyor berbasis fotogrametri akan semakin mudah dan *cost-effectives*.

Daftar Pustaka

- Rokhmana. C.A.. and Soetaat. 2004. The Critical Review of Using Small Format Aerial Photogrammetry for Municipality Mapping in Indonesia. Proceeding Map Asia 2004. Jakarta.
- Rokhmana. C.A.. 2007. The Low-Cost Monitoring System For Landslide And Volcano With Digital Photogrammetry, Proceeding Joint Convention HAGI, IAGI, IATMI.
- Rokhmana. C.A.. 2008. Some Notes on Using Balloon Photography For Modeling The Landslide Area, Proceeding Map Asia 2008.
- Rokhmana. C.A.. 2009. The Potential Applica-

tions of Balloon Photogrammetry for Cadastre Mapping, Proceeding Outh East Asia Surveying Congress.

- Sumarto Irawan, W.R. Idrus, Virgo Eresta Jaya, R. Eko, D. K. Gindow, B. Adhi, E. Putranty, E. Pintadi, P. Hadi, Y. Aziz, A. Giyanto, Rahardjo, F. H. Feryandi, I. Herawati, Firman AS and S. Yusra, 2008, Cadastral Base Mapping Activity in Indonesia, FIG Working Week 2008, Stockholm, Sweden 14-19 June 2008.