

ANALISIS KETELITIAN HASIL PEMODELAN TIGA DIMENSI MENGGUNAKAN *ACTION CAMERA*
DENGAN METODE FOTOGRAMETRI JARAK DEKAT
(Studi Kasus: Malang, Jawa Timur)

Rheza Aprianto¹. ; M. Edwin Tjahjadi. S.T., Ph. D.² ; Adkha Yulianandha M., S.T., M.T.³

¹Mahasiswa Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang

^{2,3}Dosen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional Malang
Jl. Bendungan Sigura-gura Kampus 1, No.2 Malang Telp. 0341-551431

Abstraksi

Action camera merupakan kamera digital yang memiliki karakteristik ringan, berdimensi kecil, tahan air, dan *field of view* (FOV) yang lebar. Pemodelan tiga dimensi menggunakan data hasil akuisisi *action camera*. Hasil pemotretan menggunakan *action camera* memiliki tingkat distorsi lensa *action camera* yang tinggi. Analisis ketelitian penggunaan *action camera* dalam pembuatan model tiga dimensi dengan metode fotogrametri jarak dekat dilakukan untuk mengetahui tingkat ketelitian hasil pemodelan.

Pengambilan data dilakukan dengan pemotretan foto terhadap objek penelitian yaitu ruang tamu rumah. Pererekaman dilakukan menggunakan *action camera* Samsung Gear 360 2017. *Action camera* ini mampu melakukan pemotretan foto menggunakan 180° *view angle* dan 360° *view angle*. Data foto kemudian diproses menggunakan *software* Agisoft PhotoScan Professional untuk menghasilkan model tiga dimensi. Model tiga dimensi yang dihasilkan adalah model tiga dimensi dari data foto 180° *view angle* dan model tiga dimensi dari data foto 360° *view angle*.

Hasil penelitian menunjukkan kualitas geometri yang dihasilkan berdasarkan pada jarak model dengan RMSE yaitu 0,044 m untuk model hasil dari data foto 360° *view angle*, sedangkan model dari data foto 180° *view angle* yaitu 0.042 m. Tingkat kesesuaian bentuk model tiga dimensi pada model 360° *view angle* lebih menyerupai aslinya dibandingkan dengan 180° *view angle*.

Kata kunci: *action camera*, fotogrametri jarak dekat, ketelitian, model tiga dimensi,.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan *action camera* untuk pengumpulan data geospasial menjadi sesuatu yang penting dan menjadi populer. Pada dasarnya *action camera* yang merupakan kamera digital dengan karakteristik ringan, berdimensi kecil, tahan air, dan *field of view* (FOV) yang lebar dikembangkan untuk kegiatan olahraga maupun fotografi dasar laut. Berdasarkan karakteristiknya, penggunaan *action camera* mulai meluas untuk kegiatan pengumpulan data menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), *mobile mapping system*, maupun kegiatan fotogrametri lainnya (Teo, 2015).

Rekonstruksi model tiga dimensi dalam sistem koordinat yang berubah-ubah dan tujuan utamanya adalah menemukan cara untuk menghasilkan model komputer dari permukaan objek yang paling cocok aslinya (Tjahjadi, 2017). Data geospasial yang dimaksud dapat berupa data model tiga dimensi. Penggunaan *action camera* dalam pengambilan data ini memiliki kelebihan yaitu bersifat fleksibel dan membutuhkan biaya minimal (Cruz dkk, 2015).

Tiap-tiap *action camera* memiliki perbedaan dari segi spesifikasi seperti sensor kamera, fokus kamera, dan *angle view*. Lensa yang digunakan berbentuk *wide lens* sehingga tingkat distorsi yang dihasilkan jauh lebih besar (Balleti dkk, 2014). Koreksi distorsi dibutuhkan agar didapatkan data foto yang akurat.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka diperlukan analisis terhadap permasalahan tersebut. Adapun perumusan masalah yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah:

1. Sampai sejauh mana kemampuan penggunaan *action camera* untuk pemodelan tiga dimensi dapat dilakukan?
2. Bagaimana hasil perbandingan ketelitian menggunakan 180° *view angle* dan 360° *view angle*?

1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

1.3.1. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan analisis ketelitian penggunaan *action camera* untuk pemodelan tiga dimensi menggunakan metode fotogrametri jarak dekat. Evaluasi dilakukan dengan melihat tingkat ketelitian model tiga dimensi yang dihasilkan menggunakan kamera dengan 180° *view angle* dan 360° *view angle*.

1.3.2. Manfaat

Penggunaan *action camera* untuk pemodelan tiga dimensi diharapkan memberikan sebuah terobosan baru di dunia fotogrametri jarak dekat. Hasil analisis ini diharapkan menjadi pertimbangan bagi instansi-instansi terkait maupun individu dalam melakukan pengambilan data dan informasi geospasial secara mudah, fleksibel, dan efisien.

1.4. Batasan Masalah

Data utama penelitian adalah foto objek yang diperoleh dari pemotretan langsung di lapangan. Data foto kemudian digunakan sebagai data pembuatan model tiga dimensi. Batasan-batasan pada penelitian ini yaitu:

1. Objek penelitian adalah ruang tamu rumah.
2. Objek yang diamati dalam keadaan diam tanpa ada perubahan kedudukan.
3. Pengambilan data foto menggunakan *action camera* (Samsung Gear 360 2017).
4. Sumber cahaya alami dan lampu.

2. DASAR TEORI

2.1 Fotogrametri Jarak Dekat

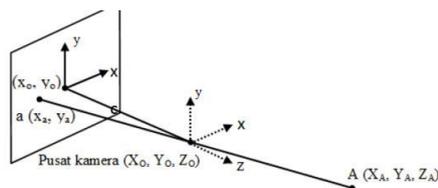
Fotogrametri seperti didefinisikan oleh *American Society of Photogrammetry* merupakan seni, ilmu, dan teknologi untuk memperoleh informasi yang handal mengenai objek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran, dan interpretasi foto maupun pola yang terekam oleh pancaran energi elektromagnetik. Istilah fotogrametri jarak dekat pada umumnya digunakan untuk foto terestrial yang mempunyai jarak objek sampai dengan 300 meter (Wolf dkk, 2014).

Fotogrametri jarak dekat mengkombinasi akuisisi data geometri dan tekstur suatu benda sehingga ketelitian dalam rekonstruksi suatu bangunan sangat baik. Adapun ketelitian dalam fotogrametri jarak dekat menurut Harintaka (2012) dipengaruhi oleh:

1. *Base/height ratio*.
2. Jumlah foto.
3. Jumlah titik kontrol.
4. Jumlah titik diukur di foto (*tie point*).
5. GSD pixel.
6. IOP (*internal orientation parameter*) dan EOP (*external orientation parameter*).

2.2 Prinsip Fotogrametri Jarak Dekat

Pada saat sebuah foto diambil, berkas sinar dari objek akan menjalar menyerupai garis lurus menuju pusat lensa kamera hingga mencapai bidang sensor. Kondisi dimana titik objek pada dunia nyata, titik pusat 8 proyeksi, dan titik objek pada bidang foto terletak satu garis dalam ruang dinamakan kondisi kegarisan berkas sinar atau kondisi kolinearitas (*collinearity condition*). Kondisi ini merupakan syarat fundamental dalam fotogrametri (Atkinson, 1996) seperti terlihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Kondisi Kolinear (Atkinson, 1996)

Pusat dari sistem koordinat berkas merupakan pusat dari lensa kamera, yang dikenal dengan nama pusat perspektif (Tjahjadi dan Fourry, 2017). Titik pusat lensa kamera diketahui, sehingga berkas sinar dari objek yang melewati pusat lensa kamera akan jatuh pada sebuah titik pada bidang foto yang dapat diketahui koordinat fotonya. Perhatikan Gambar 2.1. X_0, Y_0, Z_0 merupakan titik pusat kamera, x_a, y_a, z_a merupakan koordinat sebuah titik A pada sistem koordinat berkas, dan X_A, Y_A, Z_A merupakan koordinat titik A pada sistem koordinat tanah, maka persamaan kolinearitasnya (Tjahjadi dkk., 2013; 2017; 2019a; 2019b):

$$\begin{aligned} x &= x_0 - f \frac{m_{11}(X-X_0) + m_{12}(Y-Y_0) + m_{13}(Z-Z_0)}{m_{31}(X-X_0) + m_{32}(Y-Y_0) + m_{33}(Z-Z_0)} \\ y &= y_0 - f \frac{m_{21}(X-X_0) + m_{22}(Y-Y_0) + m_{23}(Z-Z_0)}{m_{31}(X-X_0) + m_{32}(Y-Y_0) + m_{33}(Z-Z_0)} \end{aligned}$$

Dimana,

X, Y : Koordinat titik A di foto
 x_0, y_0 : Koordinat titik utama
 X, Y, Z : Koordinat titik A di permukaan bumi
 X_0, Y_0, Z_0 : Koordinat pusat pemotretan
 f : panjang fokus kamera
 M_{ij} : Elemen matrik rotasi
 Elemen dari matrik rotasi diberikan pada persamaan (Tjahjadi & Agustina, 2017) :

$$M = M_{\omega} M_{\phi} M_{\kappa} \begin{pmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{pmatrix}$$

Dimana,

$m_{11} = \cos\phi \cos\kappa$
 $m_{12} = \sin\phi \sin\phi \cos\kappa + \cos\phi \sin\kappa$
 $m_{13} = -\cos\phi \sin\phi \cos\kappa + \sin\phi \sin\kappa$
 $m_{21} = -\cos\phi \sin\kappa$
 $m_{22} = -\sin\phi \sin\phi \cos\kappa + \cos\phi \sin\kappa$
 $m_{23} = \cos\phi \sin\phi \cos\kappa + \sin\phi \sin\kappa$
 $m_{31} = \sin\phi$
 $m_{32} = -\sin\phi \cos\phi$
 $m_{33} = \cos\phi \cos\phi$

2.3 Kamera

Kamera yang digunakan dalam fotogrametri secara umum dibagi menjadi dua, yaitu kamera metrik dan kamera non metrik. Kamera metrik merupakan kamera yang memiliki ketelitian tinggi dan biasa digunakan untuk kebutuhan pemetaan dan memiliki resolusi spasial yang baik. Sedangkan kamera non metrik adalah kamera yang mengedepankan kualitas gambar yang dihasilkan. Pada pembuatan kamera non metrik tidak ada spesifikasi untuk menyelaraskan elemen lensa secara presisi sehingga harus dilakukan kalibrasi untuk menghilangkan kesalahan sistematis dan mendapatkan hasil yang baik berbagai terapan fotogrametri terestrial (Tjahjadi dkk, 2019).

Kamera non metrik yang banyak digunakan adalah jenis kamera non metrik yang menggunakan sistem digital atau dikenal dengan sebutan kamera digital. Kamera digital memiliki komponen utama yang terdiri atas lensa, sensor, dan media penyimpanan. Kamera digital

menggunakan sensor optik elektrik berupa *Charge- Couple Device* (CCD) atau *Complementary Metal Oxide Semiconductor* (CMOS) (Maharani, 2015). Kamera digital dengan sensor berupa CCD mampu menghasilkan gambar dengan kualitas yang baik dibandingkan dengan sensor CMOS (Litwiller, 2001).

2.4 Action Camera

Action Camera atau Kamera Aksi adalah perangkat kamera yang dirancang dengan tombol dan fungsi yang simpel untuk mengabadikan berbagai momen. Pada dasarnya *action camera* yang merupakan kamera digital dengan karakteristik ringan, berdimensi kecil, tahan air, dan *field of view* (FOV) yang lebar dikembangkan untuk kegiatan olahraga maupun fotografi dasar laut. Berdasarkan karakteristiknya, penggunaan *action camera* mulai meluas untuk kegiatan pengumpulan data menggunakan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), *mobile mapping system*, maupun kegiatan fotogrametri lainnya (Teo, 2015).

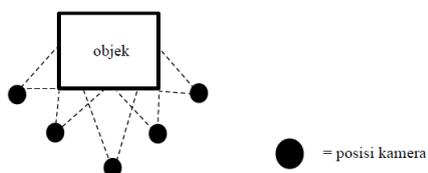
Salah satu *action camera* yang digunakan pada penelitian ini adalah Samsung Gear 360 2017. Action camera ini memiliki dua lensa *fish eye* pada kedua sisi, sehingga mampu menangkap gambar dalam sudut pandang 360° horizontal dan 360° vertikal.



Gambar 2.2 Samsung Gear 360 2017 (Barazzetti dkk, 2017)

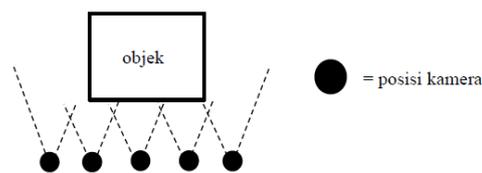
2.5 Konfigurasi Kamera

Dalam ilmu foto jarak dekat, dikenal ada dua jenis konfigurasi kamera, yaitu konvergen dan planar. Konfigurasi kamera konvergen adalah metode pengambilan gambar di sekeliling objek. Pada teknik foto jarak dekat kualitas proses penentuan koordinat dapat ditingkatkan dengan cara melakukan pembidikan ke objek secara konvergen. Hal ini disebabkan karena konfigurasi kamera konvergen menghasilkan perbandingan *base* dan *height/distance* yang baik n (Amiranti, 2016).



Gambar 2.3. Konfigurasi kamera konvergen (Amiranti, 2016).

Berbeda dengan konfigurasi kamera planar yang mengambil foto dengan letak stasiun yang berada pada satu garis lurus atau paralel. Konfigurasi kamera planar menghasilkan foto yang memiliki kemiripan orientasi. Adanya kemiripan orientasi antar foto, membuat proses *matching* foto akan berhasil. Keberhasilan tersebut disebabkan oleh keberhasilan proses *matching* antar *feature* pada setiap area yang bertampalan (Amiranti, 2016).



Gambar 2.4. Konfigurasi kamera planar (Amiranti, 2016).

2.6 Kalibrasi Kamera

Kalibrasi kamera dalam dunia fotogrametri digunakan untuk menentukan parameter-parameter geometrik lensa yang digunakan untuk memperbaiki geometri foto hasil pemotretan. Parameter geometrik lensa yang dimaksud adalah nilai konstanta orientasi dalam atau disebut sebagai IOP (*Interior Orientation Parameter*).

Metode kalibrasi yang digunakan yaitu *test field calibration*. *Test field* adalah salah satu bagian penting dari kalibrasi kamera. *Test field* dikembangkan sesuai dengan kebutuhan penelitian. Kamera dikalibrasi dengan metode *test field* terestris menggunakan *Bundle Adjustment* konvensional dengan model matematis kolinearitas yang dirancang khusus untuk lensa *fisheye* (Situmorang & Rokhmana, 2019). Model matematis kolinearitas dikombinasikan dengan model distorsi lensa umumnya digunakan dalam proses kalibrasi kamera fotogrametrik.

Orientasi dalam melibatkan parameter kalibrasi kamera yang memiliki informasi internal kamera. Orientasi dalam merupakan suatu proses yang memerlukan proses kalibrasi kamera, karena dalam proses ini dilakukan proses koreksi terhadap kesalahan akibat adanya distorsi lensa pada kamera dan kesalahan lainnya (Mathew, 2008). Proses kalibrasi kamera dapat menentukan besarnya penyimpangan akibat distorsi pada foto (Wolf, 1983). Penyimpangan tersebut menyebabkan lokasi suatu titik pada foto akan berbeda dari kondisi sebenarnya di lapangan. Beberapa parameter orientasi dalam yang digunakan dalam proses kalibrasi kamera adalah panjang focus lensa (f), parameter distorsi radial (K_1, K_2, K_3), parameter distorsi tangensial (P_1 , dan P_2), parameter distorsi parsial (b_1 , dan b_2), dan *principle point* (X_0, Y_0) (Fraser dan Kenneth, 2000).

2.7 Pemodelan Tiga Dimensi

Menurut Remondino dkk (2006), pemodelan tiga dimensi dapat dilihat sebagai proses lengkap yang dimulai dari akuisisi data dan diakhiri dengan model virtual tiga dimensi yang ditampilkan dalam komputer, sementara itu pemodelan tiga dimensi dapat menjelaskan proses yang lebih lengkap dan umum untuk proses rekonstruksi objek.

2.7.1. Pembuatan model tiga dimensi dengan perangkat lunak Agisoft PhotoScan.

Agisoft PhotoScan merupakan perangkat lunak yang digunakan dalam pembentukan model tiga dimensi yang berkualitas dari beberapa buah foto secara otomatis. (Agisoft LLC., 2014). Pembuatan model tiga dimensi dengan Agisoft PhotoScan melalui empat tahapan utama. Tahap pertama yaitu tahapan *image matching* yang disebut sebagai tahap *alignment* pada perangkat lunak ini. Hasil dari tahap ini adalah *sparse point cloud* dan konfigurasi posisi kamera. Hasil *sparse point cloud* digunakan untuk mengestimasi bentuk model tiga dimensi. Tahap kedua adalah pembentukan *dense point cloud* berupa titik-titik yang memiliki kerapatan diatas *sparse point cloud*. Tahap ketiga adalah pembentukan *mesh*. *Mesh* dibentuk dari penggabungan dari *sparse point cloud* atau *dense point cloud* menjadi jaring segitiga. Tahap keempat adalah pembentukan tekstur dari objek yang dimodelkan (Putri, 2016).

2.8 Ground Sample Distance (GSD)

Menurut Harintaka (2012), *Ground Sample Distance* (GSD) adalah nilai ukuran terkecil yang mampu terekam dalam satu piksel. GSD memiliki satuan m/piksel dimana satuan ini menunjukkan bahwa dalam satu pikselnya mewakili ukuran panjang yang terekam dalam satu piksel. Hitungan untuk memperoleh nilai GSD menggunakan rumus Harintaka (2012):

$$GSD = SPS \times \frac{h}{f}$$

Keterangan:

SPS : *sensor pixel size*
h : jarak objek ke kamera
f : panjang fokus

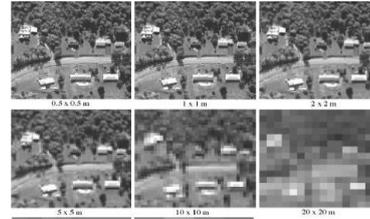
Menurut Harintaka (2012), nilai SPS dari masing-masing kamera dapat dihitung secara manual. Perhitungan nilai SPS dilakukan berdasarkan ukuran dari sensor kamera (*PCMOS*) yang diperoleh dari spesifikasi kamera dan ukuran dimensi foto.

$$SPS = \frac{PCMOS}{k}$$

Keterangan:

P_{CMOS} : ukuran dimensi sensor kamera dalam mm
k : ukuran dimensi sensor kamera dalam piksel

Nilai GSD mempengaruhi kualitas foto yang dihasilkan. Semakin kecil nilai GSD maka foto yang dihasilkan semakin bagus.



Gambar 2.7. Ilustrasi perbedaan nilai GSD (Oktaviani dkk, 2016).

2.9 Root Mean Square Error (RMSE)

Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) nomor 15 tahun 2014 menjelaskan secara rinci tentang perhitungan nilai RMSE (*Root Mean Square Error*). RMSE merupakan pengujian ketelitian posisi yang mengacu pada perbedaan komponen koordinat X,Y, dan Z antara titik uji pada gambar atau peta dengan lokasi sesungguhnya dari titik uji pada permukaan tanah. RMSE dapat digunakan untuk menggambarkan akurasi meliputi kesalahan random dan sistematis. Pengujian ketelitian posisi juga dapat dilakukan pada model tiga dimensi. RMSE pada model tiga dimensi mencakup nilai RMSE pada komponen koordinat horizontal (X,Y) dan komponen koordinat vertikal (Z). Menurut Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) nomor 15 tahun 2014.

$$RMSE_{hz} = \sqrt{\frac{\sum(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2}{n}}$$

$$RMSE_{vertikal} = \sqrt{\frac{\sum(Z_1 - Z_2)^2}{n}}$$

Dalam hal ini,

X1 : komponen koord X target di lapangan
X2 : komponen koord X target yang diuji
Y1 :komponen koord Y target di lapangan
Y2 :komponen koord Y target yang diuji
Z1 :komponen koord Z target di lapangan
Z2 :komponen koord Z target yang diuji

Ketelitian model tiga dimensi juga dapat diuji berdasarkan ukuran dimensi objek. Dimensi yang dimaksud berupa panjangnya dari dua buah titik. Menurut Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) nomor 15 tahun 2014, nilai RMSE untuk ukuran dimensi objek dapat dihitung menggunakan persamaan 2.9.

$$RMSE_{dimensi} = \sqrt{\frac{\sum(\Delta l)^2}{n}}$$

Dalam hal ini,

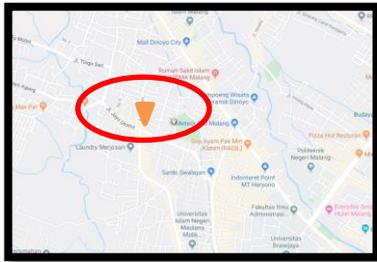
Δl : Selisih ukuran dimensi objek dan model
n : Jumlah ukuran yang digunakan

3. METODELOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu rumah kos-kosan Bapak H. Syafaat. Yang beralamat Jalan Joyo Raharjo no. 146, Gang V, Merjosari, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur. Kota Malang secara geografis terletak di

112,06° – 112,07° Bujur Timur dan 7,06° – 8,02° Lintang Selatan.



Gambar 3.1. Lokasi Penelitian (Google Inc., 2019)

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat

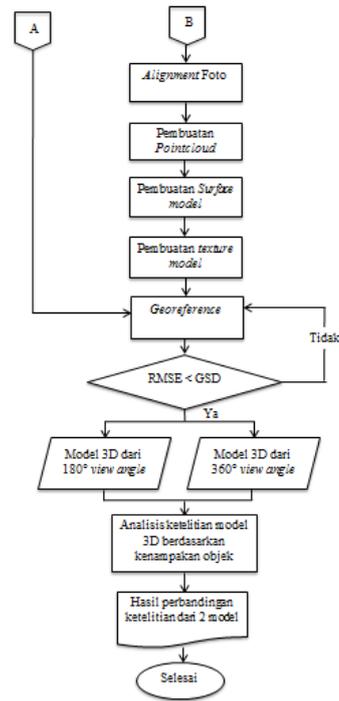
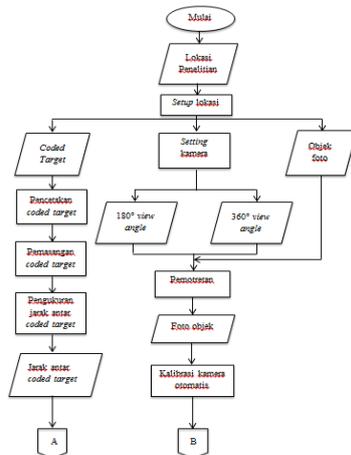
- a. Perangkat Keras
 1. *Action Camera* Samsung Gear 360 2017 15 megapiksel
 2. *Smartphone* Samsung Galaxy J7 Prime sebagai *controller*
 3. Tripot kamera
 4. Pita Ukur
 5. Kabel USB
 6. Alat tulis
- b. Perangkat lunak
 1. *Software* Agisoft PhotoScan Professional untuk pengolahan pemodelan 3D.
 2. *Software* Microsoft Office.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu:

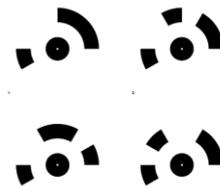
1. *Coded targets*, sebagai titik kontrol pada foto yang didapatkan dari software Agisoft Photoscan Professional
2. Objek berupa ruangan
3. Foto objek.

3.3. Diagram Alir



Berikut adalah penjelasan dari diagram alir:

1. *Setup Lokasi*. Sebelum melakukan kegiatan terlebih dahulu menentukan objek yang sesuai untuk penelitian serta alat dan bahan untuk penelitian, pada penelitian ini objek penelitiannya yaitu ruang tamu pada sebuah rumah kos di kota Malang. Alat yang digunakan yaitu *Action Camera* Samsung Gear 360 2017.
2. *Coded targets*



Gambar 3.2. *Coded targets* agisoft photoscan professional.

3. Pemasangan *coded target* pada objek yang akan dipotret. *Coded target* yang telah terpasang lalu dilakukan pengukuran jarak antar *coded target* untuk uji ketelitian terhadap hasil model tiga dimensi
4. *Setting Kamera*. *Setting camera* menggunakan smartphone Samsung Galaxy J7 Prime. Berikut pengaturan kamera yang digunakan dalam pengambilan data :
 Kamera : Samsung Gear 360 2017
 Focal length : 1.2 mm
 Image size 360° view angle: 5472 x 2736 piksel

Image size 180° *view angle*: 2304 x 1296 piksel

Aperture : 1 / 2.2

ISO : 1600

Angle of view : 180° dan 360°

5. Pengambilan Data Foto. Pengambilan data perekaman foto untuk pembuatan model tiga dimensi diperlukan penyesuaian tata letak yang baik. Hasil pemodelan tiga dimensi akan bergantung terhadap cakupan hasil foto. Untuk perekaman juga. Pengambilan data dilakukan dengan cara melakukan pemotretan dengan kamera pada semua sisi objek yang akan difoto. Foto yang diambil berupa hasil 180° *view angle* dan 360° *view angle*.

6. Pembuatan Model Tiga Dimensi. Pengolahan data foto menggunakan software Agisoft Photoscan Professional. Tahapan pembuatan model tiga dimensi yaitu:

- a. *Alignment* foto

Hal yang dilakukan berikutnya adalah melakukan alignment. Jika foto yang digunakan untuk pembuatan model tiga dimensi sudah berhasil dilakukan alignment, maka sudah bisa diartikan bahwa foto sudah tereferensi satu sama lain. Dari proses alignment akan dihasilkan Sparse Cloud, atau titik-titik yang sudah match antar satu foto dengan yang lainnya.

- b. *Dense Cloud*

Proses setelahnya adalah pembuatan *dense cloud*. Langkah ini juga dilakukan secara otomatis oleh perangkat lunak. Sebelum perangkat lunak melakukan pembuatan *dense cloud*, ditentukan dahulu ketelitian yang dapat mempengaruhi hasil akhir dari model. Proses ini akan menampilkan model sementara yang berhasil dibentuk dalam pembuatan *dense cloud*.

- c. *Mesh Point*

Pada proses mesh point, hasil dari pengolahan *point cloud* akan diubah menjadi bentuk model tiga dimensi (*surface model*). Mesh disini sudah membentuk kenampakan model tiga dimensi seperti objek aslinya. Meskipun begitu, bentuk mesh belum memiliki warna dan tekstur yang sama dengan objek aslinya

- d. *Texturing Model*

Model tiga dimensi yang dihasilkan setelah pembentukan tekstur ini akan menyerupai objek aslinya. Tekstur yang dihasilkan juga dapat diekspor menjadi sebuah foto.

5. Analisis ketelitian model 3D.

Analisis dilakukan dengan merujuk pada hasil 3 dimensi pada model menggunakan foto 180° *angle view* dan 360° *angle view* dengan dibandingkan pada pengukuran jarak langsung antar *coded target* menggunakan pita ukur. Sehingga

dapat diketahui model yang memiliki kualitas lebih baik.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pemotretan Objek.

Pemotretan objek dilakukan dengan mengelilingi bagian dalam objek 360 derajat dikarenakan objek berupa ruangan. *Setting* kamera pada pemodelan tiga dimensi ini memiliki panjang fokus yang sama sebesar 1,2 mm, bidikan ISO sama, dan *aperture* yang sama pula. Pengaturan-pengaturan tersebut disesuaikan dengan kebutuhan dan keadaan cahaya yang ada pada saat pengambilan data.

Pemotretan menghasilkan foto sebanyak 81 foto 360° *angle view* dan 108 foto 180° *angle view*. Sehingga total foto yang didapat sejumlah 189 foto. Berikut ini merupakan sampel data foto yang diambil:

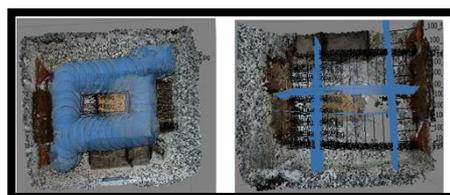


Gambar 4.1. Data Foto 360° *view angle*.



Gambar 4.2. Data Foto 180° *view angle*.

Hasil pemotretan pada penelitian ini menggunakan konfigurasi kamera seperti berikut ini:



Gambar 4.3. Konfigurasi kamera.

4.2. Hasil Pengukuran Jarak

Pengukuran jarak antar *coded target* dilakukan sebanyak 10 kali pada tiap jarak menggunakan pita ukur sehingga total jarak yang terukur sebanyak 80. Terdapat 8 jarak dari 10 *coded target*. Kemudian dari 8 jarak dihitung secara statistik untuk mendapatkan nilai rata-ratanya. Posisi tiap *coded target* ditampilkan pada gambar berikut:

Hasil jarak yang telah dihitung disajikan pada tabel berikut ini:

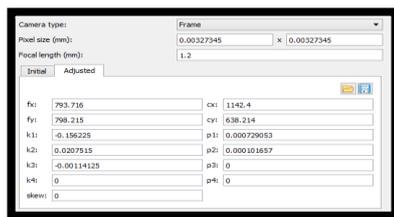
Tabel 4.1. Jarak Antar *Coded Target*

No	Label	Jarak (m)
1	1 – 2	1,719
2	3 – 4	1,547
3	3 – 5	2,839
4	4 – 5	1,638
5	6 – 7	1,628
6	8 – 9	1,392
7	8 – 10	2,395
8	9 – 10	1,749

Nilai jarak yang diukur menggunakan pita ukur berbeda-beda. Perbedaan ini dikarenakan peletakan *coded target* yang secara merata sehingga jarak yang dihasilkan berbeda-beda

4.3. Hasil Kalibrasi Otomatis Pada Agisoft Photoscan Professional.

Pada saat *software* Agisoft mengolah data foto untuk membuat model tiga dimensi, pada proses *alignment* akan menghasilkan nilai parameter kalibrasi kamera. Parameter yang dihasilkan meliputi, panjang focus lensa (*f*), parameter distorsi radial (*K1, K2, K3*), parameter distorsi tangensial (*P1*, dan *P2*), parameter distorsi parsial (*b1*, dan *b2*), dan *principle point* (*X0, Y0*). Nilai parameter tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.5. Nilai Parameter Kalibrasi pada Foto 180° *View Angle*.



Gambar 4.5. Nilai Parameter Kalibrasi pada Foto 180° *View Angle*.

Dari ukuran piksel yang tercantum pada gambar 4.4, dapat dihitung ukuran sensor kameranya menggunakan persamaan 2.8.

$$SPS = \frac{PCMOS}{K}$$

$$2304 \times 0.00327345 = 7,5 \text{ mm}$$

$$1296 \times 0.00327345 = 4,2 \text{ mm}$$

Sehingga didapatkan ukuran sensor kameranya adalah 7,5 mm x 4,2 mm

Pada pengolahan menggunakan data foto 180° *view angle*, nilai parameter kalibrasi dapat ditampilkan. Namun pada pengolahan menggunakan data foto 360° *view angle* nilai parameter kalibrasi tidak dapat ditampilkan. Ini dikarenakan perlu dilakukan *georeference* menggunakan koordinat agar *software* Agisoft dapat menampilkan *report* dari hasil pengolahan foto untuk pemodelan tiga dimensi.

4.4. Hasil Analisis Model Tiga Dimensi

4.4.1. Analisis Ketelitian Model

Jumlah jarak langsung yang telah diukur sebanyak 8 jarak. Pada model juga dilakukan pengukuran jarak pada jarak yang sama dengan jarak pada pengukuran hasil model 1 dan model 2 menggunakan Agisoft Photoscan Professional. Hasil dari selisih jarak langsung dengan antar model mendapatkan nilai RMSE. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel 4.2 berikut:

Tabel 4.2. Jarak Antar *Coded Target* pada Model 360° *View Angle*.

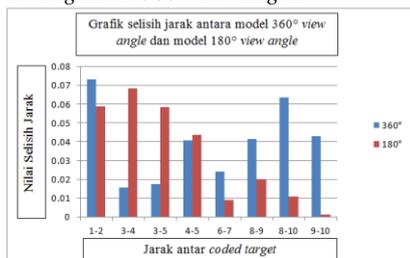
No	Label	Jarak Di Lapangan(m)	Jarak Model (m)	Selisih Jarak (m)
1	1 – 2	1,719	1,792	0,073
2	3 – 4	1,547	1,563	0,016
3	3 – 5	2,839	2,857	0,018
4	4 – 5	1,638	1,679	0,041
5	6 – 7	1,628	1,604	-0,024
6	8 – 9	1,391	1,350	-0,041
7	8 – 10	2,395	2,332	-0,063
8	9 – 10	1,749	1,706	-0,043
RMSE Total				0,044

Tabel 4.3. Jarak Antar *Coded Target* pada Model 180° *View Angle*.

No	Label	Jarak Di Lapangan(m)	Jarak Model (m)	Selisih Jarak (m)
1	1 – 2	1,719	1,778	0,059
2	3 – 4	1,547	1,479	-0,068
3	3 – 5	2,839	2,781	-0,058
4	4 – 5	1,638	1,682	0,044
5	6 – 7	1,628	1,619	-0,009
6	8 – 9	1,392	1,372	-0,020
7	8 – 10	2,395	2,385	-0,011
8	9 – 10	1,749	1,751	0,001
RMSE Total				0,042

Tabel 4.2 dan tabel 4.3 memperlihatkan bahwa hasil pemodelan tiga dimensi dengan kontrol menggunakan skala hanya dalam fraksi sentimeter. Dari kedua model, diperoleh nilai total *error* pada model 360° *view angle* yaitu sebesar 0,044 m dan pada model 180° *view angle* yaitu sebesar 0,042 m. Dari tabel terlihat nilai selisih minimum pada model 360° *view angle* yaitu 0,016 m dan selisih maksimum sebesar 0,073 m. Untuk nilai selisih minimum pada model 180° *view angle* yaitu 0,001 m dan selisih maksimum sebesar 0,068 m. Sehingga ketelitian model 360° *view angle* lebih baik dibandingkan dengan model 360° *view angle*.

Dengan melihat data tersebut dapat diketahui bahwa jarak antar *coded target* pada model tiga dimensi dengan hasil foto 180° *view angle* lebih teliti dimana mempunyai nilai RMSE paling kecil. Berikut merupakan grafik selisih jarak pada bidang datar pada model dari data foto 180° *view angle* dan 360° *view angle*.



Gambar 4.7. Grafik Selisih Jarak Antara Model 1 dan Model 2.

4.4.2. Analisis Visualiasi Model

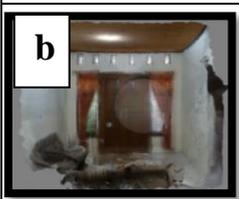
Visualisasi model tiga dimensi dengan menggunakan *action camera* Samsung Gear 360 dengan metode fotogrametri jarak dekat. Model tiga dimensi ini diolah menggunakan software Agisoft Photoscan Professional. Pengolahan dilakukan pada dua data foto yang berbeda sehingga menghasilkan dua bentuk model. Model 1 dapat dilihat pada gambar berikut:

Tabel 4.4. Visualisasi keempat sisi model 360° *view angle*.

Model 360° <i>view angle</i>	Objek Asli
	

Model 360° <i>view angle</i>	Objek Asli
	
	
	

Tabel 4.5. Visualisasi keempat sisi model 180° *view angle*.

Model 180° <i>view angle</i>	Objek Asli
	
	
	
	

Perbandingan kesesuaian bentuk terlihat pada hasil model dibandingkan dengan obyek aslinya. Terlihat pada obyek sofa pada model 360° *angle view*, model yang dihasilkan lebih sesuai jika dibandingkan dengan obyek sofa pada model 360° *view angle*. Pada obyek dinding

terlihat bahwa pada model 360° view angle bentuk dinding termodelkan lebih halus dibanding kan dengan dinding pada model 180° view angle. Pada obyek meja di tengah ruangan, terlihat bahwa bentuk meja tidak terbentuk sempurna di kedua model.

Hasil pada 360° view angle menyerupai hasil 180° view angle, namun tingkat kesesuaian bentuk model tiga dimensi pada model 360° view angle lebih menyerupai aslinya dibandingkan dengan 180° view angle. Bentuk dari objek yang termodelkan tampak lebih jelas dan baik dibandingkan dengan model 180° view angle. Hal ini disebabkan kurang tercapunya obyek pada saat pengambilan data sehingga point cloud yang dihasilkan kurang sesuai dengan bentuk aslinya.

5. PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Kualitas geometri yang dihasilkan berdasarkan pada jarak model dan jarak sebenarnya yaitu RMSE yaitu 0,044 m untuk model hasil dari data foto 360° view angle, sedangkan model dari data foto 180° view angle yaitu 0,042 m. Selisih jarak keduanya tidaklah terlalu berbeda dan ketelitian yang dihasilkan dalam fraksi sentimeter. Hal ini disebabkan pada proses kalibrasi kamera. Pada model dengan menggunakan data foto 180° view angle mendapatkan koreksi parameter distorsi radial (K1,K2,K3) dan parameter distorsi tangensial (P1, dan P2), sedangkan pada model 360° view angle tidak mendapatkan parameter tersebut.
2. Dari segi bentuk visual informasi yang didapat dari model tiga dimensi yang telah terbentuk, menunjukkan bahwa pembentukan model tiga dimensi menggunakan data foto 360° dan model tiga dimensi dengan menggunakan data foto 180° view angle, keduanya menghasilkan model yang menyerupai obyek aslinya.

5.2. Saran

Penelitian yang telah dikerjakan tidak sepenuhnya sempurna. Terdapat beberapa kekurangan yang tidak sesuai dengan yang diharapkan. Berdasarkan penelitian ini maka terdapat beberapa saran apabila kajian mengenai pemanfaatan depth camera akan dikembangkan, yaitu:

1. Pada penggunaan Samsung Gear 360 2017 perlu diperhatikan dalam proses akuisisi data, sebaiknya kamera ini diletakkan pada tripod khusus sehingga foto yang diambil tidak menangkap obyek-obyek yang tidak diinginkan.

2. Pada penelitian berikutnya pengambilan data foto melibatkan interior dan eksterior sebuah ruangan sehingga hasil model lebih padat.
3. Penelitian berikutnya bisa dilakukan uji kesuaian geometri dengan menggunakan titik koordinat sebenarnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agisoft LLC., 2014. Agisoft PhotoScan User Manual Professional Edition. *Version 1.1, Copyright Agisoft LLC.*
- Amiranti, A. Y. 2016. Pembuatan Model Tiga Dimensi Menggunakan Foto Jarak Dekat dengan Kombinasi Metode Interaktif dan Otomatis. Skripsi. Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Anonim. 2014. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar.
- Atkinson, 1996. *Close Range Photogrammetry and Machine Vision.* Scotland, UK: Whittles Publishing.
- Balletti, C., Guerra, F., Tsioukas, V. and Vernier, P., 2015. *Calibration of Action Camera for Photogrammetric Purposes, Sensors, 14: 17471-17490.*
- Barazzetti, L., Previtali, M., Roncoroni, F. 2017. 3D Modelling With The Samsung Gear 360. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W3.
- Cruz, D., Patricia K., Magtalas, Lyle M. S., Principe J., 2015. *3D Model Generation Using Photogrammetric Analysis of Paired GoPro Video,* Philippines.
- Fraser, C.S, Kenneth, L.E., 2000, *Design and Implementation of a Computational Processing System for Off-line Digital Close Range Photogrammetry, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 55(2): 94-104.*
- Google Inc. 2019. Google Maps: Peta Lokasi Jalan Joyo Raharjo Kota Malang dalam <http://maps.google.com/>.
- Harintaka, 2012. Fotogrametri Non Topografi. Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Litwiller, D., 2001. *CCD vs CMOS: Fact and Fiction.* Canada. PHOTONICS SPECTRA © Laurin Publishing Co. Inc.
- Maharani, M., 2015. Analisis Ketelitian Model Tiga Dimensi Bangunan Besar yang Dihasilkan dari Metode Fotogrametri Jarak Dekat. Skripsi. Jurusan Teknik

- Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Mathew, S. J. 2008. *Close Range Photogrammetry*. Computer Vision: University of Texas at Arlington.
- Oktaviani, Amelia, dan Yarjohan. 2016. Perbandingan Resolusi Spasial, Temporal dan Radiometrik Serta Kendalanya. Bengkulu. Jurnal Enggano Vol.1.
- Putri, R. A. E. 2016. Evaluasi Ketelitian Penggunaan *Action Camera* untuk Pemodelan Tiga Dimensi dengan Metode Fotogrametri Jarak Dekat. Skripsi. Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Remondino, F., El-hakim, Sabry. 2006. *Image-based 3D modelling: A review*. Jurnal. National Research Council of Canada.
- Rokhmana, C. A., Gumeidhidta I. A., dan Tjahjadi M. E. 2019. Potential Use of UAV-Based Mapping System to Accelerate the Production of Parcel Boundary Map in Indonesia. GEODETA.
- Situmorang, P. H., dan Rokhmana, C. A. 2019. Calibration of Digital Cameras for Mobile Mapping Purposes. *Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, II(1), 138-143.
- Teo, Tee-Ann. 2015. Video-based Point Cloud Generation Using Multiple Action Camera. Taiwan.
- Tjahjadi, M. E. . 2017. Photogrammetric Area-Based Least Square Image Matching for Surface Reconstruction. *Elektrika*. Vol. 01, No. 0.
- Tjahjadi, M. E. dan Fourry H. 2017. Precise Wide Baseline Stereo Image Matching for Compact Digital Cameras. *Proc. EECSI*.
- Tjahjadi, M. E., Fourry H., dan Sai S. S. 2017. Novel Image Mosaicking of UAV's Imagery using Collinearity Condition. *International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE)*. Vol. 7, No. 3.
- Tjahjadi, M. E., Fourry H., dan Sai S. S. 2019a. Assessing a 35mm Fixed-Lens Sony Alpha-5100 Intrinsic Parameters Prior to, During, and Post UAV Flight Mission. *Knowledge E*.
- Tjahjadi, M. E. dan Fransisca D. A. 2017. Single Image Orientation of UAV's Imagery Using Orthogonal Projection Model. *Journal ITN*.
- Tjahjadi, M. E. dan Fransisca D. A. 2018. A Relative Rotation between Two Overlapping UAV's Images. *Proceeding of EECSI*.
- Tjahjadi, M. E., Purwanto H. Sai S. S. 2013. Studi Kelayakan Pemetaan Kadastral Teliti Dari Pemotretan Udara Dengan Wahana Nirawak. FIT ISI.
- Tjahjadi, E. M., Sai S. S., dan Rokhmana C. A. 2019b. Geometric Accuracy Assessments of Orthophoto Production from UAV Aerial Images. GEODETA.
- Wahab, A. G., 2009. Analisis Geometri Data Objek Tiga Dimensi Menggunakan Fotogrametri Rentang Dekat , *Terrestrial Laser Scanning, dan Electronic Total Station (ETS)*. Bandung: Teknik Geodesi dan Geomatika, ITB.
- Wolf, P. R., Dewitt B. A., & Wilkinson B. E., 2014. *Element of Photogrammetry with Applications in GIS*, 4th edition, McGraw-Hill Book Company. ISBN: 978-0-07-176111-6.
- Wolf, P. R., 1983. *Element of Photogrammetry Terjemahan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.