

APLIKASI FOTOGRAMMETRI RENTANG DEKAT UNTUK PEMODELAN 3D GEDUNG A LAWANG SEWU

David Jefferson Baris, Yudo Prasetyo, Bandi Sasmito *)

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

ABSTRAK

Fotogrammetri rentang dekat merupakan salah satu bidang penerapan fotogrammetri. Fotogrammetri rentang dekat dapat digunakan untuk perekaman objek yang berjarak kurang dari 100 meter. Fotogrammetri rentang dekat biasanya digunakan dalam pemodelan 3D bangunan, kendaraan atau jembatan. Pada penelitian ini, metode fotogrammetri rentang dekat digunakan untuk pemodelan 3D Gedung A Lawang Sewu dengan kamera digital non metrik. Kamera yang digunakan harus melalui proses kalibrasi untuk mengetahui parameter internal kamera. Proses kalibrasi dan pengolahan data dalam tugas akhir ini menggunakan perangkat lunak *PhotoModeler Scanner v.7 2013*. Tahap pemodelan bangunan terdiri dari *marking* dan *referencing*, proses hitungan dan pembuatan model 3D, transformasi koordinat 3D dan visualisasi model 3D. Data yang digunakan adalah data foto yang diambil secara keseluruhan mengelilingi Gedung A Lawang Sewu. Hasil akhir dalam penelitian ini adalah model 3 dimensi Gedung A Lawang Sewu. Pengujian hasil pengolahan model 3D dilakukan dengan analisis perbandingan selisih jarak dan uji statistik dengan tingkat kepercayaan 95%. Pelaksanaan uji statistik yang dilakukan pada penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara pengukuran ETS.

Kata Kunci : *Fotogrammetri Rentang Dekat, Lawang Sewu, Kamera Digital Non Metrik, Pemodelan Bangunan Bersejarah, PhotoModeler Scanner V.7 2013.*

ABSTRACT

[Close Range Photogrammetry Application for 3D Modelling of Lawang Sewu Building A]

Close range photogrammetry is a one of photogrammetry applications. It can be used for the object measurement that is less than 100 meters. It also usually used in 3D modeling of buildings, vehicles or bridges etc. In this final task, close range photogrammetry method was used for 3D modeling of Lawang Sewu Building A using non-metric digital camera. Initially, the camera must through of calibration process to determine the camera internal parameters. The process of calibration and data processing in this final task are using PhotoModeler Scanner v.7 2013 software. Phase of buildings modeling contain of marking and referencing, calculating and 3D modeling, transformation of 3D coordinate and visualization of 3D models. The data used are the photos that taken all around Lawang Sewu building A. The final results in this research are 3D model of Lawang Sewu Building A. Testing of the results in 3D modelling processing were done by comparing the 3D model distance referenced to Electronic Total Station measurement and statistics test with level of trust 95%. The statistics test in this research shows that there are no significant difference between ETS measurement.

Keyword: *Close range photogrammetry, Lawang Sewu, Modeling Historic Building, Non-Metric Digital Camera, PhotoModeler Scanner V.7.2013.*

*) Penulis Pananggung jawab

I. PENDAHULUAN

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. Dua langkah tersebut biasanya mengacu pada dokumentasi bangunan tersebut. 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.

Mengingat langkah langkah tersebut dapat dilakukan dengan Pemanfaatan *3D Laser Scanner*, karena memberikan ketelitian sangat tinggi untuk pendokumentasian suatu bangunan bersejarah, namun teknologi ini memerlukan biaya yang sangat mahal. Dengan menggunakan metode fotogrammetri rentang dekat (*Close Range Photogrammetry*) diharapkan mampu untuk menekan biaya yang mahal tersebut. Metode fotogrammetri rentang dekat mempunyai konsep yang sama dengan konsep dasar fotogrammetri aerial, yang membedakannya adalah kajian objek yang diteliti. Metode fotogrammetri rentang dekat dapat digunakan jika jarak antara objek dengan kamera kurang dari 100 meter (Atkinson 1996). Untuk mendukung upaya pelestarian pada bangunan bersejarah di kota Semarang diharapkan dengan metode fotogrammetri rentang dekat dapat digunakan dan dimanfaatkan.

1.1. Perumusan Masalah

1. Bagaimana hasil pemodelan 3D dengan menggunakan perangkat lunak *PhotoModeler Scanner v.7 2013*?
2. Bagaimana validasi model secara geometriknya berdasarkan hasil pengukuran di lapangan?

3. Bagaimana pelaksanaan uji statistika yang dimasukkan sebagai bagian proses pengujian model 3D?

1.2. Ruang Lingkup Penelitian

1. Wilayah Penelitian
 Dalam penelitian ini, objek yang digunakan adalah bangunan bersejarah Lawang Sewu, yang terdapat di kota Semarang. Tepatnya terletak di terletak di Jalan Pemuda Semarang. Kawasan tersebut memiliki lalu lintas yang cukup padat di kawasan Tugu Muda Semarang. Secara geografis Lawang Sewu terletak pada $6^{\circ} 59' 2.13''$ lintang selatan dan $110^{\circ} 24' 38.28''$ bujur timur.
2. Data Penelitian
 Data yang dibutuhkan merupakan data digital dan data pengukuran di lapangan. Berikut data yang dibutuhkan secara terperinci :

Tabel 1. Data Penelitian

No.	DATA	SUMBER DATA	JENIS DATA
1	Data kalibrasi kamera	Pengaturan kamera	Digital
2	Foto Gedung A	Survey lapangan	Digital
3	Pengukuran <i>electronic total station</i>	Survey lapangan	Teks dan Digital
4	Pengukuran pita ukur	Survey lapangan	Teks

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menerapkan metode fotogrammetri rentang dekat menggunakan kamera digital non metrik untuk pemodelan bangunan Lawang Sewu Semarang.
2. Analisa ketelitian metode fotogrammetri rentang dekat dengan hasil pengukuran *Electronic Total Station (ETS)*.

1.4. Manfaat Penelitian

1. Segi Keilmuan : Penelitian ini dapat memberikan masukan terhadap metode pemodelan 3D menggunakan pendekatan fotogrammetri rentang dekat untuk ke depannya.
2. 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.

1.5. Metodologi Penelitian

1. Persiapan
 Tahap awal penelitian ini meliputi kegiatan studi literatur, dimana segala

sumber referensi yang berhubungan dengan tema penelitian akan dikumpulkan demi mempermudah penyelesaian tugas akhir ini. 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 penumpulan 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. Titik kontrol dilapangan meliputi pengukuran dengan menggunakan *Electronic Total Station* dan pita ukur.
3. Pengolahan Data
Dimulai dari *marking* dan *referencing* yang dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *PhotoModeler Scanner v.7 2013*. Proses *Marking and Referencing* dapat dilakukan melalui dua cara yaitu melakukan *Marking* terlebih dahulu pada satu foto lalu mereferensikannya pada foto yang bertampalan atau melakukan proses *Marking and Referencing* secara bersamaan terhadap dua buah foto atau lebih dan selanjutnya proses permodelan objek menjadi 3D dan memasukan titik koordinat.
4. Analisis dan Kesimpulan
Pada hasil akhir ini dilakukan analisa tentang ketelitian penggunaan metode fotogrammetri rentang dekat, perbandingan ketelitian menggunakan hasil ukuran *Electronic Total Station (ETS)*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Bangunan Bersejarah Lawang Sewu

Lawang Sewu merupakan sebuah gedung di Semarang, Jawa Tengah yang merupakan kantor dari *Nederlands-Indische Spoorweg Maatschappij* atau NIS. Dibangun pada tahun 1904 dan selesai pada tahun 1907. Terletak di bundaran Tugu Muda yang dahulu disebut *Wilhelminaplein*. Masyarakat setempat menyebutnya Lawang Sewu (Seribu Pintu) dikarenakan bangunan tersebut memiliki pintu

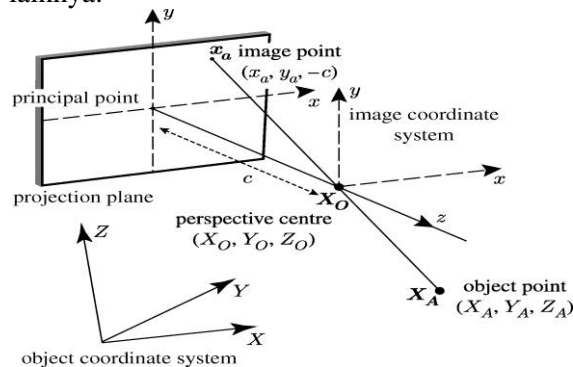
yang sangat banyak. Kenyataannya, pintu yang ada tidak sampai seribu. Bangunan ini memiliki banyak jendela yang tinggi dan lebar, sehingga masyarakat sering menganggapnya sebagai pintu (lawang). Bangunan kuno dan megah berlantai dua ini setelah kemerdekaan dipakai sebagai kantor Djawatan Kereta Api Repoeblik Indonesia (DKARI) atau sekarang PT Kereta Api Indonesia. Selain itu pernah dipakai sebagai Kantor Badan Prasarana Komando Daerah Militer (Kodam IV/Diponegoro) dan Kantor Wilayah (Kanwil) Kementerian Perhubungan Jawa Tengah. Pada masa perjuangan gedung ini memiliki catatan sejarah tersendiri yaitu ketika berlangsung peristiwa Pertempuran lima hari di Semarang (14 Oktober - 19 Oktober 1945). Maka dari itu Pemerintah Kota Semarang dengan Surat Keputusan Wali Kota Nomor. 650/50/1992, memasukan Lawang Sewu sebagai salah satu dari 102 bangunan kuno atau bersejarah di Kota Semarang yang patut dilindungi, secara geografis Lawang Sewu terletak pada $6^{\circ} 59' 2.13''$ lintang selatan dan $110^{\circ} 24' 38.28''$ bujur timur.

2.2. Prinsip Dasar Fotogrammetri Rentang Dekat

Fotogrammetri terrestrial (Wolf, 1993) merupakan cabang ilmu fotogrammetri dengan meletakkan kamera pada permukaan bumi. Kamera dapat dipegang dengan tangan, dipasang pada kaki kamera atau dipasang pada menara ataupun dengan alat penyangga lain yang dirancang secara khusus. Istilah fotogrammetri rentang dekat pada umumnya digunakan untuk fotogrammetri terrestrial yang mempunyai rentang objek sampai dengan 100 meter.r (Atkinson 1996). Orientasi kesudutan kamera biasanya dapat juga diukur atau disetel pada nilai-nilai tertentu sehingga semua unsur orientasi luar foto terrestrial pada umumnya diketahui dan tidak perlu dihitung. Teknik ini memiliki kelebihan yaitu jika objek yang akan diukur sulit untuk dijangkau dan memiliki dimensi yang sangat kecil, selaian itu metode ini juga memerlukan biaya yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan metode fotogrammetri rentang jauh, karena jenis kamera yang digunakan adalah dengan menggunakan kamera non metrik.

Dalam bidang geodesi, metode fotogrammetri rentang dekat ini banyak

dimanfaatkan karena dapat memberikan informasi jarak, luas, volume. Dari hasil pengukuran dengan metode fotogrametri rentang dekat dapat diperoleh koordinat tiga dimensi dalam sistem foto. Untuk itu agar dapat dibandingkan dengan koordinat yang sebenarnya maka harus dilakukan transformasi ke sistem koordinat tanah. Fotogrametri rentang dekat banyak diaplikasikan dalam berbagai bidang non topografi karena memiliki banyak keunggulan. Aplikasi yang berkembang antara lain dalam bidang arsitektur, arkeologi, forensik, medis, deformasi, industri dan lainnya.



Gambar 1. Prinsip kondisi kesejarisan berkas sinar atau kondisi kolinearitas (Soeta'at,1994)

III. TAHAPAN PENGOLAHAN DATA

3.1. Persiapan

Pada tahap ini dilakukan tahapan persiapan peralatan, kalibrasi kamera dan pengumpulan data yang berkaitan dengan pembuatan model 3D Gedung A Lawang Sewu. Data yang digunakan adalah data hasil kalibrasi kamera, data foto Bangunan, data pengukuran *electronic total station*. Sedangkan alat penunjang yang digunakan terdiri dari laptop, *electronic total station*, kamera *Digital Single lens Reflex* dan perangkat lunak yang dibutuhkan dalam penelitian ini.

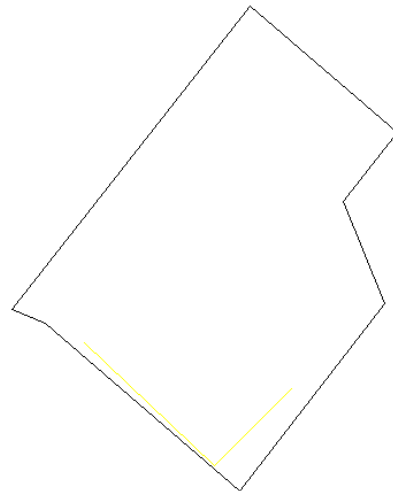
3.2. Pemotretan Obyek

Pemotretan obyek Gedung A Lawang Sewu dilakukan secara teratur, mengitari bangunan objek secara detil dan sebaiknya foto yang diambil, antara foto satu dengan foto selanjutnya bertampalan agar dapat diproses dengan baik pada perangkat lunak. Jarak antar kamera tidak teratur atau bebas dengan syarat sudut pengambilan antara kamera minimal 45⁰.

3.3. 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 mudah dibentuk untuk menyesuaikan dengan berbagai 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 (1000,000 ; 1000,000 ;100,000).



Gambar 2. Sketsa poligon

3.4. Pengukuran Sisi Bangunan

Pengukuran sisi bangunan dilakukan sebagai data validasi model bangunan yang terbentuk. Sisi bangunan diukur menggunakan *electronic total station* untuk dibandingkan dengan sisi dari model bangunan. Sisi bangunan yang di ukur adalah dimensi bangunan yang meliputi lebar dan panjang bangunan. Pada penelitian ini sisi terluar bagian lantai dan bangunan inti yang diukur sebagai validasi data.

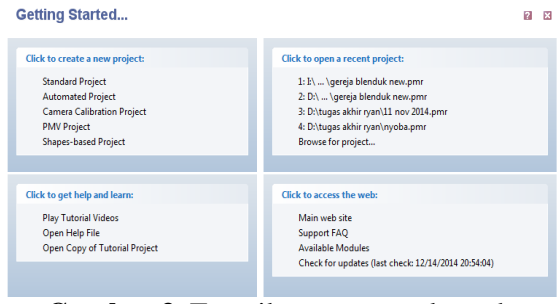
3.5. Pemodelan 3D Menggunakan PhotoModeler Scanner 2013

Dari dua buah foto yang bertampalan yang dihasilkan dari dua posisi pemotretan yang berbeda, akan dapat dibentuk sebuah model tiga dimensi. Model ini direpresentasikan oleh titik-titik tiga dimensi

(x, y, z). Untuk dapat membentuk model tiga dimensi tersebut diperlukan suatu proses hitungan fotogrammetri seperti orientasi dalam, orientasi luar, dan orientasi absolut. *PhotoModeler Scanner* merupakan perangkat lunak yang menyediakan alat yang digunakan untuk pemodelan 3D dengan basis 3D scanning. *Scanner* 3D mampu memberikan hasil yang sama dengan *laser scanner* 3D., Kegunaan utama perangkat lunak ini adalah adanya suatu proses yang dinamakan dengan *inverse camera*, dalam proses tersebut dapat dilakukan pengukuran yang akurat di origin foto yang belum terdefinisi. Modul *PhotoModeler Scanner* digunakan untuk membuat sebuah model 3D dari rangkaian foto suatu obyek. Model yang dihasilkan berupa sekumpulan titik-titik tiga dimensi yang mempunyai nilai berupa koordinat kartesian 3D. Titik-titik dan tepi model 3D tersebut dapat dihubungkan dengan suatu garis atau model permukaan obyek itu sendiri.

3.6. New Project

Saat memulai menggunakan *PhotoModeler Scanner* maka perangkat lunak ini akan menampilkan *Getting Started*. Untuk memulai *Project* baru dapat digunakan pilihan *Point-Based Project*. Pilihan ini digunakan jika model obyek 3D dibentuk berdasarkan titik-titik pada foto.



Gambar 3. Tampilan menu awal untuk membuat *project* baru

3.7. Marking and Referencing

Pada tahap ini dilakukan menandai titik-titik obyek dan mengidentifikasi titik yang sama pada foto yang berbeda. Untuk membentuk suatu model 3D diperlukan titik-titik yang sama minimal pada dua buah foto yang berbeda. Proses *Marking and Referencing* dapat dilakukan melalui dua cara yaitu melakukan *Marking* terlebih dahulu pada satu foto lalu mereferensikannya pada foto yang bertampalan atau melakukan proses *Marking*

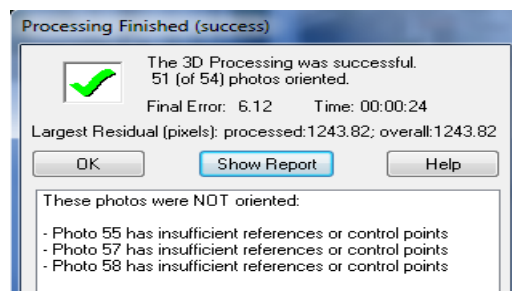
and *Referencing* secara bersamaan terhadap dua buah foto atau lebih.



Gambar 4. Tampilan proses *marking and referencing*

3.8. Proses Hitungan dan 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. Perangkat lunak *PhotoModeler Scanner* menggunakan metode *bundle adjustment* untuk mendapatkan koordinat 3D.



Gambar 5. Tampilan setelah proses 3D dilakukan

3.9. Transformasi Koordinat 3D

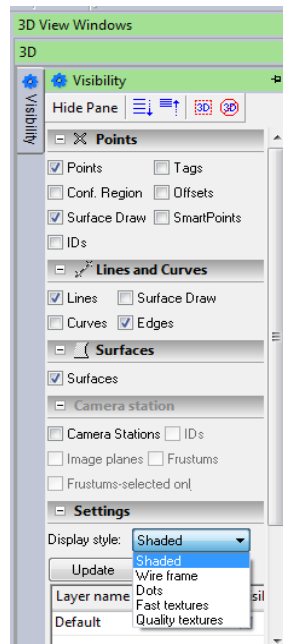
Koordinat model 3D yang dihasilkan belum memiliki ukuran sebenarnya, oleh karena itu diperlukan transformasi koordinat untuk mengubahnya menjadi ukuran sebenarnya. Transformasi koordinat ini menggunakan koordinat hasil pengukuran dengan *electronic total station*. Proses transformasi ini dilakukan pada sub menu *Scale/Rotate* kemudian memilih *Three Point* dan memasukan koordinat tiga titik sekutu yang telah diperoleh.

A, V, ...	Name	OP Id	X (m)	Y (m)	Z (m)
<input checked="" type="checkbox"/>	point 1	Pt-193	978.03	967.72	99.64
<input checked="" type="checkbox"/>	point 2	Pt-10	959.58	966.54	99.68
<input checked="" type="checkbox"/>	point 3	Pt-563	961.78	995.80	108.88

Gambar 6. Tampilan sub menu *3D scale and rotation*

3.10. Visualisasi Model 3D

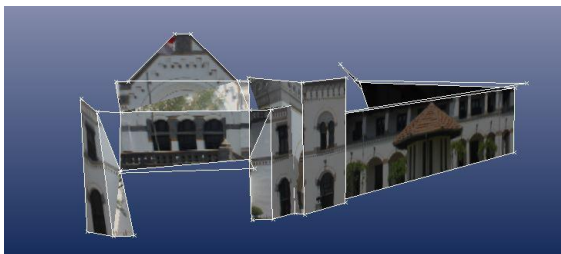
Untuk mendapatkan visualisasi model tiga dimensi yang terbentuk berupa *shade surface* dan kerangka model, sub menu yang digunakan untuk visualisasi model 3D adalah *Open 3D View* yang terdapat pada menu *View*. Kemudian agar bangunan menyerupai fisik sebenarnya, dapat diberikan tekstur. Langkah pemberian tekstur dapat dilakukan pada *3D View windows* dengan memilih *Fast Textures* pada sub menu *Display Style*.



Gambar 7. Tampilan menu 3D view windows

3.11. Texture Mapping

Tekstur mapping merupakan menu untuk memberikan tekstur pada model sehingga model bangunan tersebut nampak seperti pada bangunan sebenarnya. Proses ini dapat dilakukan dengan memilih menu *view* → *face style* → kemudian pilih *shaded with texture*

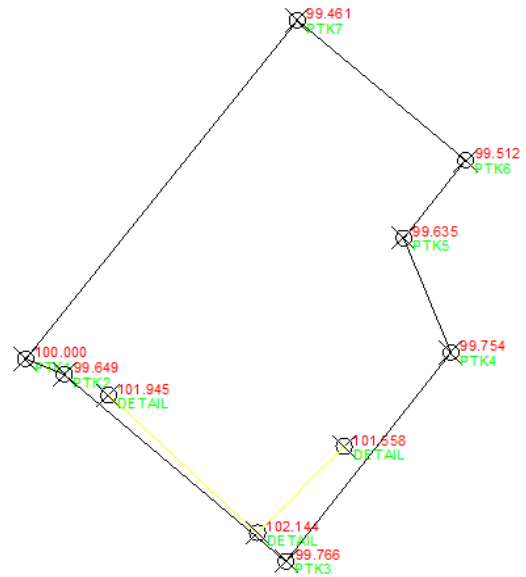


Gambar 8. Tampilan sisi depan model 3D dengan *Fast Texture*

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Evaluasi Pengukuran Poligon

Pengukuran poligon berkaitan langsung dengan titik koordinat sebenarnya yang terdapat dilapangan. Pengukuran menggunakan *electronic total station* memiliki koreksi terhadap hasil pengukuran. Koordinat yang digunakan dalam penelitian ini adalah koordinat lokal dengan koordinat di titik awal X,Y,Z yaitu 1000,000 ; 1000,000 ; 100,000.



Gambar 9. Tampilan sketsa hasil pengukuran poligon

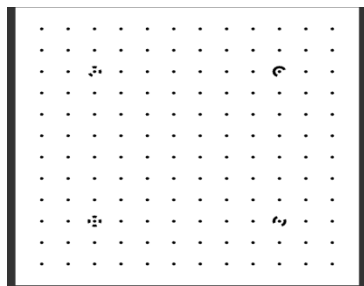
Tabel 2. hasil pengukuran ETS koordinat titik titik poligon

Titik	X (m)	Y(m)	Z(m)
1	1000	1000	100
2	1007.283	996.993	99.649
3	1048.907	961.138	99.766
4	1079.856	1001.208	99.754
5	1070.967	1023.217	99.635
6	1082.623	1038.118	99.512
7	1051	1064.977	99.461

4.2. Kalibrasi 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, distorsi 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. Ada dua jenis distorsi lensa, yaitu distorsi yang bersifat radial dan tangensial. 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.



Gambar 10. Bidang Kalibrasi ukuran 12x12 (Pullivelli,2005)

Tabel 3. Hasil kalibrasi kamera Canon 550D

Parameter Orientasi	Nilai	Simpang Baku
Panjang Fokus	18.475022 mm	0.003 mm
Xp (posisi titik utama foto)	11.621171 mm	0.002 mm
Yp (posisi titik utama foto)	7.687444 mm	0.005 mm
K1 (Distorsi Radial)	5.170e-004	1.3e-006
K2 (Distorsi Radial)	-1.292e-006	3.8e-009
K3 (Distorsi Radial)	0.000e+000	0.000e+000
P1 (Distorsi Tangensial)	-1.180e-004	9.4e-007
P2 (Distorsi Tangensial)	-8.410e-005	4.3e-006
<i>Average Photo Point Coverage</i>		84%

4.3. Analisis Statistika

1. Uji Statistik Deskriptif

Uji deskriptif dilakukan untuk mengetahui tingkat presisi dan akurasi model yang terbentuk. Dari hasil hitungan pemodelan 3D diperoleh tabel koordinat yang menunjukkan data ketelitian tiap-tiap koordinat beserta tingkat presisinya. Tingkat akurasi ini dilihat pada standar deviasi rata-rata ketelitian jarak ukuran pada model.

Tabel 4. Perbandingan ETS dengan model 3D

Sisi	Jarak (m)			Δ (m)
	ETS	Model	Meteran	
lebar bangunan	24,722	24,809	24,761	0,087269
lebar jendela	1,429	1,448	1,524	0,019041
lebar segitiga	1,796	1,955	1,823	0,15939
tinggi bangunan	7,472	7,599	7,581	0,127813
jarak antar pintu	2,292	2,353	2,310	0,00137
			min	0,00137
			maks	0,127813
			\bar{x}	0,056412
			σ	0,064930732

2. Uji Normalitas

Uji ini digunakan untuk melihat apakah model regresi berdistribusi secara normal. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode *kolmogorov-smirnov test* terhadap data dari masing masing variabel. Model regresi dinyatakan berdistribusi normal apabila sig. *kolmogorov-smirnov test* lebih besar dari (>) dari $\alpha = 0,05$.

Tabel 5. Hasil Uji Normalitas

Asymp. Sig. (2-tailed)	LebarBangunan	LebarJendela	LebarSegitiga	TinggiBangunan	JarakAntarPintu
	1.000	.999	.871	.894	.991
a. Test distribution is Normal					

3. Uji Signifikansi (Uji T)

Untuk mendapatkan hitungan mengenai signifikansi, maka akan dilakukan uji T, yang mana pada uji T akan mencari perbedaan yang terjadi secara signifikan atau tidak.

Tabel 6. Hasil uji T

Pair	ETS-Model	Paired Samples Test						t	df	Sig. (2-tailed)	
		Paired Differences									
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval Of the Difference		Lower				Upper
					Lower	Upper					
1	Model	-.0920	.0554	.0247	-.1608	-.02320	-3.713	4	.021		

4. Uji Kepercayaan (Uji F)

Uji kepercayaan digunakan untuk melihat kebaikan model regresi. Pengujian menggunakan uji – F yaitu melihat pengaruh antara variabel independen terhadap variabel dependen secara bersama – sama. Adanya pengaruh secara bersama – sama antara variabel independen terhadap dependen, yang dibuktikan dari hasil sig. α kurang dari 0.05, maka

model regresi yang digunakan dinyatakan fit atau baik.

Tabel 7. Hasil uji F

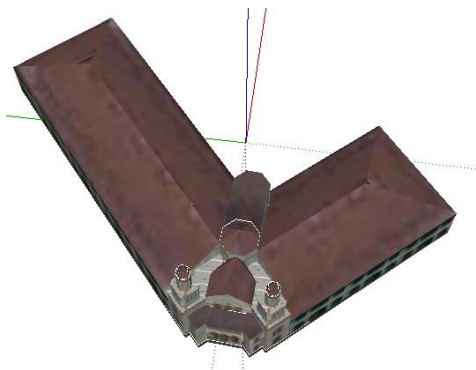
ANOVA					
Dimensi	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	.021	2	.011	.000	1.000
Within Groups	1179.197	12	98.266		
Total	1179.218	14			

4.4. Hasil Model Akhir

Setelah hasil proses pemodelan bagian bangunan gedung inti diperoleh, serta telah melalui proses pembuatan model kubah dan penyelesaian akhir maka diperoleh hasil model akhir.



Gambar 11. Model 3D gedung



Gambar 12. Model 3D gedung tampak atas

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

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

1. Hasil pemodelan 3D Gedung A Lawang Sewu menggunakan *PhotoModeler Scanner v.7 2013* kurang maksimal dikarenakan banyaknya sisi yang tidak dapat diproses karena halangan di sekitar Gedung A Lawang Sewu yang terlalu

banyak, yaitu pagar di bagian belakang yang menyebabkan proses pengambilan foto menjadi terhambat serta deretan pepohonan di depan sisi sebelah barat gedung tersebut.

2. Potensial akurasi pemrosesan model 3D masih sangat rendah yaitu nilai 1 (*Lowest*). Validasi model secara geometrik berdasarkan hasil analisis perbandingan jarak model dengan hasil pengukuran di lapangan menggunakan alat ukur ETS memiliki nilai selisih antara 0,001 meter hingga 0,128 meter dengan nilai $RMS \pm 0,065$ meter. Hal ini dapat terjadi karena kesalahan dalam meletakkan titik pengukuran di lapangan dengan titik pada model 3D.
3. Pelaksanaan uji statistik yang dilakukan pada penelitian ini adalah uji signifikansi dengan hasil yang menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara pengukuran ETS, hasil model dan hasil pengukuran meteran. Selain uji signifikansi, dilakukan juga uji F dengan hasil nilai $F_{hitung} 0$, yang artinya data tersebut fit karena hasilnya $< 0,05$ dan semua uji ini, dilakukan dengan tingkat kepercayaan 95%.

5.2. Saran

Beberapa saran yang ingin penulis sampaikan untuk pengembangan ilmu fotogrametri rentang 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 dan lakukan pemotretan obyek dari tempat yang lebih tinggi untuk menjangkau bagian yang tidak terlihat secara horisontal.
3. Pemotretan bangunan diatur sedemikian rupa sehingga sisi bangunan dapat terpotret keseluruhan dalam satu *frame*.

4. Proses *Marking and Referencing* pada setiap titik sebaiknya dilakukan lebih dari dua foto agar memiliki hasil akurasi yang tinggi. Karena titik yang hanya pada dua buah foto masih masuk dalam kategori *Weak* walaupun dapat membentuk 3D.
5. Pengukuran dengan menggunakan *Electronic Total Station* sebaiknya menggunakan target berupa stiker reflektor untuk mengurangi kesalahan pada penempatan titik di obyek.
6. 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 *Marking and Referencing* nantinya.

DAFTAR PUSTAKA

- Atkinson, K.B. (1996) : *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Whittles Publishing. Scotland, UK.
- Pullivelli. (2005) : *Low-Cost Digital Cameras: Calibration, Stability Analysis, and Applications*. Department Of Geomatics Engineering. Canada.
- Santoso, B. (2001) : Konsep Dasar Fotogrammetri. Institut Teknologi Bandung. Fakultas Ilmu Kebumihan, Jurusan Teknik Geodesi. Bandung.
- Soeta'at. (1994) : Diktat Fotogrametri Analitik. Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.