

## APLIKASI FOTOGRAMETRI JARAK DEKAT UNTUK PEMODELAN 3D TUGU MUDA SEMARANG

Noviar Afrizal Wahyuananto, Yudo Prasetyo, Bandi Sasmito<sup>\*)</sup>

Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang, Semarang, Telp. (024) 76480785, 76480788  
e-mail: [geodesi@undip.ac.id](mailto:geodesi@undip.ac.id)

### ABSTRAK

Objek pemetaan dipermukaan bumi sebagian besar merupakan objek tiga dimensi, oleh karena itu saat ini mulai dibutuhkan peta tiga dimensi. Data dasar yang digunakan untuk melakukan pemodelan objek tiga dimensi harus memiliki tingkat ketelitian yang baik dan geometri yang baik juga.

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode fotogrametri jarak dekat untuk pemodelan 3D Tugu Muda Semarang menggunakan kamera digital non metrik. Untuk tahapan pelaksanaan penelitian terbagi atas tahapan kalibrasi kamera, pemotretan objek, pengolahan model 3 dimensi. Untuk proses kalibrasi didapatkan angka 80% memenuhi syarat kalibrasi.

Untuk pengambilan data foto dilapangan sebanyak 96 foto dan pengolahan data pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak *PhotoModeler Scanner 2013* dan *Summit Evolution* sebagai perbandingan uji statistik titik geometrik dengan *Electronic Total Station*. Tahap pemodelan bangunan terdiri dari *Automated Project*, proses hitungan dan pembuatan model 3D, transformasi koordinat 3D, visualisasi model 3D dan analisis statistik 24 titik geometrik.

Hasil akhir dalam penelitian ini adalah model tiga dimensi Tugu Muda Semarang. Pengujian hasil pengolahan model 3D dilakukan dengan pengujian perbandingan jarak yang diikatkan dari pengukuran *Electronic Total Station*, nilai standar deviasi dari perbandingan jarak dengan *Electronic Total Station* sebesar 0,101 meter.

**Kata Kunci :** Fotogrametri Jarak Dekat, Pemodelan Tiga Dimensi, Tugu Muda, Kamera Digital Non Metrik, *PhotoModeler Scanner*.

### ABSTRACT

*The earth's surface object mapping is largely a three dimensional (3D) object, therefore at this time has began to take a three dimensional map. The basic data used to perform modeling three dimensional objects must have a good level of precision and good geometry precision .*

*In this research, the methods used are the close range photogrammetry method for modeling 3D of Tugu Muda using digital cameras non metric. For this phase of the research is divided into stages cameras calibration, object photo shoot, 3D model processing. For the calibration process obtained 80% qualified calibration.*

*For the real photo data capture as many as 96 images and data processing on this research using PhotoModeler Scanner and Summit Evolution a comparative statistical test geometric with Electronic Total Station. The Modeling stage consists of Automated Project, process counts and the creation of models, 3D coordinate transformations, 3D model visualization and 24 geometric points statistical analysis.*

*The final results in this research are 3D model Monument of Tugu Muda Semarang. Testing of the results in 3D modelling processing was done by comparing the 3D model distance referenced to Electronic Total Station measurement. The comparison of the standard deviation value with the Electronic Total Station measurement is 0,101 meters.*

**Keyword:** Close range photogrammetry, 3D model, Tugu Muda Monument, Non-Metric Digital Camera, *PhotoModeler Scanner*.

<sup>\*)</sup> Penulis PenanggungJawab

**I. PENDAHULUAN**

**I.1 Latar Belakang**

Pentingnya bangunan bersejarah di kota besar seperti Semarang 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.

Oleh sebab itu 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 Semarang.

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*).

Metode fotogrametri jarak dekat mempunyai konsep yang sama dengan konsep dasar fotogrametri aerial, yang membedakannya adalah kajian objek yang diteliti. Metode fotogrametri jarak dekat dapat digunakan jika jarak antara objek dengan kamera kurang dari 100 meter. Hasil dari metode fotogrametri jarak dekat tidak terlalu jauh dengan metode *ETS*. Untuk mengolah hasil fotogrametri jarak dekat dapat menggunakan perangkat lunak *PhotoModeler Scanner V.6.2*

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

**I.2 Perumusan Masalah**

Permasalahan yang muncul dari latar belakang penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana melakukan pemodelan 3D untuk Tugu Muda menggunakan *ETS* dan *PhotoModeler 2013* dengan metode Fotogrametri Jarak Dekat secara tepat dan terstruktur ?
2. Bagaimana melakukan analisis ketelitian pemodelan 3D *PhotoModeler* dan *Summit*

*Evolution v.6.4* bangunan Tugu Muda melalui proses validasi hasil pengukuran geometrik menggunakan alat *Electronic Total Station (ETS)* ?

**I.3 Ruang Lingkup Permasalahan**

Untuk Menjelaskan permasalahan yang akan dibahas dan agar tidak terlalu jauh dari kajian masalah, maka penelitian ini akan dibatasi pada hal-hal berikut :

- a. Bangunan bersejarah yang dimaksud adalah bangunan bersejarah yang berupa tugu, yaitu Tugu Muda Semarang, Jawa Tengah. Lokasi ini terletak pada koordinat  $6^{\circ} 59' 2'' S, 110^{\circ} 24' 37.6'' E$ .
- b. Perbandingan ketelitian data ukuran menggunakan data hasil pengukuran *Electronic Total Station (ETS)*.
- c. Secara spesifik penelitian ini hanya difokuskan pada Tugu Muda dan Lingkaran kecil di dalamnya.
- d. Pengukuran 24 titik geometrik pada bangunan Tugu Muda menggunakan *Electronic Total Station (ETS)*



Gambar 1.1. Gambar Area Penelitian Tugu Muda

**I.4 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Menerapkan metode fotogrametri rentang dekat menggunakan kamera digital non metrik untuk pemodelan bangunan Tugu Muda Semarang.
- b. Analisis ketelitian metode fotogrametri rentang dekat dengan hasil pengukuran *Electronic Total Station (ETS)*.

**I.5 Manfaat Penelitian**

- a. Segi Keilmuan : Penelitian ini dapat memberikan masukan terhadap metode pemodelan 3D menggunakan pendekatan fotogrametri rentang dekat untuk ke depannya.
- b. Segi Kerekayasaan : Penelitian ini diharapkan mampu memberikan alternatif teknologi pemodelan 3D yang lebih murah, lebih mudah dan

lebih efisien untuk dapat diterapkan oleh masyarakat umum.

**I.6 Metodologi Penelitian**

1. Persiapan

Tahap awal penelitian ini meliputi kegiatan studi literatur, tahap lain yang perlu dilakukan adalah suvey lokasi dan objek yang diteliti serta persiapan alat-alat yang akan digunakan pada saat dilapangan.

2. Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data merupakan proses lanjutan dari tahap persiapan. Dalam tahap ini, segala data yang telah direncanakan dikumpulkan untuk nantinya akan diolah. Data yang dimaksud adalah foto objek, titik kontrol dan titik sekutu objek yang diteliti.

3. Pengolahan Data

Pengolahan data dimulai dari *marking* dan *referencing* yang dilakukan dengan menggunakan *software PhotoModeler Scanner 2013* dan selanjutnya proses permodelan objek menjadi 3D dan memasukan titik koordinat. Titik koordinat terdiri dari titik kontrol dan titik sekutu bangunan. Untuk proses *editing* dilakukan pada *software google sketchup 2015* sehingga formatnya harus di *export* dalam bentuk *.3ds*

4. Pengolahan Data

Pengolahan data dimulai dari *marking* dan *referencing* yang dilakukan dengan menggunakan *software PhotoModeler Scanner V.6.2* dan selanjutnya proses permodelan objek menjadi 3D dan memasukan titik koordinat. Titik koordinat terdiri dari titik kontrol dan titik sekutu bangunan. Untuk proses *editing* dilakukan pada *software AutoCAD 2007* sehingga formatnya harus di *export* dalam bentuk *3D Studio (.3ds)*.

5. Analisa dan Kesimpulan

Pada hasil akhir ini dilakukan analisa tentang ketelitian penggunaan metode fotogrametri jarak dekat, perbandingan ketelitian menggunakan hasil ukuran *Electronic Total Station (ETS)*.

**I.7 Bangunan Bersejarah Tugu Muda**

Salah satu tempat bersejarah di Semarang adalah Tugu Muda yang terletak di jantung kota. Tugu ini dibangun untuk mengenang perjuangan pemuda Semarang dalam mempertahankan kemerdekaan melawan Jepang yang terkenal dengan peristiwa Pertempuran 5 Hari di Semarang. Monumen ini mengingatkan pada peristiwa heroik Pertempuran 5 Hari di Semarang melawan tentara Jepang tahun yang silan. Monumen Tugu Muda dibangun untuk memperingati pertempuran yang terjadi di Semarang pada 14 hingga 18 Oktober 1945 selama 5 han. Sebagai bukti mereka kala itu dengan Semangat Berani Mati mempertahankan kemerdekaan negara yang baru beberapa pekan di Proklamasi di Jakarta. Saat itu, 8 polisi istimewa yang menjaga tandon air di Wungkau diserang tentara Jepang. Para polisi ini

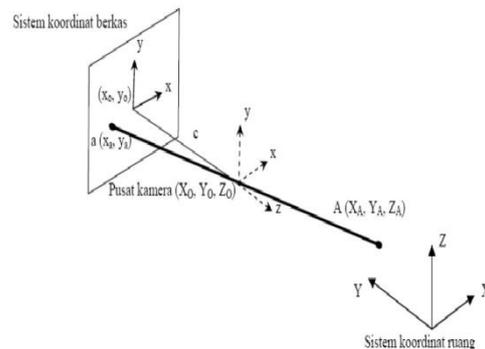
ditangkap dilucuti dan disiksa di Markas Kidobutai, di Jatingaleh. Peristiwa ini memicu keberanian pemuda pemudi Semarang yang bahu membahu bersama Tentara BKR melakukan serangan balasan hingga meletus pertempuran.

Bangunan bersejarah yang unik dan masih kokoh inilah, barangkali merupakan salah satu saksi bisu gugurnya pemuda dan pejuang Semarang putra terbaik bangsa kala itu. Keberanian para pejuang Semarang dan kebengisan tentara Jepang kala itu, sebagian tergambar dalam diorama yang diukir di bagian bawah Tugu Muda. Sebagai sarana pendukung, untuk mengingat terjadinya Pertempuran 5 Hari Semarang, di sebelah Tugu Muda juga berdiri kokoh bangunan museum milik Kodam IV Diponegoro yang mendokumentasikan peristiwa heroik keberanian pemuda Semarang melawan penjajahan Jepang.

**I.8 Prinsip Dasar Fotogrametri Jarak Dekat**

Foto udara dianggap merupakan proyeksi sentral, dengan kamera sebagai pusat proyeksi. Oleh karena itu setiap titik objek selalu dihubungkan oleh garis sinar ke titik yang bersesuaian pada foto, melalui kamera. Keadaan segaris antara titik obyek yang diamati, foto dan kamera di wujudkan oleh persamaan yang sangat dikenal dan sangat penting, yang disebut persamaan kolinier (*collinearity equation*) (Soeta'at, 1994).

Pada teknik fotogrametri jarak dekat pengukuran terhadap suatu objek dilakukan terhadap hasil perekaman dari beberapa alat sensor. Pada saat sebuah foto diambil, berkas sinar dari objek akan menjalar menyerupai garis lurus menuju pusat lensa kamera hingga mencapai bidang film. Kondisi dimana titik objek pada bidang foto terletak satu garis dalam ruang dinamakan kondisi kesegarisan berkas sinar atau kondisi kolinearitas. Dapat dilihat pada gambar 1.1



Gambar 1.2. Prinsip Kondisi Kesegarisan Berkas Sinar atau Kondisi Kolinearitas (Atkinson, 1996)

**I.9 Kalibrasi Kamera**

Kalibrasi kamera adalah proses menentukan parameter internal dari sebuah kamera. Parameter internal dibutuhkan untuk dapat merekonstruksi ulang

berkas- berkas sinar pada saat pemotretan dan untuk mengetahui besarnya kesalahan sistematik dari sebuah kamera.

Proses kalibrasi ini dilakukan untuk mencari parameter intrinsik dan parameter ekstrinsik menggunakan *image* 2D suatu objek, yang dikorespondensikan dengan koordinat 3D objek tersebut, dengan kata lain korespondensi ini merupakan transformasi antar sistem koordinat. Beberapa parameter tersebut antara lain, *focal length*, titik pusat koordinat, resolusi, rotasi kamera, ditorsi lensa. Untuk keperluan fotogrametri teliti posisi tanda tepi, bersama-sama dengan titik tengah foto, panjang fokus dan distorsi lensa harus ditentukan dengan cara kalibrasi kamera.

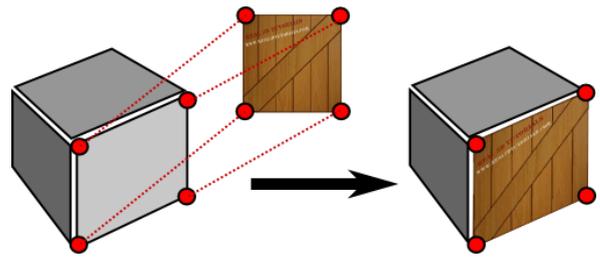
**I.10 Pemodelan Tiga Dimensi**

Pemodelan adalah membentuk suatu benda-benda atau obyek. Membuat dan mendesain obyek tersebut sehingga terlihat seperti hidup. Sesuai dengan obyek dan basisnya, proses ini secara keseluruhan dikerjakan di komputer. Melalui konsep dan proses desain, keseluruhan obyek bisa diperlihatkan secara 3 dimensi, sehingga banyak yang menyebut hasil ini sebagai pemodelan 3 dimensi (3D modelling) (Nalwan, 1998). Ada beberapa aspek yang harus dipertimbangkan bila membangun model obyek, kesemuanya memberi kontribusi pada kualitas hasil akhir.

Hal-hal tersebut meliputi metoda untuk mendapatkan atau membuat data yang mendeskripsikan obyek, tujuan dari model, tingkat kerumitan, perhitungan biaya, kesesuaian dan kenyamanan, serta kemudahan manipulasi model. Proses pemodelan 3D membutuhkan perancangan yang dibagi dengan beberapa tahapan untuk pembentukannya. Seperti obyek apa yang ingin dibentuk sebagai obyek dasar, metoda pemodelan obyek 3D, pencahayaan dan animasi gerakan obyek sesuai dengan urutan proses yang akan dilakukan.

**I.11 Texture Mapping**

*Texture mapping* merupakan teknik yang digunakan untuk membuat variasi citra dan film dari teknik-teknik komputer grafik (Weinhaus, 1997). Beberapa istilah lain yang mengacu pada *texture mapping* adalah *image perspective transformations* (IPT), *2.5D image transformations*, dan *perspective photo mapping*. Istilah pertama merupakan istilah yang sering digunakan dalam pengolahan citra, pengideraan jauh dan fotogrametri, istilah kedua mencerminkan adanya transformasi dari bidang 2D ke bidang 3D dan istilah ketiga mengerucut pada suatu *texture mapping* tradisional seperti pada Gambar 1.2.



Gambar 1.3. Ilustrasi *Texture mapping* (3D Tutorial, 2015)

Pada gambar 1.3. dapat dipahami juga bahwa suatu obyek hasil *texture mapping* merupakan hasil penggabungan dari geometri 3D dan citra 2D. Untuk memperoleh suatu bentuk model obyek yang riil maka diperlukan sejumlah gambar 2D yang mewakili seluruh sisi geometri 3D. Namun untuk obyek-obyek yang memiliki geometri tidak teratur seperti bola, kerucut, tabung, dan lain-lain, dibutuhkan suatu algoritma tertentu untuk meminimalisir distorsi yang terjadi agar obyek hasil *texture mapping* sesuai dengan kondisi riilnya seperti pada Gambar 1.3.

**I.12 Penelitian Terdahulu**

Rujukan penelitian terdahulu yang digunakan adalah skripsi dari Didik, P Akhmad, mahasiswa program studi Teknik Geodesi fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang, dengan judul Aplikasi fotogrametri jarak dekat untuk pemodelan 3D candi gedong songo. Penelitian tersebut dilakukan di objek wisata Candi Gedung Songo Semarang pada tahun 2012. Alat yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah dengan menggunakan kamera Canon EOS 500D dan alat ukur Total Station Nikon Nivo 5 C serta pita ukur. Dalam penelitiannya hasil analisis perbandingan koordinat menunjukkan bahwa pergeseran titik berkisar antara 0,000 meter hingga 0,11906 meter dengan RMS  $\pm 0,087$ . Sedangkan untuk hasil perbandingan jarak dengan alat ukur *electronic total station* memiliki nilai rata rata selisih sebesar 0,118 meter dengan RMS  $\pm 0,130$ , sedangkan untuk perbandingan dengan pita ukur memiliki rata rata selisih 0,085 dengan RMS  $\pm 0,099$ .

Penelitian selanjutnya merupakan skripsi dari Arky Gilang Wahab, mahasiswa dan mahasiswi dari Jurusan Teknik Geomatika, Institut Teknologi Bandung (ITb) pada tahun 2009 dengan judul tugas akhir “Analisis Geometri Data Objek 3D Menggunakan Fotogrametri Rentang dekat, *Terrestrial Laser Scanner*, Dan *Electronic Total station*”. Dalam Penelitiannya menjelaskan tentang analisa perbandingan posisi titik antara *Electronic Total Station* dengan fotogrametri rentang dekat dan perbandingan posisi titik *Terrestrial Laser Scanner* dengan *Electronic Total Station* sedangkan metode yang digunakan untuk perbandingan adalah metode

*Electronic Total Station, Terrestrial Laser Scanner dan fotogrametri rentang dekat.*

**II. TAHAPAN PELAKSANAAN**

**II.1 Persiapan**

Pada bab tahapan pelaksanaan ini akan diuraikan tahapan pengolahan data untuk pembuatan model 3D Tugu Muda Semarang. Untuk pelaksanaan penelitian ini perlu dilakukan beberapa tahapan, tahapan tersebut dimulai dari tahap persiapan, pengumpulan data dan pengolahan data hingga pembentukan model 3D.

**II.1.1 Perumusan Masalah dan Penetapan Tujuan**

Hal ini dilakukan terutama untuk mendapatkan pemahaman konsep yang matang dan gambaran awal tentang bidang yang diteliti sehingga dapat diketahui prosedur penelitiannya yang berguna sebagai acuan dalam pengolahan data dan untuk mengkaji permasalahan yang akan dibahas.

**II.1.2 Studi Literatur**

Persiapan selanjutnya adalah mempelajari studi literatur. Hal ini bertujuan untuk menentukan dasar teori yang akan digunakan dalam menyusun laporan sehingga penelitian yang dilakukan memiliki pondasi yang jelas.

**II.1.3 Pengumpulan Data Penelitian**

Pengumpulan data yang akan digunakan dalam penelitian meliputi data primer dan data sekunder yang dapat dirujuk pada bab 1 halaman 3 poin 2b data penelitian.

**II.1.4. Metode Penelitian**

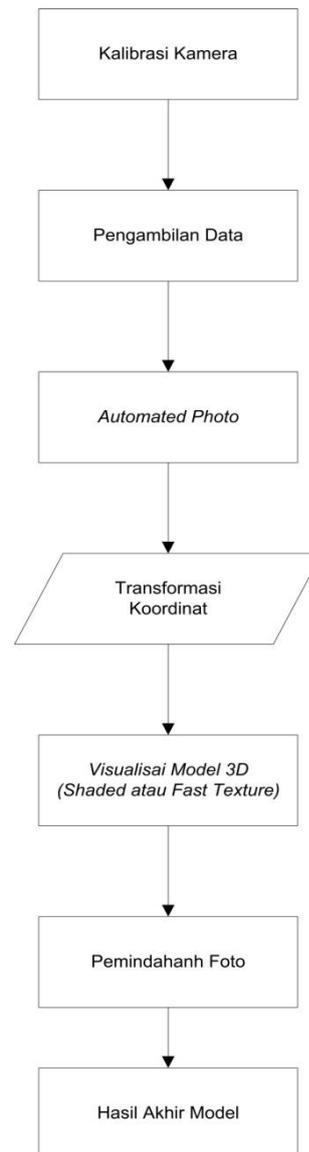
Tahapan pelaksanaan penelitian tersebut disajikan dalam diagram alir penelitian seperti pada gambar 1.5.

**II.2 Data Penelitian**

Data yang dibutuhkan merupakan data digital dan data pengukuran di lapangan. Berikut data yang dibutuhkan secara terperinci :

Tabel 2.1. Data Penelitian

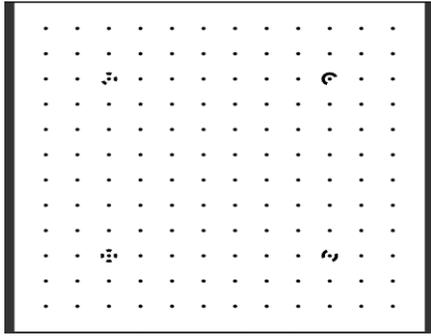
No.	DATA	SUMBER DATA	JENIS DATA
1	Data kalibrasi kamera	Pengaturan kamera	Digital
2	Foto Tugu Muda	Survey lapangan	Digital
3	Pengukuran <i>Electronic Total Station</i>	Survey lapangan	Teks dan Digital



Gambar 1.5. Diagram Alir Pembentukan Model

**II.3 Kalibrasi Kamera**

Proses kalibrasi kamera menggunakan menu yang sudah ada pada perangkat lunak *PhotoModeler Scanner*. Prinsip hitungan parameter internal kamera secara analitis menggunakan metode *Self Calibration Bundle Adjustment* terhadap titik target pada bidang kalibrasi. Dalam penelitian ini menggunakan bidang kalibrasi 12x12 untuk mengantisipasi jika jumlah foto lebih dari 8 lembar foto. Dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1. Bidang Kalibrasi Ukuran 12x12 (Photodeler,2013)

**II.4 Pemotretan Obyek**

Pemotretan obyek Tugu Muda dilakukan secara teratur, mengitari bangunan objek secara detail dan sebaiknya foto yang diambil, antara foto satu dengan foto selanjutnya bertampalan agar dapat diproses dengan baik di software. Jarak antar kamera tidak teratur atau bebas dengan syarat sudut pengambilan antara kamera minimal 45<sup>0</sup>. Beberapa contoh foto yang digunakan untuk pemodelan 3 dimensi Tugu Muda



Gambar 2.2. Foto Pemotretan Tugu Muda

**II.5 Pengukuran Kerangka Dasar dan Titik Detail**

Pekerjaan pada tahap ini yaitu melakukan pengukuran kerangka dasar dan titik detail menggunakan *Electronic Total Station*. Pengukuran ini digunakan sebagai pengikatan terhadap koordinat tanah.

Cara pengukuran kerangka dasar menggunakan poligon. Berbagai bentuk poligon dibentuk dengan menyesuaikan bentuk medan pemetaan dan keberadaan titik referensi. Kerangka dasar ini digunakan untuk pengikatan titik detail yang kemudian digunakan untuk proses transformasi koordinat sebangun 3D.

Bentuk poligon yang digunakan dalam pengukuran ini adalah poligon tertutup dengan koordinat lokal. Koordinat sebagai titik awal adalah P1 (1000; 1000; 100).

**II.6 Pemodelan 3D Menggunakan PhotoModeler Scanner 2014**

Perangkat lunak utama pada penelitian ini yang digunakan dalam pembentukan 3D adalah *PhotoModeler Scanner*, ini adalah perangkat lunak yang dibuat oleh *Eos System Inc.* yang tergabung dalam *Windows Corporation*.

Langkah kerja dalam pemodelan, dengan membuka menu awal.

**a. New Project**

Saat memulai menggunakan *PhotoModeler Scanner* maka perangkat lunak ini akan menampilkan *Getting Started*.



Gambar 2.3. Tampilan *Getting Started* untuk Membuat *Project* Baru

**b. Automated Project**

Pada tahap ini dilakukan menandai titik-titik obyek dan mengidentifikasi titik secara otomatis dengan koreksi titik secara otomatis juga. Untuk membentuk suatu model 3D diperlukan titik-titik yang sama minimal pada dua buah foto yang berbeda. Proses *Automated Project* dapat dilakukan dengan menekan *Run* yang kemudian foto yang diolah secara otomatis dan akan membuat *Marking* dan *Referencing* secara otomatis.

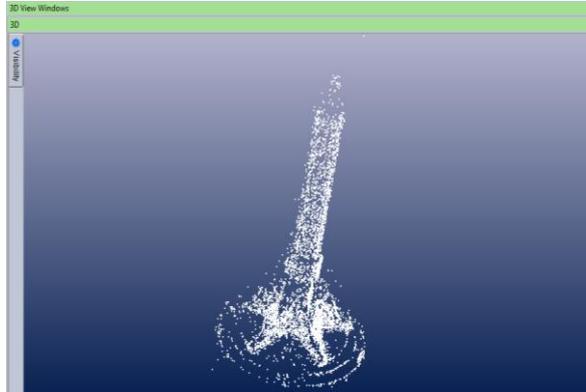
Proses *Automated Project* memakan waktu yang cukup lama dalam pengolahan foto 3D karena proses ini dilakukan oleh *software Photodeler* bukan dilakukan secara manual. Proses ini akan membuat foto terorientasi. Penentuan titik yang tepat antara dua foto atau lebih sangat mempengaruhi ketelitian model yang dihasilkan. Foto yang sudah terorientasi dapat diketahui pada *toolbar*. Foto yang sudah terorientasi akan memberikan informasi *oriented* pada *toolbar* seperti yang terlihat pada gambar 2.4.

**c. Proses Pembentukan Model 3D Awal**

Setelah proses *Marking* dan *Referencing* selesai, selanjutnya dilakukan proses pembentukan model 3D awal. Perangkat lunak akan menghitung posisi 3D dari data kamera dan titik *Marking* yang ada pada foto. Dapat dilihat pada Gambar 2.5.

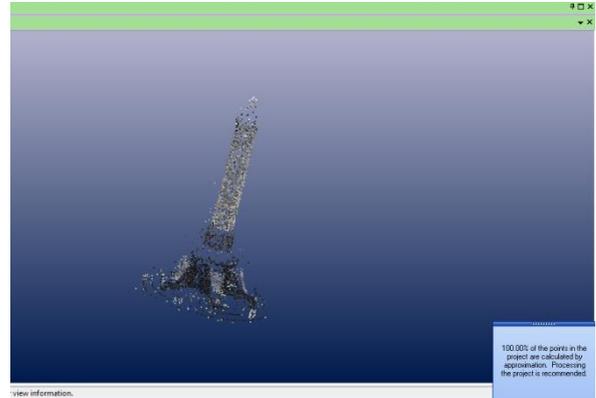
**II.7 Transformasi Koordinat 3D**

Koordinat model 3D yang dihasilkan belum memiliki ukuran sebenarnya, oleh karena itu diperlukan transformasi koordinat untuk mengubahnya menjadi ukuran sebenarnya



Gambar 2.4. Tampilan Hasil Proses *Automated Project*

bangunan tersebut nampak seperti pada bangunan sebenarnya. Proses ini dapat dilakukan dengan memilih menu *view* kemudian *face style* kemudian pilih *Quality Texture*.



Gambar 2.7. Tampilan Sisi Depan Model 3D dengan *Quality Texture*



Gambar 2.5. Tampilan Setelah Proses 3D Dilakukan

. Transformasi koordinat ini menggunakan koordinat hasil pengukuran dengan *electronic total station*. Proses transformasi ini dilakukan pada sub menu *Scale/Rotate* kemudian memilih *Three Point* dan memasukan koordinat tiga titik sekutu yang telah diperoleh. Dapat dilihat pada Gambar 2.6

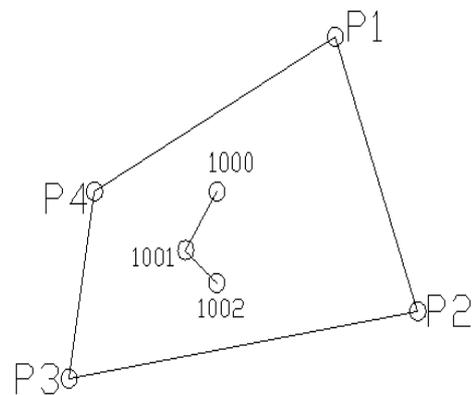
A..	V...	Name	Id	X (m)	Y (m)	Z (m)	Delta m
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Check poi...	Pt-8400	988.00	987.00	115.00	0.00
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Check poi...	Pt-14180	984.00	982.00	104.00	0.00
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Check poi...	Pt-17466	987.00	979.00	100.00	4.29

Gambar 2.6. Tampilan Sub Menu *3D Scale and Rotation*

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**

**III.1 Evaluasi Pengukuran Poligon**

Pengukuran poligon menggunakan *electronic total station* yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan koordinat lokal dengan koordinat di titik awal X,Y,Z yaitu 1000; 1000; 100.



Gambar 3.1. Tampilan Sketsa Hasil Pengukuran Poligon

Tabel 3.1. Hasil Pengukuran ETS Koordinat Titik Titik Poligon

titik	y (m)	x (m)
P1	1000	1000
P2	1008,373	977,383
P3	973,031	971,830
P4	975,654	987,259

**II.8 Visualisasi Model 3D**

Untuk mendapatkan visualisasi model tiga dimensi yang terbentuk berupa *shade surface* dan kerangka model, sub menu yang digunakan untuk visualisasi model 3D adalah *Open 3D View* yang terdapat pada menu *View* kemudian *Quality Texture*.

**II.9 Tekstur Mapping**

Tekstur mapping merupakan menu untuk memberikan tekstur pada model sehingga model

**III.2 Evaluasi Hasil Kalibrasi**

Tabel 3.2. Hasil Kalibrasi Kamera Nikon D3100

Parameter Orientasi	Nilai(mm)	Deviasi(mm)
Panjang Fokus	18.6314	0.004
Xp (posisi titik utama foto)	11.9917	8.8e-004
Yp (posisi titik utama foto)	8.0000	0.000
K1 (Distorsi Radial)	3.786e-005	1.9e-006
K2 (Distorsi Radial)	-1.561e-008	8.5e-009
K3 (Distorsi Radial)	0.000e+000	0.000e+000
P1 (Distorsi Tangensial)	0.000e+000	0.000e+000
P2 (Distorsi Tangensial)	0.000e+000	0.000e+000
Average Photo Point Coverage		80%

**III.3 Hasil Selisih Pengukuran Nilai Koordinat Sekutu ETS dengan Model 3D**

Tabel 3.3. Selisih Nilai Absis

No	ID Poin	x (m)	x (m)	Selisih (m)
1	8400	988,0467	988,000	0,0467
2	14180	984,8703	984,000	0,8703
3	17466	987,9999	987,000	0,9999

Tabel 3.4. Selisih Nilai Ordinat

No	ID Poin	y (m)	y (m)	Selisih (m)
1	8400	987,2596	987,00	0,2596
2	14180	982,4264	982,00	0,4264
3	17466	979,7393	979,00	0,7393

Tabel 3.5. Selisih Nilai z

No	ID Poin	z (m)	z (m)	Selisih (m)
1	8400	115,937	115,000	0,937
2	14180	104,472	104,000	0,472
3	17466	100,299	100,000	0,299

**III.2 Analisis Perbandingan Jarak ETS dengan PhotoModeler 2013**

Analisis perbandingan jarak merupakan analisis dengan melakukan perbandingan antara panjang jarak yang dihasilkan melalui pengukuran

langsung di lapangan yang dibandingkan dengan hasil ukuran melalui perangkat lunak *photomodeler 2013*.

Dalam penelitian ini diperlukan metode uji statistika untuk memperkuat hasil pengolahan dan perhitungan penelitian. Uji statistika pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak *SPSS*. Adapun beberapa masalah analisis statistik antara lain :

1. Apakah perbedaan ketelitian alat *Electronic Total Station* dan *PhotoModeler 2013* tersebut mempunyai hubungan yang signifikan?
2. Dari perbandingan ketelitian keduanya manakah yang lebih teliti ?

Sebelum pengujian statistik tersebut, langkah awal yang dilakukan adalah pembuatan hipotesis, sebagai berikut :

Ho : Perbedaan ketelitian alat *Electronic Total Station* dan *software PhotoModeler 2013* yang tidak signifikan.

H1 : Perbedaan ketelitian alat *Electronic Total Station* dan *software PhotoModeler 2013* yang signifikan.

Berdasarkan hasil hitungan metode *Kolmogorov-Smirnov* yang didapatkan, menunjukkan bahwa nilai distribusinya 0.481, yang artinya data tersebut normal. (> 0.05 ). Dapat dilihat pada tabel 3.6.

Tabel 3.6. Uji Hitung Distribusi Normal *PhotoModeler 2013*

	TS	MODEL	
N	9	9	
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean	692.338	691.967
	Std. Deviation	91	56
Most Extreme Differences	Absolute	439.104	438.826
	Positive	060	104
Kolmogorov-Smirnov Z	Negative	.410	.410
		.250	.250
Asymp. Sig. (2-tailed)	1.231	1.230	
	.097	.097	

Berdasarkan hasil hitungan metode *Kolmogorov-Smirnov* yang didapatkan, menunjukkan bahwa nilai distribusinya 0.097, yang artinya data tersebut normal. (> 0.05 ).

Tabel 3.7. Korelasi *Paired Samples Test* PhotoModeler 2013

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
Pair	TS MODEL	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
					1		.561133	.337345	.112515

Dari hasil hitungan ini dapat disimpulkan :

1. Nilai t hitung sebesar 4,987 lebih besar dari t tabel sebesar 2,306 ( $4,987 > 2,306$ ) maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima. Jadi berada pada daerah penolakan  $H_0$ , maka dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan.
2. Dari hasil hitungan ini juga dapat membuat keputusan dari hipotesis yang dibuat. Patokan pengambilan keputusan sebagai berikut :
  - a. Jika probabilitas atau signifikansi  $> 0.05$ ,  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak.
  - b. Jika probabilitas atau signifikansi  $< 0.05$ ,  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima.
3. Karena sig. (2-tailed) yang diperoleh adalah sebesar 0.001 yang berarti nilai sig. (2-tailed)  $< 0.05$  maka  $H_0$  ditolak. Oleh karena itu dapat diambil keputusan bahwa dengan tingkat kepercayaan 95% secara signifikan ketelitian alat *Electronic Total Station* dan *softwarePhotoModeler 2013* tersebut memiliki perbedaan yang signifikan, yang artinya ketelitian alat *Electronic Total Station* tidak dapat digantikan dengan *softwarePhotoModeler 2013*.

**III.4 Analisis Perbandingan Jarak *Electronic Total Station* dengan *Summit Evolution v.6.4.* secara statistik**

Analisis perbandingan jarak merupakan analisis dengan melakukan perbandingan antara panjang jarak yang dihasilkan melalui pengukuran langsung di lapangan yang dibandingkan dengan hasil ukuran melalui perangkat lunak *Summit Evolution v.6.4.* Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa akurat data yang dihasilkan dari pengukuran langsung di lapangan maupun pengukuran melalui perangkat lunak. Proses ini dilakukan terhadap 24 titik geomtrik pada bangunan Tugu Muda, antara lain tinggi dari atas ke bawah tugu, panjang tangga 1,2 dan 3, lebar gambar lambang bintang, lebar lingkaran paling atas, lebar lingkaran kecil dan besar yang terdapat pada bagian bawah lambang bintang dan lebar batang atas, tengah dan bawah yang letaknya berada diatas gambar lambang bintang. Dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Pengukuran 24 Titik Geometrik Tugu Muda

Dari pengukuran 24 titik geometrik yang dilakukan dengan alat *Electronic Total Station* dan *Summit evolution v.6.4.* didapatkan selisih pengukuran yang dapat dilihat pada tabel 3.7.

Tabel 3.8. Perbandingan *Electronic Total Station* dengan *Summit Evolution V.6.4.*

ID POIN	TS (m)	SUMMIT (m)	SELISIH (m)
1-2	16,284	18.164	-1,880
9-10	3,391	5.117	-1,726
11-12	2,267	3.979	-1,712
21-22	1,364	2.108	-0,744
19-20	1,309	4.105	-2,796
17-18	1,349	2.029	-0,680
15-16	1,465	2.281	-0,816
7-8	5,931	5.984	-0,053
5-6	7,085	5.631	1,454
3-4	8,512	6.703	1,809
13-14	1,764	1.112	0.625
23-24	2,996	1.369	1,627

Dalam penelitian ini diperlukan metode uji statistika untuk memperkuat hasil pengolahan dan perhitungan penelitian. Uji statistika pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak *SPSS*. Adapun beberapa masalah analisis statistik antara lain :

3. Apakah perbedaan ketelitian alat *Electronic Total Station* dan *Software Summit Evolution* tersebut mempunyai hubungan yang signifikan?
4. Dari perbandingan ketelitian keduanya manakah yang lebih teliti ?

Sebelum pengujian statistik tersebut, langkah awal yang dilakukan adalah pembuatan hipotesis, sebagai berikut :

Ho : Perbedaan ketelitian alat *Electronic Total Station* dan *software Summit Evolution* yang tidak signifikan.

H1 : Perbedaan ketelitian alat *Electronic Total Station* dan *software Summit Evolution* yang signifikan

Berdasarkan hasil hitungan metode *Kolmogorov-Smirnov* yang didapatkan, menunjukkan bahwa nilai distribusinya 0.481, yang artinya data tersebut normal. ( $> 0.05$  ). Dapat dilihat pada tabel 3.8.

Tabel 3.9. Uji Hitung Distribusi Normal *Summit Evolution*

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test			TS	SUMMIT T
N			12	12
Normal Parameters <sup>a,b</sup>	Mean		4.4764	4.8818
	Std. Deviation		2	3
Most Extreme Differences	Absolute		4.4599	4.5937
	Positive		.53	.83
Kolmogorov-Smirnov Z	Negative		.263	.263
			.263	.263
Asymp. Sig. (2-tailed)			.910	.910
			.379	.380

Tabel 3.10. Korelasi *Paired Samples Test*

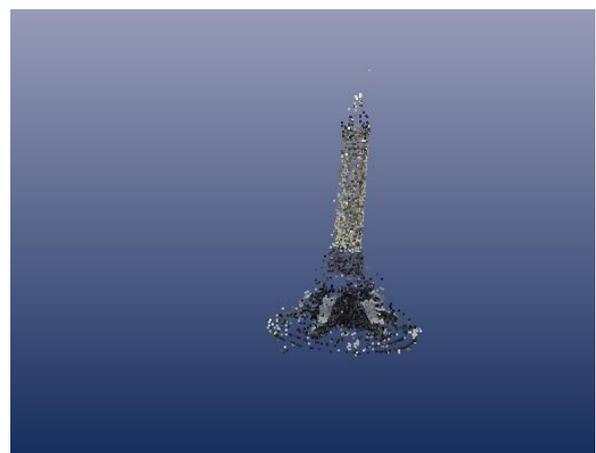
		Paired Differences					T	df	Sig. (2-tailed)
Pair	TS - SUMMIT	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
1		-.405417	1.520560	.438948	-1.371534	.560701	-.924	11	.376

Dari hasil hitungan ini juga dapat membuat keputusan dari hipotesis yang dibuat. Patokan pengambilan keputusan sebagai berikut :

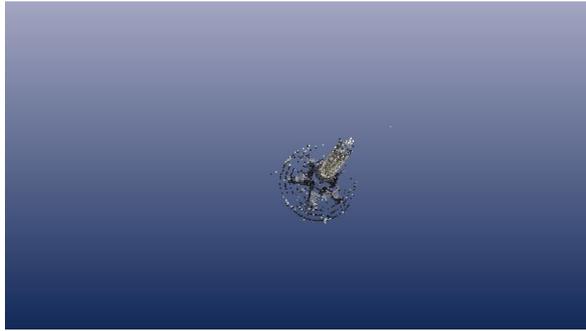
1. Nilai t hitung sebesar -0,924 lebih kecil dari t tabel sebesar 2,201 ( $-0,924 < 2,201$ ) maka  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak. Jadi berada pada daerah penerimaan  $H_0$  maka dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan.
2. Dari hasil hitungan ini juga dapat membuat keputusan dari hipotesis yang dibuat. Patokan pengambilan keputusan sebagai berikut :
  - a. Jika probabilitas atau signifikansi  $> 0,05$ ,  $H_0$  diterima dan  $H_1$  ditolak.
  - b. Jika probabilitas atau signifikansi  $< 0,05$ ,  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima.
3. Karena sig. (2-tailed) yang diperoleh adalah sebesar 0,376 yang berarti nilai sig. (2-tailed)  $> 0,05$  maka  $H_0$  diterima. Oleh karena itu dapat diambil keputusan bahwa dengan tingkat kepercayaan 95% secara signifikan ketelitian alat *Electronic Total Station* dan *Summit Evolution v.6.4* tersebut memiliki perbedaan yang tidak signifikan, yang artinya ketelitian alat *Electronic Total Station* dapat digantikan dengan *Summit Evolution v.6.4*.

### III.3 Hasil Model Akhir

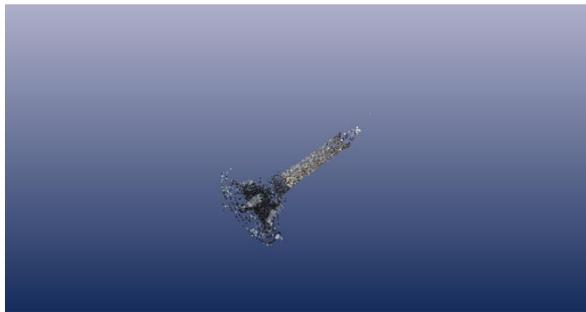
Setelah hasil proses pemodelan bagian bangunan Tugu Muda inti diperoleh, serta telah melalui proses pembuatan model secara baik pada *Software Sketch Up* dan penyelesaian akhir maka diperoleh hasil model akhir yang baik dengan model yang cukup bagus seperti pada Gambar 3.3. sampai 3.6.



Gambar 3.3. Model 3D Gedung Tampak Depan



Gambar 3.4. Model 3D Gedung Tampak Atas



Gambar 3.5. Model 3D Gedung Tampak Miring



Gambar 3.5. Model 3D Gedung Tampak Samping

#### IV. PENUTUP

##### IV.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian tentang pemodelan bangunan dengan menggunakan metode fotogrametri jarak dekat maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah metode fotogrametri jarak dekat untuk pemodelan 3D Tugu Muda Semarang menggunakan kamera digital non metrik. Untuk pengambilan data foto dilapangan sebanyak 60 foto dan pengolahan data pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak *PhotoModeler Scanner 2013* sebagai pembentuk 3D Tugu Muda. Sedangkan *Electronic Total Station* sebagai pengukuran teristis dilapangan untuk pengukuran 3 titik sekutu dan pengukuran 24 titik geometrik pada bangunan Tugu Muda.

2. Pada proses kalibrasi kamera yang dilakukan pada bidang kalibrasi didapatkan angka 80% atau memenuhi syarat, maka dari itu dapat dilanjutkan pada pemrosesan 3 dimensi bangunan Tugu Muda. Berdasarkan hasil analisis perbandingan koordinat titik sekutu *Electronic Total Station* dan *PhotoModeler 2013* memiliki nilai rata-rata selisih  $\pm 0.561$  meter dengan nilai *RMS*  $\pm 0.101$  meter. Sedangkan untuk hasil perbandingan jarak geometrik dengan alat ukur *Electronic Total Station* dan *Summit Evolution v.6.4* memiliki nilai rata-rata selisih sebesar  $\pm 0.405$  meter, dengan nilai *RMS* sebesar  $\pm 2.119$  meter, hal ini dapat terjadi karena kesalahan dalam meletakkan titik pengukuran dilapangan dengan titik pada model 3D.

##### IV.2 Saran

Beberapa saran yang ingin penulis sampaikan untuk pengembangan ilmu fotogrametri jarak dekat lebih lanjut antara lain:

1. Kalibrasi sebaiknya dilakukan pada bidang datar yang memiliki cahaya cukup agar memiliki hasil yang baik.
2. Hindari posisi pemotretan obyek yang menentang matahari karena dapat menimbulkan efek *flare* atau *backlight* sehingga foto atau gambar yang dihasilkan tidak terlihat secara jelas, hal ini dapat mengganggu untuk melakukan proses selanjutnya.
3. Jarak pemotretan bangunan atau objek terhadap kamera sebaiknya diatur sedemikian rupa sehingga sisi bangunan dapat terpotret keseluruhan dalam satu *frame*.
4. Lakukan pemotretan obyek dari tempat yang lebih tinggi untuk menjangkau bagian yang tidak terlihat secara horisontal.
5. Saat melakukan pemotretan, usahakan tidak ada benda lain yang menutupi objek atau bangunan yang akan dipotret, sebab ini akan berpengaruh pada saat akan melakukan proses *Automated Photo* nantinya.
6. Proses *Automated Photo* pada setiap titik dilakukan secara otomatis karena foto diproses langsung pada *Software* yang akan membentuk *Smart Point*. Proses ini membutuhkan waktu 2 jam tergantung dari jumlah foto pada pemotretan dilapangan.
7. Transformasi koordinat sebaiknya menggunakan metode selain *Three point* yaitu dengan metode *Imported Objects section*.
8. Pengukuran dengan menggunakan *Electronic Total Station* sebaiknya menggunakan target berupa stiker reflektor untuk mengurangi kesalahan pada penempatan titik di obyek.
9. Penempatan stiker reflektor yang baik dan benar sangat penting agar reflektor tidak jatuh dan merusak reflektor tersebut.

**V. Daftar Pustaka**

- Amhar, Fahmi. 1998. *Generasi True Orthophoto Menggunakan Model 3D Bangunan yang Digabung dengan DTM Konvensional*. Stuttgart, Jerman: IAPRS, Vol. 32, Bagian 4 "GIS-antara visi dan aplikasi.
- Atkinson, K.B. 1996. *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Whittles Publishing. Scotland, UK.
- Cooper, M. & Robson, S. 1996. *Theory of Close Range Photogrammetry*. Dalam K. Atkinson, *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Scotland, UK: Whittless Publishing.
- Danurwendi, C. 2011. *Pemanfaatan Fotogrametri Rentang Dekat Dalam Arsitektur Lansekap*. Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Fraser, C.S. 1997. *Digital camera self-calibration*. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing* 52. pp. 149–159, 1997.
- Gilang, A.W. 2009. *Analisis Geometri Data Objek 3D Menggunakan Fotogrametri Rentang dekat, Terrestrial Laser Scanner, Dan Electronic Total station*. Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Leitch, K. 2002. *Close Range Photogrammetry Measurment Of Bridge Deformation*. *Disertasi New Mexico State University*. Meksiko.
- Nielsen, M. O. 2004. *True Orthophoto Generation*. IMM-THESIS: ISSN 1602-233X.Kgs, Lyngby.
- Pawirta, D.N. 2011. *Pembuatan Texture Image Model 3D Bangunan Dengan True Orthophoto*. Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Prasetyo, A.D. 2012. *Aplikasi Fotogrametri Jarak Dekat Untuk Pemodelan 3D Candi Gedong Songo*. Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Putriyan, R. 2011. *Pemodelan 3D Bangunan Dengan Kombinasi Aerial Fotogrametri Dan Texture Image*. Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Soeta'at. 1994. *Diktat Fotogrametri Analitik*. Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Subiyanto, S. 2007. *Catatan Mata Kuliah Triangulasi Fotogrametri*. Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Semarang.
- Sulaiman R. 1986. *Aplikasi Metode Surface Flatteling Permukaan Tekstur*. Jurnal Fakultas Teknologi Informasi. ITS. Malang.
- Suwardhi, Deni. 2007. *Development of Craniofacial Geometric Morphometric Database System*. Disertasi Universiti Teknologi Malaysia.
- Widianto, Tj. 1987. *Aplikasi Metoda Fotogrametri Jarak Dekat dalam Penggambaran Kembali Bentuk Geometri Permukaan Badan Pesawat Terbang*. Tesis Magister. Program Geodesi Fakultas Pasca Sarjana Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Wojtas, A. M. 2010. *Off-The-Shelf Close-Range Photogrammetric Software For Cultural Heritage Documentation At Stonehenge*. International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII, Part 5.
- Wolf, Paul R. 1993. *Elemen Fotogrametri*. Diterjemahkan oleh Gunadi, Totok Gunawan, dan Zuharnen. Gajah Mada University Press.