

**3D MODELLING OBYEK KERAPATAN TINGGI MENGGUNAKAN METODE  
FOTOGRAMETRI JARAK DEKAT  
(STUDI KASUS: PATUNG PANDAWA PERUMAHAN PANDAWA, KOTA MALANG)**

Didik Sujadi <sup>a,\*</sup>, M. Edwin Thajadi. <sup>a</sup>, Silvester Sari Sai <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang  
[didiksujadi95@gmail.com](mailto:didiksujadi95@gmail.com)

**ABSTRAKSI:**

Fotogrametri jarak dekat menggunakan prinsip dasar pengukuran tumpang tindih antar foto dengan sudut pandang yang berbeda dan pengukuran orientasi kamera. Model tiga dimensi yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh banyaknya area tampalan antar foto. Kalibrasi pada kamera non metrik menggunakan bantuan komputerisasi sehingga dapat diketahui parameter kamera dan lokasi kamera, selanjutnya didapat nilai hasil pengukuran orientasi kamera.

Metode fotogrametri jarak dekat menggunakan kamera non metrik dapat digunakan untuk pemodelan 3D yang sesuai dengan bentuk asli objek. Berdasarkan hasil kalibrasi kamera yang didapatkan, nilai parameter kalibrasi antara Agisoft dan Photomodeler tidak memiliki selisih yang jauh. Selisih terbesar ada pada parameter Format Widht (fw) yaitu -0.91 mm dan selisih terkecil pada parameter Radial Distortion (K3) dengan 0.00 mm atau tanpa ada selisih. Sedangkan kualitas dari kenampakan permukaan 3D, Agisoft memiliki hasil yang lebih menyerupai bentuk asli patung pandawa. Sedangkan Photomodeler Scanner masih kurang baik, hal ini dikarenakan pada photomodeler memiliki masalah pada proses orientasi karena paralaks angle foto terlalu sempit dan harus dilakukan proses referencing target pada setiap foto.

**KATA KUNCI:** fotogrametri jarak dekat, 3 dimensi, Agisoft Photoscan, Photomodeler Scanner, Kalibrasi kamera.

---

## **Pendahuluan**

### **1. Latar Belakang**

Pentingnya bangunan bersejarah di kota besar seperti Kota Malang ini memang sangat besar, bangunan bersejarah yang masih layak biasanya dapat difungsikan untuk berbagai kepentingan, antara lain difungsikan sebagai museum, kantor instansi, objek wisata dan penelitian, dan lain lain.

Perlu dilakukan pelestarian, guna menjaga bangunan bangunan bersejarah tersebut agar tidak rusak dan hilang keberadaannya oleh zaman. Dalam kaitannya dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis, langkah rekonstruksi dan konservasi merupakan langkah penting yang dapat dilakukan untuk upaya pelestarian bangunan bersejarah di kota Malang (Wahyuananto, Prasetyo, Sasmito, 2015).

Rekonstruksi dan konservasi biasanya mengacu pada dokumentasi bangunan tersebut sebelum terjadi perubahan. Pendokumentasian tersebut tidak hanya terbatas untuk mengetahui dimensi geometri bangunan, namun juga terkait dengan seberapa besar perubahan dimensi geometri bangunan yang terjadi dalam kurun waktu tertentu. Pemanfaatan teknologi Electronic Total Station (ETS) memberikan ketelitian sangat tinggi untuk pendokumentasian suatu bangunan bersejarah, namun teknologi ini memerlukan biaya yang sangat mahal. Sehingga diperlukan suatu metode alternatif untuk memperoleh ketelitian yang tinggi dengan biaya yang relatif murah. Metode yang digunakan untuk menekan biaya yang tinggi adalah metode fotogrametri jarak dekat (Close Range Photogrammetry) (Wahyuananto, Prasetyo, Sasmito, 2015).

Fotogrametri rentang dekat menggunakan prinsip dasar pengukuran tumpang tindih antar foto dengan sudut pandang yang berbeda dan pengukuran orientasi kamera. Model tiga dimensi yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh banyaknya area tampalan antar foto. Kalibrasi pada kamera non metrik menggunakan bantuan komputerisasi sehingga dapat diketahui parameter kamera dan lokasi kamera, selanjutnya didapat nilai hasil pengukuran orientasi kamera (Aulejtner, 2011 dalam Brahmantara, 2017).

Untuk mendukung rencana pelestarian pada bangunan bersejarah dan berkembangnya ilmu fotogrametri, diharapkan aplikasi fotogrametri jarak dekat dapat digunakan untuk pelestarian bangunan bersejarah di Kota Malang

### **2. Rumusan Masalah**

Bagaimana melakukan pemodelan 3D objek menggunakan Agisoft Photoscan dan Photomodeller Scanner dengan metode Fotogrametri Jarak Dekat secara tepat dan terstruktur.

### **3. Tujuan dan Manfaat**

Adapun tujuan dan manfaat dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menerapkan metode fotogrametri jarak dekat menggunakan kamera digital non metrik untuk pemodelan 3D Patung Pandawa.
2. Membandingkan hasil kalibrasi otomatis dan hasil kenampakan permukaan 3D dari kedua software tersebut.
3. Manfaat dari penelitian ini diharapkan menjadikan solusi alternatif pemodelan 3D Objek dalam mendukung bidang survei pemetaan secara efektif dan efisien

### **4. Lokasi**

Patung Pandawa Perumahan Pandawa, Kota Malang

## **Naskah Utama**

### **1. Metode**

Fotogrametri terestrial merupakan suatu cabang penting ilmu fotogrametri. Ilmu ini mempelajari foto yang dibuat dengan kamera yang terletak pada permukaan bumi. Kamera dapat dipegang tangan, dipasang pada kaki kamera atau dipasang pada menara ataupun dengan alat penyangga lain yang dirancang secara khusus. Istilah "fotogrametri jarak dekat" pada umumnya digunakan untuk foto terestrial yang mempunyai jarak objek sampai dengan 300 meter. Berbeda dengan foto udara, kamera foto terestrial biasanya mudah dicapai sehingga dapat dilakukan pengukuran langsung untuk memperoleh posisi pemotretan. Orientasi kesudutan kamera biasanya dapat juga diukur atau disetel pada nilai-nilai tertentu sehingga semua unsur orientasi luar foto terestrial pada umumnya diketahui dan tidak perlu dihitung. Parameter-parameter orientasi luar yang diketahui ini merupakan sumber kontrol bagi foto terestrial, dengan mengganti seluruh atau sebagian yang perlu untuk meletakkan titik kontrol di dalam ruang objek (Wolf, 1993).

Agisoft merupakan sebuah perangkat lunak yang diproduksi oleh Agisoft LCC tahun 2006. Perusahaan riset yang inovatif bergerak di bidang teknologi komputer dalam algoritma pengolahan citra dengan teknik fotogrametri digital. Produk-produk agisoft diantaranya agisoft photoscan, agisoft lens, agisoft stereo. Agisoft Lens, software yang digunakan untuk kalibrasi kamera otomatis dengan target kalibrasi di layar LCD. Agisoft StereoScan, digunakan dalam pembuatan model 3D dari pasangan gambar stereo. Agisoft PhotoScan

digunakan untuk membangun rekonstruksi 3D, visualisasi, survei dan tugas pemetaan (RoseGIS, 2017)

Agisoft PhotoScan adalah solusi pemodelan 3D berbasis gambar canggih yang bertujuan menciptakan profesional konten 3D berkualitas dari gambar diam. Berdasarkan teknologi rekonstruksi 3D multi-view terbaru, itu beroperasi dengan gambar arbitrary dan efisien dalam kondisi terkontrol dan tidak terkontrol. Foto bisa diambil dari posisi apa pun, asalkan objek yang akan direkonstruksi terlihat pada setidaknya dua foto. Penyelarasan gambar dan rekonstruksi model 3D sepenuhnya otomatis. (Agisoft LLC, 2016)

PhotoModeler Scanner adalah aplikasi perangkat lunak (software) yang dibuat oleh Eos System Inc yang tergabung dalam Windows Corporation (Setyadi 1998). Perangkat lunak ini digunakan untuk menghasilkan ukuran dan model 3D yang akurat dari pengukuran dengan fotografi yang telah diubah menjadi format digital. Proses tersebut dinamakan dengan photo-based 3D scanning. Proses ini menghasilkan titik-titik pada model permukaan/ dense surface modelling (DSM) yang disebut dengan point cloud. Untuk dapat membentuk model 3D pada PhotoModeler Scanner perlu dilakukan beberapa langkah pekerjaan di mulai dari orientasi dalam, marking (penandaan), referencing dan processing (PhotoModeler Scanner Help).

Kamera non-metrik tidak mempunyai lensa yang sempurna, sehingga proses perekaman yang dilakukan akan memiliki kesalahan. Oleh karena itu perlu dilakukan pengkalibrasian kamera untuk dapat menentukan besarnya penyimpangan-penyimpangan yang terjadi. Kalibrasi kamera dilakukan untuk menentukan parameter internal kamera (IOP) meliputi principal distance ( $c$ ), titik pusat fidusial foto ( $x_0$ ,  $y_0$ ), distorsi lensa ( $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ,  $P_1$  and  $P_2$ ), serta distorsi akibat perbedaan penyekalaan dan ketidak ortogonal antara sumbu X dan Y ( $b_1$ ,  $b_2$ ) (Fraser, 1998 dalam Hanifa 2007). Distorsi lensa dapat menyebabkan bergesernya titik pada foto dari posisi yang sebenarnya, sehingga memberikan ketelitian pengukuran yang tidak baik, namun tidak mempengaruhi kualitas ketajaman citra yang dihasilkan. Distorsi lensa dapat dibagi menjadi distorsi radial dan distorsi tangensial.

Distorsi radial adalah pergeseran linier titik foto dalam arah radial terhadap titik utama dari posisi idealnya. Distorsi lensa biasa diekspresikan sebagai fungsi polinomial dari jarak radial ( $dr$ ) terhadap titik utama foto (Wigrata, 1986).

Distorsi tangensial atau distorsi decentric adalah pergeseran linier titik di foto pada arah

normal (tegak lurus) garis radial melalui titik foto tersebut. (Wigrata, 1986 dalam Hanifa 2007). Distorsi tangensial disebabkan kesalahan centering elemen-elemen lensa dalam satu gabungan lensa dimana titik pusat elemen-elemen lensa dalam gabungan lensa tersebut tidak terletak pada satu garis lurus. Pergeseran ini biasa dideskripsikan dengan 2 persamaan polinomial untuk pergeseran pada arah  $x$  ( $\delta x$ ) dan  $y$  ( $\delta y$ ) (Atkinson, 1996 dalam Hanifa, 2007).

Pemodelan adalah membentuk suatu benda-benda atau objek. Membuat dan mendesain objek tersebut, sehingga terlihat seperti bentuk aslinya. Sesuai dengan objek dan basisnya, proses ini secara keseluruhan dikerjakan didalam komputer. Melalui konsep dan proses desain, keseluruhan objek dapat diperlihatkan secara 3 dimensi, sehingga banyak yang menyebut hasil ini sebagai pemodelan 3D. Model 3D dapat terbentuk, baik menggunakan metode image based rendering, image based modelling, range based modelling, maupun combination of image and range based modeling. Sebagai contoh lain hasil pemodelan 3D menggunakan teknik image based modelling yang pelaksanaannya menggunakan teknik close range photogrammetry (Nalwan, 1998 dalam Herianto, 2013).

Dalam bidang grafik, pemodelan 3D adalah proses membangun representasi secara matematis dari setiap permukaan tiga-dimensi suatu objek menggunakan perangkat lunak khusus. Jika yang dimodelkan adalah objek nyata, maka objek tersebut diukur atau diamati dengan teknologi survey. Data berupa point cloud sering disebut data tidak terstruktur, sementara representasi model 3D biasanya disebut sebagai data terstruktur seperti model solid (contoh: Constructive Solid Geometry) maupun model permukaan (contoh: Polygonal Mesh). Dengan demikian, bisa juga dikatakan bahwa pemodelan 3D adalah mengubah data tidak terstruktur menjadi terstruktur (Suwardhi1, Mukhlisin1, Darmawan1, Trisyanti1, Brahmantara, Suhartono, 2016).

Tekstur dapat ditentukan secara otomatis dengan memilih gambar yang memiliki visibilitas terbaik atau manual dengan memilih surface (permukaan) yang tepat pada gambar yang diinginkan (Ildar, 1999). Banyak aplikasi dengan jumlah titik yang banyak, seperti pelacakan partikel atau kabut, cloud, data dapat divisualisasikan hanya dengan menggambar sampel. Namun untuk beberapa benda terutama yang memiliki point clouds yang jarang, teknik ini tidak memberikan gambaran yang akurat dan tidak memberikan visualisasi yang realistis. Selain itu, visualisasi

model 3D sering kali menjadi satu-satunya produk yang menarik bagi dunia luar dan menjadi satu-satunya kemungkinan yang berkaitan dengan model. Oleh karena itu, visualisasi yang realistis dan akurat sering diperlukan.

Umumnya setelah penciptaan poligonal mesh, hasilnya divisualisasikan dengan dalam bentuk wire-frame, shaded, dan teksturing. Dalam komunitas fotogrametri, banyak upaya visualisasi model 3D telah dibuat pada awal tahun 1990-an. Benda-benda kecil seperti mobil dan wajah manusia, serta benda-benda arsitektur, ditampilkan dalam model wire-frame atau orthophoto statis. Dengan kemajuan kecepatan, kapasitas memori dan kemampuan grafis komputer, model 3D geometris lengkap dengan tekstur sekarang menjadi umum untuk representasi foto realistis. Dalam pemetaan tekstur, gambar berwarna dipetakan ke permukaan geometris 3D dengan mengetahui parameter interior dan eksterior orientasi gambar, koordinat gambar, yang sesuai dan dihitung disetiap titik sudut segitiga pada permukaan 3D. Kemudian nilai RGB warna dalam segitiga diproyeksikan melat ke permukaan. Berikut merupakan gambaran model 3D setelah dilakukan texturing.

## 2. Alat dan Bahan

Dalam melaksanakan sebuah penelitian diperlukan alat dan bahan penelitian. Alat dan bahan yang digunakan terdiri dari perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Spesifikasi dari perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut :

1. Perangkat keras (Hardware)
  - a. Kamera Canon Mirrolles m10
  - b. Pita ukur
  - c. Leptop Lenovo 4000S untuk pengolahan data dan penulisan laporan.
  - d. Printer (Epson L120)
2. Perangkat lunak (Software)
  - a. Sistem Operasi Komputer Berbasis Windows 7 64-bit
  - b. Agisoft Photoscan Pro V.1.2.4 Digunakan untuk proses 3D modelling Objek
  - c. Photomodeller Scanner UAS 2016 Digunakan untuk proses 3D modelling Objek
  - d. Microsoft Office 2010

## 3. Data dan Bahan

Sedangkan data bahan yang digunakan dalam penelitian, antara lain sebagai berikut:

1. Data foto patung Pandawa, Perumahan Pandawa, kecamatan Lowokwaru Kota Malang yang diperoleh dari kamera Cannon

Mirolles M10 dengan jarak pemoteratn dari objek sekitar  $\pm 2$  meter dengan tinggi bervariasi 1-3 meter.

2. Hasil pengukuran jarak antara titik retno menggunakan pita ukur yang akan dijadikan acuan validasi objek.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pada hasil kalibrasi pada kedua software tidak jauh berbeda nilai parameter kalibrasi kamera yang didapatkan.berikut tabel perbandingan nilai parameter kalibrasi.

Data yang berupa parameter kalibrasi ini selanjutnya digunakan untuk melakukan pemrosesan didalam software photomodeller scanner dan Agisoft Photoscan. Data hasil pemotretan objek selanjutnya akan dikoreksi dengan parameter kalibrasi kamera untuk menghilangkan distorsi yang ada.

Tabel 4.4 Perbandingan hasil kalibrasi

No	Parameter	Agisoft	Photomodeler	Selisih
1	<i>Focal length (c)</i> (mm)	15.127	15.478	- 0.351
2	<i>Principal point x (xp)</i> (mm)	10.638	11.108	- 0.470
3	<i>Principal point y (yp)</i> (mm)	5.719	6.105	- 0.386
4	<i>Format width (fw)</i> (mm)	21.396	22.314	- 0.918
5	<i>Format height (fh)</i> (mm)	12.047	12.520	- 0.474
6	<i>Radial distortion 1 (K1)</i>	0.002	0.001	0.001
7	<i>Radial distortion 2 (K2)</i>	- 0.00001	0.00000	-0.00001
8	<i>Radial distortion 3 (K3)</i>	0.00000	0.00000	0.00000
9	<i>Decentering distortion 1 (P1)</i>	- 0.00001	0.00006	-0.00007
10	<i>Decentering distortion 2 (P2)</i>	0.00011	-0.00012	0.00023

Setelah pemrosesan foto yang dilakukan, didapatkan hasil pembentukan model 3D yang mendekati sama dalam artian tidak terdapat perbedaan signifikan dalam perubahan bentuk geometrik model 3D. Pembentukan model 3d menggunakan data sebanyak 117 foto. Dari pembentukan model tiga dimensi objek patung pandawa menghasilkan data mesh. Hasil tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.5 sebagai berikut.



(Depan)



(Samping Kiri)

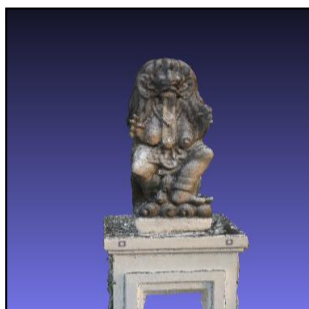


(Belakang)



(Samping Kanan)

Gambar 4.6 hasil 3d Agisoft Photoscan Texture



(Depan)



(Samping Kiri)



(Belakang)



(Samping Kanan)

Gambar 4.7 Hasil 3d photomodeler quality texture

Dari hasil visual 3 dimensi diatas terdapat perbedaan kualitas dari hasil bentuk 3 dimensi yang didapatkan. Dari segi bentuk dan tekstur visual 3 dimensi dari Agisoft Photoscan lebih mendekati bentuk asli dari patung pandawa, Sedangkan dari Photomodeler Scanner masih memiliki banyak bolongan dan tekstur dari objek masih buruk hal ini dikarenakan pada saat proses pada photomodeler scanner memiliki masalah orientasi karena sudut pengambilan foto yang terlalu sempit dan harus dilakukan proses referencing target pada setiap foto.

Proses Uji validasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar selisih ukuran objek patung Pandawa dengan ukuran sebenarnya dilapangan. Nilai ukuran pada objek 3D didapatkan dari Proses scale object supaya ukuran objek sesuai dengan keadaan lapangan. Pada penelitian ini menggunakan 6 titik referensi yang akan diukur jaraknya menggunakan meteran. Berikut ini hasil tampilan titik marking dan hasil skala pada kedua software tersebut.

Tabel 4.5 Hasil Perataan Berkas dengan kontrol skala pada Agisoft

No	Label	Distance (m)		Error (m)
		Lapangan	Agisoft	
1	Point 1-point 2	0.35	0.346348	-0.003652
2	Point 3-point 4	0.505	0.496789	-0.008211
3	Point 5-point 6	0.357	0.352665	-0.004335
<b>RMSE Total</b>				<b>0.005761</b>

Tabel 4.6 Hasil Perataan Berkas dengan kontrol skala pada Photomodeler

No	Label	Distance (m)		Error (m)
		Lapangan	Photomodeler	
1	Point 1-point 2	0.35	0.34977	-0.0002
2	Point 3-point 4	0.505	0.50265	-0.0023
3	Point 5-point 6	0.357	0.355114	0.00188
<b>RMSE Total</b>				<b>0.00148</b>

Hasil pemodelan tiga dimensi dengan control menggunakan skala diperoleh nilai total error dibawah 1 cm, yaitu sebesar 0.005761 atau sekitar 5 mm pada software Agisoft Photoscan dan pada Photomodeler Scanner sebesar 0.0014887 atau sekitar 1.5 mm. Nilai yang cukup kecil tersebut dipengaruhi oleh beberapa kondisi dimana kamera yang digunakan lebih stabil, foto yang dihasilkan memiliki resolusi tinggi.

### Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian yang berjudul “3D Modeling Objek Kerapatan Tinggi Menggunakan Metode Fotogrametri Jarak Dekat” diantaranya sebagai berikut:

1. Metode fotogrametri jarak dekat menggunakan kamera non metrik dapat digunakan untuk pemodelan 3D yang sesuai dengan bentuk asli objek.
2. Berdasarkan hasil kalibrasi kamera yang didapatkan, nilai parameter kalibrasi antara Agisoft dan Photomodeler tidak memiliki selisih yang jauh. Selisih terbesar ada pada parameter Format Widht (fw) yaitu -0.91 mm dan selisih terkecil pada parameter Radial Distortion (K3) dengan 0.00 mm atau tanpa ada selisih.
3. Berdasarkan kualitas dari kenampakan permukaan 3D, Agisoft memiliki hasil yang lebih menyerupai bentuk asli patung pandawa. Sedangkan Photomodeler Scanner masih kurang baik, hal ini dikarenakan pada photomodeler memiliki masalah pada proses orientasi dikarena paralaks angle foto terlalu sempit dan harus dilakukan proses referencing target pada setiap foto.

4. Berdasarkan kualitas geometrik, photomodeler Scanner menghasilkan nilai RMSE yang lebih baik yaitu 1.5 mm, nilai yang cukup kecil jika dibandingkan dengan Agisoft yaitu sebesar 5 mm.

### Refrensi

- Atkinson. 1996. *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Whittles Publishing. Scotland, UK.
- Atkinson. 1980. *Developments in Close Range Photogrammetry-1*. Applied Science Publishers. London.
- Bern, M. W. and Eppstain, D., 1992. *Mesh generation and optimal triangulation*. Chapter 1 in Computing in Euclidean Geometry (Eds. D.-Z. Du and F. K. Hwang). World Scientific, River Edge, New Jersey. Lecture Notes Series on Computing, Vol 1, 385 pages: 23-9.
- Cooper, M.A.R., and Robson, S., 1996, “Theory of Close Range Photogrammetry”, Atkinson, K.B., *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*, ISBN 1-870325-46-X, Whittles Publishing, Scotland.
- Debevec, P. E. and Malik, J., 1997. *Recovering high dynamic range radiance maps from photographs*. ACM Proceeding of SIGGRAPH 97, Los Angeles, California, 3<sup>rd</sup> to 8<sup>th</sup> August 1997. 491 pages: 369-378.
- Habib, A., Detchev, I. and Bang, K.I., 2010a. *Comparative Analysis of Two Approaches for Multiple-Surface Registration of Irregular Point Clouds*. *International Archive of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVIII(part 1).
- Hanifa, Nuraini Rahma. 2007. *Studi Penggunaan Kamera Digital Low-Cost Non-Metrik Auto-Focus Untuk Pementauan Deformasi*. Tesis Magister. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika. Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung: Bandung.
- Herianto. 2013. *Studi Pembuatan Model Tiga Dimensi (3D) Dengan Teknik Close Range Photogrammetry*. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Malang: Malang
- Ildar V. Valiev. 1999. *3D Recontruction of architectural objects from photo*. *The 9<sup>th</sup> International conference on computer graphics and vision*, Moscow, Russia, Aug 26-sep 1.
- Nalwan, A. (1998). *Pemrograman Animasi dan Game Profesional*. Jakarta: Elex Media Komputindo

- Pullivelli, Anoop. 2005. *Low-Cost Digital Cameras: Calibration, Stability Analysis, and Applications*. Tesis Magister Departemen of Geomatics Engineering. University of Calgary. <http://www.geomatics.ucalgary.ca/links/GradTheses.html>.
- Remondino, F. and Niederoet, J., 2004. *Generation of high-resolution mosaic for photo-realistic texture mapping of cultural heritage 3D models*. Proceedings of the 5<sup>th</sup> International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage (VAST04), Brussels, Belgium, 7<sup>th</sup> to 10<sup>th</sup> December 279 pages: 85-92.
- Remondino, F., Guarnieri, A. and Vettore, A., 2005. *3D modeling of close-range objects: photogrammetry or laser scanning?* Proceedings of SPIE-IS&T Electronic Imaging: Videometric VIII, San Jose, California. Vol. 5665, 374 pages: 216-225.
- Santoso, B. 2004a. *Review Fotogrametri : Teknik Pengadaan Data & Sistem Pemetaan*. Program Magister Departemen Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Bandung.
- Wigrata, H.. 1986. *Kalibrasi Besaran-besaran Panjang Fokus dan Distorsi Lensa pada Kamera Non-Metrik*. Skripsi Sarjana Departemen Teknik Geodesi ITB. Bandung.
- Winkelbach, S. and Wahl, F. M., 2001. *Shape from 2D edge gradient*. Proceeding of the 23<sup>rd</sup> DAGM Symposium on Pattern Recognition. Springer, Berlin. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2191, 384.
- Wolf, P.R. 1993. *Element of Photogrammetry, Dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh*. Gadjah Mada University Press.
- Wolf, P. R., and B. A. Dewitt. 2000. *Elements of photogrammetry*. McGraw-Hill, New York, New York, USA.
- [www.photomodeller.com](http://www.photomodeller.com)