

STUDI FOTOGAMETRI JARAK DEKAT DALAM PEMODELAN 3D DAN ANALISIS VOLUME OBJEK

Defry Mulia, Hepy Hapsari

Program Studi Teknik Geomatika FTSP-ITS, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, 60111

Email : defry_jp@yahoo.com, hepihapsari@gmail.com

Abstrak

Fotogrametri adalah sebuah proses untuk memperoleh informasi metris mengenai sebuah objek melalui pengukuran yang dibuat pada hasil foto baik dari udara maupun dari permukaan tanah. Interpretasi foto didefinisikan sebagai ekstraksi dari informasi kualitatif mengenai foto udara dari sebuah objek oleh analisis visual manusia dan evaluasi fotografi (Edward dan James 2004). Dalam disiplin ilmu fotogrametri dipelajari berbagai metode untuk mengklasifikasikan dan menginterpretasi foto udara dengan berbagai metode.

Pengolahan data dilakukan dengan pengambilan gambar objek menggunakan kamera *non metric*, pengukuran menggunakan *Electronic Total Station* (ETS) dan roll meter yang kemudian dilakukan kalibrasi kamera menggunakan Software Photomodeler Scanner untuk mendapatkan parameter internal kamera. Kemudian melakukan penandaan titik pada foto sampai akhirnya pembentukan objek 3 dimensi dan volume objek. Selanjutnya melakukan perbandingan dengan hasil pengolahan data thacymetri.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa data foto pada fotogrametri jarak dekat belum bisa dijadikan acuan dalam proses pembentukan 3 dimensi maupun perhitungan volumenya. Perkiraan volume pada objek lemari menggunakan metode fotogrametri jarak dekat adalah $0,903 \text{ m}^3$ dan dengan menggunakan rol meter adalah $0,192 \text{ m}^3$. Sementara itu, volume objek gundukan berumput menggunakan metode thacymetri adalah $162,164987 \text{ m}^3$ dan luas adalah 30 m^2 .

Kata Kunci : Fotogrametri, Non-Metrik, IOP

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Volume penggalian dan penimbunan suatu material merupakan hal yang penting dalam banyak pekerjaan teknik dan pertambangan. Akurasi bentuk dan estimasi volume dari material tersebut adalah penting dalam banyak aplikasi, misalnya studi erosi, estimasi pengambilan bahan tambang, dan penilaian lahan untuk konstruksi (Schulz dan Schachter 1980 dalam Yakara dan Yilmazb 2008). Umumnya perhitungan volume menggunakan metode trapesium (segiempat atau segitiga prisma), perpotongan melintang (*trapezoidal, Simpson, and average formula*), dan metode lainnya (*Simpson-based, Cubic spline, and Cubic Hermite formula*) telah ada dalam literatur (Yanalak 2005 dalam Yakara dan Yilmazb 2008).

Metode yang digunakan untuk melakukan pengukuran volume suatu material adalah menggunakan metode tachymetri untuk mengetahui koordinat suatu titik dengan menggunakan alat ukur *Electronic Total Station* (ETS). Untuk mendapatkan bentuk permukaan

tanah terbaik sangat bergantung pada bentuk permukaan, distribusi titik dan metode interpolasi. Tetapi dengan bertambahnya titik akan berarti menambah waktu dan biaya. Kadang-kadang untuk mendapatkan titik geodetik dapat beresiko dan mustahil. Karena itu, bentuk permukaan tanah tidak dapat diwakili dengan baik.

Dengan adanya perkembangan teknologi fotogrametri, diharapkan dapat membuat kemudahan untuk melakukan pemodelan tiga dimensi dari suatu objek. Dengan adanya teknologi otomatisasi *image matching*, mempermudah dalam pengambilan titik sampel yang akan digunakan untuk pembuatan *Digital Surface Model* (DSM).

Pada penelitian ini akan mengkaji perbandingan hitungan volume dengan menggunakan Fotogrametri Jarak Dekat (CRP) dan Thacymetri. Metode CRP menggunakan kamera DSLR non-metrik Canon EOS 5D. Objek yang dibutuhkan dalam penelitian CRP adalah grid sebagai data untuk kalibrasi kamera, lemari dan gundukan

berumpuk sebagai bahan untuk perhitungan volume. Pengolahan data menggunakan Software Photomodeler Scanner yang bersifat *open source*.

Perumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil kalibrasi kamera kamera pada Software Photomodeler Scanner?
2. Bagaimana hasil EOP dari proses orientasi relatif dan DSM menggunakan Software Photomodeler Scanner?
3. Bagaimana hubungan antara potensi panas bumi yang ada dengan langkah strategis MP3EI

Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah:

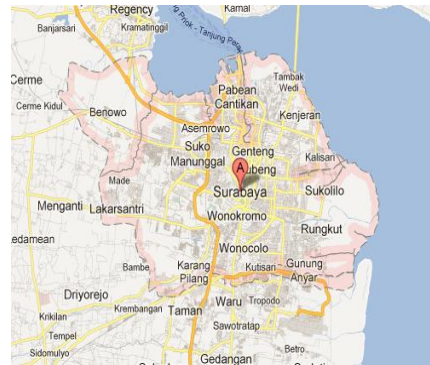
1. Objek yang dijadikan bahan pengukuran dari tugas akhir ini yaitu objek lemari dan objek kurang beraturan gundukan berumpuk.
2. Metode penghitungan volume yang digunakan adalah metode bangun ruang balok dan thacymetri.
3. Software pengolahan menggunakan Software Photomodeler Scanner dengan prinsip epipolar geometry dan metode *image matching*.

Tujuan Penelitian

1. Mendapatkan parameter orientasi dalam dari kalibrasi kamera.
2. Membuat model 3D dan DSM (*Digital Surface Model*) dari objek yang diteliti.
3. Menghitung volume menggunakan DSM.
4. Analisa ketelitian dengan membandingkan perhitungan hasil volume dengan metode *close range photogrammetry* dan thacymetri.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian



Gambar 1. Lokasi Daerah penelitian

Data Dan Peralatan

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

Data foto diambil dengan kamera non metrik atau kamera digital yaitu lemari dan gundukan berumpuk.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Perangkat Keras (Hardware)
 - a. Laptop
 - b. Kamera Digital Canon EOS 5D Mark II
2. Perangkat Lunak (Software)
 - a. Sistem Operasi Windows 7
 - b. Microsoft Office 2010
 - c. Software pengolahan data digital
 - d. Software pengolahan fotogrametri

Tahapan Pengolahan Data

1. Kalibrasi Kamera

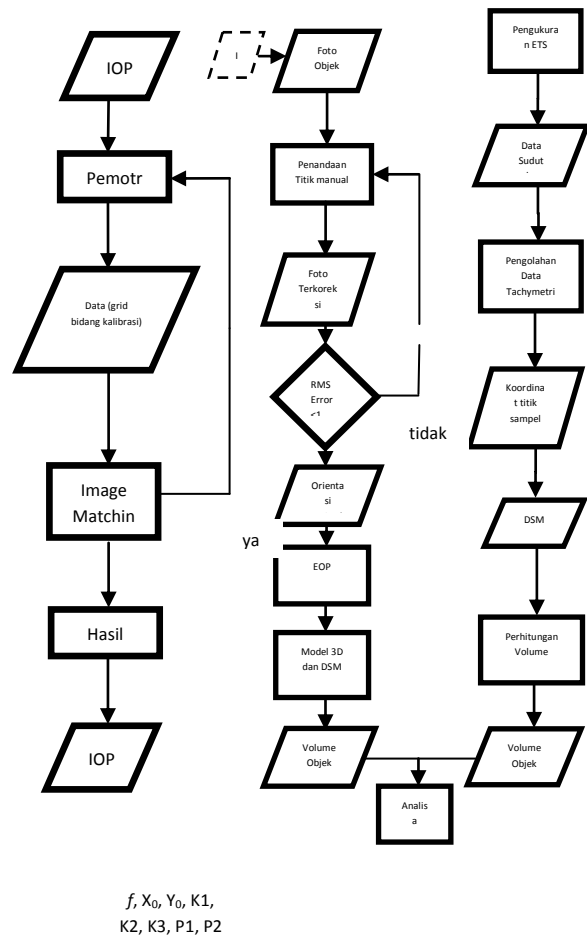
Selain dapat menghasilkan IOP, kalibrasi kamera juga bisa menghasilkan *External Orientation Parameter* (EOP), karena kemungkinan mengingat kamera digital non-metrik yang memiliki geometri tidak baik.
2. Pengolahan Data Fotogrametri Rentang Dekat
 1. Suhu Data Masukan

Data yang diperlukan sebagai masukan adalah nilai parameter kalibrasi kamera yang digunakan dan foto hasil pemotretan objek (lemari dan gundukan berumpuk).

2. Pembuatan Titik Sampel
Titik-titik sampel yang akan digunakan untuk pembuatan *Digital Surface Model* (DSM) dilakukan dengan dua cara yaitu secara manual dan otomatis. Proses otomatisasi *image matching* pada objek gundukan berumput dilakukan penandaan titik sampel secara manual dan otomatis, pada objek lemari dilakukan secara manual. Penandaan titik sampel secara manual dengan menandakan titik di tepi objek.
3. Foto Terkoreksi
Data foto bisa dikatakan terkoreksi apabila RMS yang dihasilkan dari proses *image matching* kecil dari 0 (nol). Jika RMS rata-rata dari pengolah 2 foto atau lebih masih melebihi 0 (nol), maka dilakukan pembuatan titik sampel kembali.
4. Orientasi Relatif
Pada proses ini mencari pasangan titik dari beberapa foto yang diamati untuk mengetahui parameter orientasi luar kamera (EOP).
5. *Intersection*
Merupakan teknik menentukan koordinat titik-titik objek pada dua gambar atau lebih yang saling bertampalan sehingga diketahui posisi secara 3D. Dimana proses ini membutuhkan enam parameter orientasi luar (EOP) untuk dua foto yang bertampalan.
6. Pembentukan Model 3D dan DSM.

digambarkan *Digital Surface Model* (DSM) sehingga diperoleh volume objek.

4. Hitungan Volume
Proses perhitungan volume adalah tahap akhir dari penelitian tugas akhir ini. Hasil perhitungan volume menggunakan DSM dan ETS akan dibandingkan pada akhirnya.



Gambar 2. Diagram Tahap Pengolahan Data

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Kalibrasi Kamera

Metode kalibrasi pada perangkat lunak ini pada prinsipnya menghitung IOP untuk mendapatkan unsur-unsur orientasi dalam antara lain panjang focus terkalibrasi (f), posisi titik utama foto (X_0, Y_0) dan koefisien distorsi lensa (K_1, K_2, K_3, P_1, P_2) kamera secara analitis dengan menggunakan *self calibration bundle adjustment* terhadap titik target.

Pengambilan data kalibrasi dilakukan di dalam ruangan dengan menggunakan bidang 2 dimensi berupa kertas putih berukuran A4

dengan target titik-titik hitam. Bidang kalibrasi ini merupakan bidang kalibrasi *default* dari perangkat lunak Photomodeler.

Tabel 1. Hasil perhitungan IOP menggunakan *self calibration*

Presisi atau standar deviasi		
Camera Canon EOS 5D Mark II		
Parameter Orientasi	Nilai (mm)	Deviasi (mm)
Dalam		
Focal Length	24.791	0.004
Xp	18.021	0.005
Yp	12.197	0.006
Fw	36.528	0.002
Fh	24.333	-
		1.90E-06
K1	1.54E-04	0
K2	0	0
K3	0	0
		2.50E-06
P1	1.72E-05	0
		2.70E-06
P2	2.28E-05	0

Tabel 2. Kualitas Hasil Kalibrasi Kamera

Quality		
	Total Number	12
Photographs	Number Oriented	12
	Canon EOS 5D Mark II	
	Calibration	yes
Camera	Number of photos using camera	12

Average Photo Point Coverage		14%
Overall RMS		0.114 pixels
Max		0.448 pixels
Min		0.071 pixels
Point Marking Residual	Max	0.229 pixels
	Min	0.034 pixels
Point Tighness	Max	0.00069 m
	Min	0.00013 m
Overall RMS Vector Length		8.36e-005 m
Max Vector Length		9.02e-005 m
Point Precision	Min Vector Length	8.24e-005 m

2.Orientasi Relatif

Orientasi relatif merupakan proses untuk menentukan nilai perputaran sudut rotasi dan pergeseran posisi antara dua foto. Proses ini dilakukan dengan cara memberikan nilai posisi dan orientasi untuk foto pertama, kemudian dilakukan proses perhitungan nilai posisi dan orientasi pada foto kedua menggunakan parameter dari posisi pertama dan koordinat foto dari kedua buah foto. Dalam proses orientasi menghasilkan sebuah nilai relatif antara dua buah foto tersebut. Yaitu menetapkan enam unsur orientasi luar (EOP), yaitu posisi kamera (X_L, Y_L, Z_L), rotasi sudut (ω, ϕ, k).

1. Objek lemari

Secara garis besar pertampalan atau overlay antar foto tidak boleh kurang dari 60%. Dalam proses ini dilakukan penentuan titik dimana posisi dan nama titik pada foto 1 harus sama dengan yang ditampilkan pada foto 2, begitu juga seterusnya. Dari penggabungan beberapa foto harus mempunyai 1 foto sebagai referensi.

Berikut adalah beberapa tampilan data hasil pengolahan overlay foto objek lemari dari berbagai sudut:

Tabel 3a. Orientasi relatif dua foto sisi depan lemari

Photos	X	Y	Z	Tightness (percent)
1,2	0.038	0.377	-0.930	0.041
1,2	-0.598	0.377	-0.854	0.059
1,2	0.009	-0.393	-0.851	0.108
1,2	-0.513	-0.393	-0.791	0.052
1,2	0.001	-0.032	-0.877	0.003
1,2	0.001	-0.024	-0.877	0.007
1,2	-0.537	-0.022	-0.823	0.065
1,2	-0.536	-0.031	-0.821	0.062
1,2	-0.003	-0.204	-0.868	0.087
1,2	-0.003	-0.196	-0.866	0.082

Tabel 3b. Orientasi relatif dua foto sisi depan lemari

Photos	Angle	RMS Residual (pixels)	Largest Residual (pixels)	Photo Largest Residual
1,2	12.504 degs	0.967	1.009	2
1,2	11.744 degs	1.397	1.438	1
1,2	13.850 degs	2.903	3.006	2
1,2	13.440 degs	1.407	1.451	1
1,2	14.503 degs	0.079	0.082	2
1,2	14.501 degs	0.188	0.195	2

1,2	13.619 degs	1.591	1.628	1
1,2	13.657 degs	1.526	1.562	1
1,2	14.436 degs	2.214	2.288	2
1,2	14.501 degs	2.085	2.154	2

Tabel 4. Enam unsur orientasi luar (EOP) objek lemari

Foto	Parameter					
	Xc	Yc	Zc	Omega	Phi	Kappa
1	0.551	0.061	-0.361	-9.089 deg	37.017 deg	5.475 deg
2	-0.477	0.042	0.261	-5.801 deg	-32.017 deg	1.883 deg
3	-0.396	0.032	0.215	-3.846 deg	-41.739 deg	0.959 deg
4	-0.554	0.034	0.325	-4.856 deg	-22.504 deg	1.873 deg
5	0.647	0.041	-0.371	-4.669 deg	27.143 deg	3.704 deg
6	0.499	0.048	-0.285	-7.907 deg	44.543 deg	4.608 deg
7	0.043	0.004	0.011	-0.136 deg	2.741 deg	0.254 deg

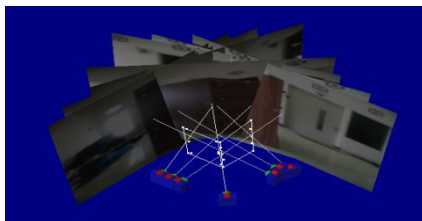
Tabel 5. Enam unsur orientasi luar (EOP) objek

Foto	Parameter						
	Xc	Yc	Zc	Omega	Phi	Kappa	
1 dan 2	1	-0.00003	-0.0006	-0.003	0.021 deg	-0.025 deg	-0.001 deg
	2	0.335	-0.011	-0.021	0.134 deg	0.988 deg	-0.705 deg
3 dan 4	3	0.003	-0.00002	0.0007	0.003 deg	0.095 deg	-0.023 deg
	4	0.861	-0.002	0.360	1.072 deg	3.167 deg	-0.982 deg
5 dan 6	5	-0.031	0.017	0.011	-0.718 deg	-1.094 deg	0.082 deg
	6	0.374	0.068	-0.103	-8.383 deg	1.185 deg	0.584 deg
6 dan 7	6	0.033	-0.011	-0.015	0.428 deg	1.189 deg	-0.006 deg
	7	0.392	-0.013	-0.432	5.154 deg	11.730 deg	1.053 deg

gundukan berumput

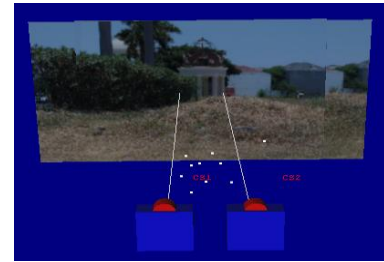
3. Pemodelan 3D Objek dan DSM

Setelah melakukan overlay atau pertampalan dari beberapa foto, baik itu objek lemari maupun gundukan berumput, diperoleh pemodelan objek secara 3 dimensi.

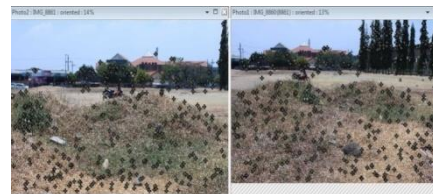


Gambar 3. Pemodelan 3D objek lemari dari 2 sisi

Sedangkan untuk objek gundukan berumput, tidak hanya dilakukan penandaan titik secara manual, melainkan juga dilakukan penandaan titik secara otomatis.



Gambar 4. Penandaan titik secara manual dan otomatis pada objek gundukan berumput



Gambar 5. Pemodelan 3D objek gundukan berumput

4. Volume Objek Lemari

Metode hitungan objek lemari adalah menggunakan rumus balok.

Tabel 6. Hasil Hitungan Volume Lemari

Metode Pengukuran	Panjang (m)	Lebar (m)	Tinggi (m)	Volume (m ³)
CRP	0.457	0.423	0.556	0.107
Roll Meter	0.400	0.400	1.200	0.192

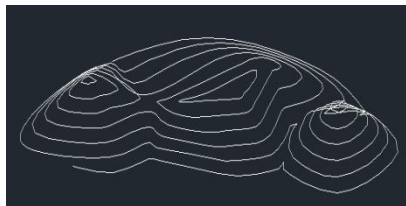
Dari hasil perhitungan volume menggunakan metode Close Range Photogrammetry (CRP), diperoleh volume sebesar 0.107 m³, sedangkan hasil perhitungan volume objek lemari metode roll meter adalah 0.192 m³. Dengan demikian hasil perbandingan antara metode CRP dengan perhitungan objek secara langsung menggunakan roll meter tidak terlalu jauh, yaitu sebesar 0.085 m³.

5. Pengolahan Data Thacymetri Objek Gundukan Berumput

Kerangka dasar untuk pengukuran menggunakan kerangka dasar yang telah tersedia di sekitar daerah yang akan dipetakan. Alat yang digunakan dalam pengukuran titik control objek dan titik detail adalah Electronic Total Stasion

Topcon. Pengamatan yang diambil yaitu data sudut horizontal, sudut zenith, dan jarak miring.

Untuk dapat memodelkan kontur dan bentuk 3D dari data yang telah diperoleh, minimum harus memiliki 2 permukaan. Dimisalkan permukaan 1 adalah data hasil pengukuran di lapangan dan permukaan 2 adalah data perencanaan yang memiliki elevasi maksimum dan elevasi minimum sama tinggi yaitu 0 meter.



Gambar 6. DSM Gundukan Berumput

6. Hitungan Volume Objek Gundukan Berumput

Untuk objek jenis tidak beraturan yaitu gundukan berumput, penentuan volume menggunakan metode thacymetri. Dalam kasus ini, harus terdapat 2 permukaan (*surface*).

Tabel 7. Hasil Hitungan Volume Gundukan Berumput Menggunakan ETS

volume cut (m ³)	162.165
volume fill(m ³)	0
volume hasil(m ³)	162.165
jumlah titik	653
elevasi minimum (m)	5.3
elevasi maksimum (m)	5.9
	1028.099 ;
koordinat minimum (x,y)	985.112
	1034.169 ;
koordinat maksimum (x,y)	992.718

PENUTUP

Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Parameter Orientasi Dalam kamera pada hasil kalibrasi kamera yaitu *focal length* = 24.790, posisi titik utama foto ($X_p ; Y_p$) = 18.021;12.197, dan koefisien distorsi lensa $K1 = 0.00015$, $K2 = 0$, $K3 = 0$, $P1 = 0.000017$, dan $P2 = 0.000022$
2. Pemodelan objek beraturan yang diwakili oleh lemari berhasil dilakukan, sementara itu objek yang tidak beraturan seperti gundukan berumput tidak berhasil dilakukan.
3. Volume objek lemari berdasarkan roll meter adalah 0.192 m³ dan berdasarkan CRP adalah 0.107 m³. Untuk objek gundukan berumput, berdasarkan hasil thacymetri 162.165 m³ dan berdasarkan CRP belum berhasil ditentukan. Perhitungan volume suatu objek dengan metode fotogrametri rentang dekat (CRP) merupakan alternatif yang kurang akurat untuk objek yang tidak beraturan.
4. Hasil Uji statistik pengukuran objek lemari dengan membandingkan metode Roll Meter dengan CRP memperoleh nilai $P = 0.394$, sehingga disimpulkan metode CRP untuk objek yang beraturan masih bisa dikatakan valid.

Saran

1. Untuk jenis objek yang tidak beraturan yaitu gundukan berumput, demi mendapatkan hasil orientasi relatif yang bagus seharusnya dipasang tanda atau titik kontrol di objek gundukan.
2. Pada objek lemari, karena perbandingan hitungan volume antara metode CRP dan menggunakan roll meter tidak terjadi perbedaan yang signifikan maka sebaiknya digunakan bentuk lemari yang lebih bervariasi atau yang berbeda ukuran untuk menguji ketelitian perangkat lunak photomodeler scanner.
3. Untuk penelitian selanjutnya, perangkat lunak photomodeler scanner tidak baik dalam proses pengolahan objek tidak beraturan tanpa titik kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson. 1996. *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. WhittlesPublishing. Scotland, UK.
- Cahyono, A.B. dan Hapsari, H.H. 2008. Petunjuk Praktikum Fotogrametri 1. Laboratorium Fotogrametri. Program Studi Teknik Geomatika, FTSP, ITS.
- Hanifa, R. 2007. *Studi Penggunaan Kamera Digital Low-Cost Non-Metrik AutoFocus untuk Pemantauan Deformasi*. Tesis. Program Studi Teknik Geodesidan Geomatika. Institut Teknologi Bandung.
- Institut Teknologi Telkom. 2008. Fotogrametri. Bandung. Gedung Learning Centre Kampus Institut Teknologi Telkom.
- Kusumadarma, A. 2008. *Aplikasi Close Range Photogrammetry dalam PemetaanBangun Rekayasa dengan Kamera Dijital Non Metrik Terkalibrasi*. TugasAkhir. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Bandung.
- Ma'ruf, M. 2003. *Perbandingan Digital Terrain Model (DTM) Jenis Grid DenganTriangulated Irregular Network (TIN)*. Tugas Akhir. Program Studi TeknikGeodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Bandung.
- Saleh, S. 1996. *Statistik Induktif*. UPP AMP YKPN. Yogyakarta.
- Setyadji, B. 2005. Hitung Perataan1. Program Studi Teknik Geodesi danGeomatika. Institut Teknologi Bandung.
- Yakara, M. and Yilmazb, H.M. 2008. *Using In Volume Computing Of DigitalClose Range Photogrammetry. The International Archives of thePhotogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol.XXXVII. Part B3b*. Beijing.
- Wolf, P.R. 1974. *Elemen Fotogrametri Dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh*. Madison : McGraw-Hill.