

**ANALISIS KESESUAIAN HASIL PERMODELAN 3 DIMENSI
PADA FITUR CAMERA SMARTPHONE
METODE FOTOGRAMETRI JARAK DEKAT**

SKRIPSI



Disusun oleh:

**DIDIET TRI SULISTIYO
1815071048**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

**ANALISIS KESESUAIAN HASIL PERMODELAN 3 DIMENSI
PADA FITUR CAMERA SMARTPHONE
METODE FOTOGRAMETRI JARAK DEKAT**

Oleh

DIDIET TRI SULISTIYO

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar

SARJANA TEKNIK

Pada

**Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika
Fakultas Teknik Universitas Lampung**



**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

ANALISIS KESESUAIAN HASIL PERMODELAN 3 DIMENSI PADA FITUR CAMERA SMARTPHONE METODE FOTOGRAMETRI JARAK DEKAT

Oleh

DIDIET TRI SULISTIYO

Fotogrametri dibagi menjadi menjadi dua aspek penting, yakni ukuran objek dan jenis objek. Kedua aspek tersebut kemudian berkembang menjadi cabang fotogrametri, yakni fotogrametri metric dan fotogrametri interpretatif. Metode ini memberikan manfaat berupa dokumentasi, perhitungan volume, analisis objek dan masih banyak lainnya. Tentunya diperlukan alternatif lain untuk mengefensiasikan dari segi biaya dalam pembuatan permodelan 3D namun dengan ketelitian yang masih dapat ditoleransi. Sarana alternatif yang digunakan dalam pengumpulan data sangat beragam, salah satunya adalah fungsi kamera *handphone*.

Dengan analisis kesesuaian hasil permodelan 3 dimensi data photo dari kedua kamera smartphone tersebut akan di proses dengan menggunakan *softwere*, yang nantinya akan di analisis dengan data pengukuran. Tahapan ini juga menyajikan proses kesimpulan berdasarkan analisis yang didapat.

Hasil yang di dapat Analisis kesesuain hasil kedua kamera smartphone tersebut dapat dijadikan metode alternatif permodelan 3 dimensi dengan tingkat kepresisian selisih sampel jarak 0.12 m untuk I-phone 8 dan 0.23 m untuk poco m3, pemodelan visualisasi hasil 3 dimensi dari fitur kamera handphone I-phone 8 lebih mendekati dibanding dengan kamera pada handphone Poco M3, dapat dilihat dari hasil analisis kesesuaian bentuk.

Kata kunci: Fotogrametri, *Pemodelan 3D*, *Jarak*, *Agisoft Photoscan*, *hanphone Iphone 8*, dan *Poco M3*

ABSTRACT

ANALYSIS OF FITNESS RESULTS OF 3 DIMENSIONAL MODELING ON SMARTPHONE CAMERA FEATURES METHOD CLOSE PHOTOGRAMMETRY

BY

DIDIET TRI SULISTIYO

Photogrammetry is divided into two important aspects, namely the size of the object and the type of object. These two aspects then developed into a branch of photogrammetry, namely metric photogrammetry and interpretive photogrammetry. This method provides benefits in the form of documentation, volume calculations, object analysis and many others. Of course, other alternatives are needed to streamline the cost in making 3D modeling but with accuracy that can still be tolerated. Alternative means used in data collection are very diverse, one of which is the function of a cellphone camera.

By analyzing the suitability of the 3-dimensional modeling results, the photo data from the two smartphone cameras will be processed using software, which will later be analyzed with measurement data. This stage also presents the conclusion process based on the analysis obtained.

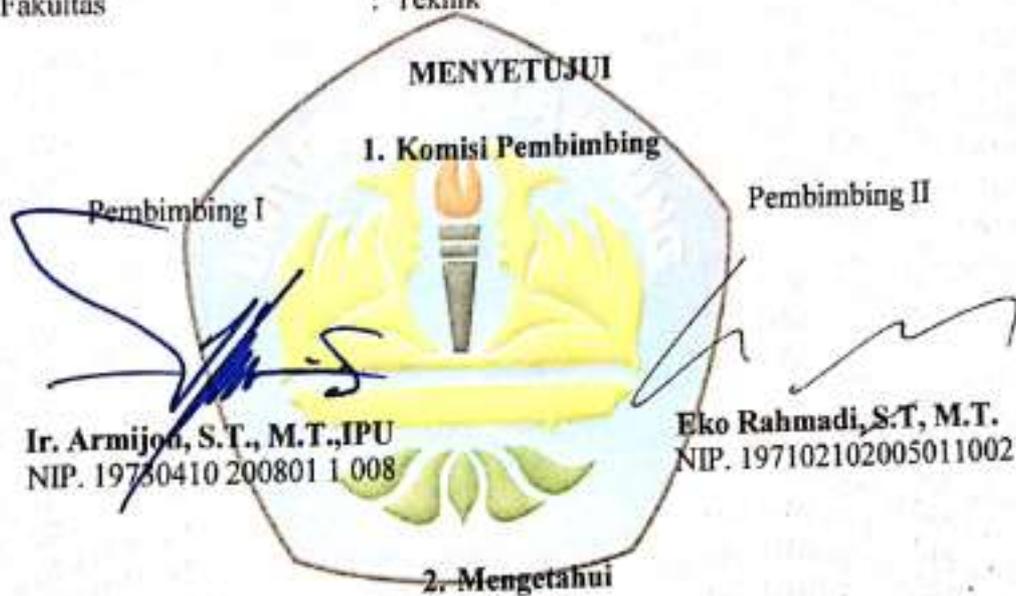
The results obtained. The analysis of the suitability of the results of the two smartphone cameras can be used as an alternative method of 3-dimensional modeling with a precision level of sample difference of 0.12 m for the I-phone 8 and 0.23 m for the Poco M3, modeling the visualization of 3-dimensional results from the I-phone camera features. 8 is closer than the camera on the Poco M3 cellphone, it can be seen from the results of the shape conformity analysis.

Keywords: Photogrammetry, 3D Modeling, Distance, Agisoft Photoscan, Iphone 8 and Poco M3

Judul Skripsi

: ANALISIS KESESUAIAN HASIL
PERMODELAN 3 DIMENSI PADA FITUR
CAMERA SMARTPHONE METODE
FOTOGRAMETRI JARAK DEKAT

Nama Mahasiswa : Didiet Tri Sulistiyo
Nomor Pokok Mahasiswa : 1815071048
Jurusan : Teknik Geodesi & Geomatika
Fakultas : Teknik



Ketua Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika

Ir. Fauzan Murdapa, M.T., IPM
NIP. 19641012 199203 1 002

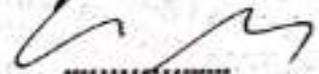
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

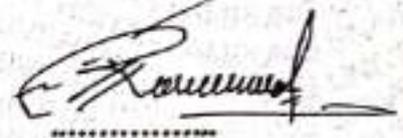
Ketua : Ir. Armijon, S.T., M.T., IPU



Sekretaris : Eko Rahmadi, S.T, M.T.



Penguji Bukan Pembimbing : Romi Fady, S.T, M.Eng.



2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung



Dr. Hanny Fitriawan, S.T., M.Sc.
NIP 19750926 200112 1 002

Tanggal Lulus : 26 Juli 2022

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi berjudul "Analisis Kesesuaian Hasil Permodelan 3 Dimensi Pada Fitur Camera Smartphone Metode Fotogrametri Jarak Dekat" adalah karya saya sendiri, dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulisan lain, kecuali yang secara tertulis dirujuk dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 26 Juli 2022



Tri Sulistiyo
Tri Sulistiyo

MOTTO

Kamu tidak perlu menjadi luar biasa untuk memulai, tapi kamu harus memulai
untuk menjadi luar biasa

Kerja keras tidak hanya akan membawa kesuksesan, tetapi juga kebahagiaan yang
merupakan anugerah terbesar dalam hidup

UCAPAN TERIMAKASIH

Assalamualaikum Wr. Wb Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur senantiasa saya panjatkan kehadirat Allah S.W.T atas segala nikmat sehat, nikmat iman, dan islam sehingga penulis dapat menyelesaikan Laporan Skripsi dengan judul “Analisis Kesesuaian Hasil Permodelan 3 Dimensi Pada Fitur Camera Smartphone Metode Fotogrametri Jarak Dekat”. Skripsi disusun sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang setulusnya kepada :

1. Bapak Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung
2. Bapak Ir. Fauzan Murdapa M.T.,IPM., selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Lampung
3. Bapak Ir. Armijon S.T., M.T.,IPU. selaku Dosen Pembimbing Utama atas bimbingan dan arahnya dalam penyusunan skripsi.
4. Bapak Eko Rahmadi, S.T, M.T., selaku Dosen Pembimbing Kedua atas bimbingan dan arahnya dalam penyusunan skripsi.
5. Bapak Romi Fadly S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji atas kritik, saran, serta arahan dalam penyusunan skripsi.
6. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Program Studi Teknik Geodesi Universitas Lampung yang telah membagikan ilmu dan pembelajaran selama masa perkuliahan.
7. Sahabat-sahabatku yang telah banyak membantu dan menyemangatiku yang tidak bisa di sebut satu persatu

8. Sahabat-sahabatku di Teknik Geodesi dan Survey Pemetaan angkatan 2011.
9. Dan trimakasih kepada kedua orang tua ku dan seluruh keluargaku yang telah memberikan semangat kepada ku untuk menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini belum bisa dikatakan sempurna, Penulis sangat mengharapkan saran serta kritik yang bersifat membangun. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, 26 Juli 2022
Penulis

Didiet Tri Sulistiyo

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
PERSETUJUAN	v
PENGESAHAN	vi
SURAT PERNYATAAN	vii
MOTTO	viii
UCAPAN TERIMAKASIH	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang dan Masalah	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Kerangka Pemikiran	3
1.4. Hipotesis	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Terdahulu	4
2.2. Kerangka Konseptual	6
2.3. Landasan Konseptual	7
2.3.1. Pemodelan 3D	7
2.3.2. Fotogrametri	9
2.3.3. Fotogrametri Jarak Dekat	12
2.3.4. Kamera	13
2.3.5. Koreksi Geometrik	13
2.3.6. Kalibrasi Kamera	14

2.3.7. Konfigurasi Kamera	15
2.3.8. Agisoft Photoscan.....	16
2.3.9. Kepresisian dan Keakurasian.....	17
2.3.10. Spesifikasi Kamera.....	18

III. METODELOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian	19
3.2. Alat dan Bahan	19
3.2.1. Alat	19
3.2.2. Bahan	20
3.3 Diagram Alir Penelitian.....	20
3.4 Kalibrasi kamera	21
3.5 Pengukuran sampel Jarak	24
3.6 Pemotretan Objek	25
3.7 Pengolahan Data	26
3.7.1 Import Foto	26
3.7.2 Aligen Foto	27
3.7.3 Kalibrasi Kamera Agisoft	29
3.7.4 GSD (Ground Sampel Distance)	30
3.7.5 Proses Build Dense Cloud	30
3.7.6 Proses Build Mesh	31
3.7.7 Proses Build Texture	32

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisis Jarak Geometrik Pemodelan 3D	34
4.2. Analisis Kesesuaian Bentuk Visualisasi Pemodelan 3D.....	36

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan.....	38
5.2. Saran	38

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

LAMPIRAN D

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Penelitian terdahulu	4
Tabel 2. Spesifikasi kamera	18
Tabel 3. Perbandingan sempel jarak hasil pengolahan	35
Tabel 4. Perbandingan sempel jarak	36
Tabel 5. Hasil analisis kesesuaian bentuk	36

DAFTAR GAMBAR

Halaman

Gambar 1. Alur kerangka konseptual penelitian.....	7
Gambar 2. Proses pengambilan data.....	11
Gambar 3. Kondisi kolinear atau prinsip kesejarisan	14
Gambar 4. Konfigurasi kamera konvergen.....	15
Gambar 5. Konfigurasi kamera planar.....	16
Gambar 6. Lokasi penelitian	19
Gambar 7. Diagram alir	20
Gambar 8. Point tabel quality kalibrasi kamera Poco M3	21
Gambar 9. Point tabel quality kalibrasi kamera I-phone 8	21
Gambar 10. Kotak automatic camera calibration Poco M3.....	22
Gambar 11. Kotak automatic camera calibration I-phone 8.....	22
Gambar 12. Kamera viewer Poco M3.....	23
Gambar 13. Kamera viewer I-phone 8V.....	23
Gambar 14. Hasil Kalibrasi kamera Poco M3	24
Gambar 15. Hasil Kalibrasi kamera I-phone 8	24
Gambar 16. Pengukuran jarak.....	25
Gambar 17. Desain pemotretan objek.....	25
Gambar 18. Proses pengambilan data.....	26
Gambar 19. Proses import foto	27
Gambar 20. Hasil aligen foto	28
Gambar 21. Posisi kamera saat pemotretan	28
Gambar 22. Kalibrasi agisoft Poco M3.....	29
Gambar 23. Kalibrasi agisoft I-phone 8.....	29
Gambar 24. Nilai eror (pixel) pada kamera	30
Gambar 25. Proses builds dense cloud	31
Gambar 26. Hasil proses dense cloud pada kamera.....	31
Gambar 27. Proses build mesh.....	32
Gambar 28. Hasil build mesh pada kamera	32
Gambar 29. Proses build texture	33
Gambar 30. Hasil build texture pada kamera.....	33

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Perkembangan teknologi yang semakin canggih saat ini, sangat membantu masyarakat dalam banyak hal seperti berbagai informasi, dokumentasi dan banyak kegunaan lainnya. Handphone merupakan contoh nyata dari perkembangan teknologi yang sebelumnya dikembangkan hanya untuk komunikasi, namun seiring berjalannya waktu banyak terjadi perubahan dan fitur-fitur pada handphone yang dapat kita gunakan sesuai dengan kegunaannya.

Tingginya permintaan handphone yang menyebabkan perusahaan handphone berlomba-lomba untuk membuat berbagai inovasi fitur yang ada pada handphone. Fenomena tersebut mendorong perusahaan untuk menambahkan fitur-fitur yang terdapat pada handphone. Penambahan fitur tersebut menawarkan berbagai fungsi tambahan berkualitas terhadap kamera dengan harga yang relatif murah dapat ditawarkan pada produk-produk handphone tertentu. Fitur kamera handphone merupakan salah satu kemampuan kompetitif yang ditawarkan perusahaan untuk mempengaruhi pembelian.

Fotogrametri merupakan suatu pengetahuan dan teknologi untuk memperoleh informasi yang dapat dipercaya tentang suatu objek fisik dan keadaan disekitarnya melalui proses perekaman, pengamatan atau pengukuran dan interpretasi citra fotografis atau rekam gambar gelombang elektromagnetik. Teknik fotogrametri terus berkembang seiring kemajuan ilmu dan teknologi mulai dari fotogrametri analog, fotogrametri analitik

dan hingga sekarang fotogrametri digital (*softcopy photogrammetry*). Fotogrametri dibagi menjadi dua aspek penting, yakni ukuran objek (kuantitatif) dan jenis objek (kualitatif). Kedua aspek tersebut kemudian berkembang menjadi cabang fotogrametri, yakni fotogrametri metrik dan fotogrametri interpretatif. Metode yang cocok digunakan dalam penelitian ini yaitu fotogrametri pemodelan 3D yaitu metode fotogrametri jarak dekat karena objek yang direkam dapat diambil dengan jarak kurang lebih 100 meter. Metode ini memberikan manfaat berupa dokumentasi, perhitungan volume, analisis objek dan masih banyak lainnya. Seperti yang diketahui metode yang sudah ada selama ini pembuatan pemodelan 3D menggunakan foto udara (*drone*). Penggunaan pemodelan 3D dengan foto udara relatif mahal. Tentunya diperlukan alternatif lain untuk mengefisienkan dari segi biaya dalam pembuatan pemodelan 3D namun dengan ketelitian yang masih dapat ditoleransi.

Sarana alternatif yang digunakan dalam pengumpulan data sangat beragam, salah satunya adalah fungsi kamera handphone. Namun karena tidak semua handphone memberikan data yang baik maka penulis menganalisis hasil pemodelan 3D pada fungsi kamera dengan resolusi megapiksel tertentu.

1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan hasil Analisis geometrik pemodelan 3D pada fitur kamera *handphone poco m3* dengan *handphone I-phone 8* dengan tingkat kepresisian sampel jarak dan kesesuaian bentuk yang mendekati?
2. Mendapatkan Analisis visualisasi pemodelan 3D pada kamera *handphone Poco M3* dan *handphone I-Phone 8* dalam pemodelan 3D.

1.3 Kerangka Pemikiran

Adapun kerangka pemikiran mencoba mencari tahu hasil Analisis geometrik pemodelan 3D pada fitur kamera *handphone poco m3* dengan *handphone I-phone 8* dengan menggunakan perangkat lunak *Agisoft photoscan*, data yang dibutuhkan dalam penelitian kali ini adalah, data foto hasil pengambilan gambar dari camera *handphone poco m3* dan camera I-Phone 8, Lokasi penelitian terletak di kampus UNIVERSITAS LAMPUNG sebagai objek yang akan di konstruksi model 3D, hal ini di karenakan lokasi yang strategis dan mudah di jangkau, objek foto adalah tugu bunderan Universitas Lampung. Hasil akhir penelitian ini nantinya berupa nilai ketelitian, metode yang di gunakan pada penelitian ini Pemodelan 3D.

1.4 Hipotesis

Untuk mengetahui hasil Analisis geometrik dan visualisasi pemodelan 3D pada fitur kamera *handphone poco m3* dengan *handphone I-phone*. dalam penelitian ini menggunakan metode fotogrametri jarak dekat, yang dimana data hasil foto dari kedua *handphone* digunakan sebagai pemodelan 3 dimensi. Maka peneliti menduga bahwa Penggunaan setiap camera akan mendapatkan hasil berbeda untuk melakukan pemotretan untuk permodelan 3Dimensi dan mengetahui dari kedua camera tersebut, yang lebih efisien digunakan untuk melakukan pemotretan permodelan 3Dimensi. namun Mendapatkan hasil Analisis geometrik dan visualisasi pemodelan 3D pada fitur kamera *handphone poco m3* dengan *handphone I-phone 8* dengan menggunakan perangkat lunak *Agisoft photoscan* perlu pembuktian.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu (*State Of The Art*) adalah kumpulan jurnal yang digunakan sebagai referensi dan merupakan penjabaran mengenai perbedaan antara penelitian terdahulu dan penelitian yang sedang dilakukan. Penelitian ini menggunakan kajian pustaka yang diambil dari jurnal-jurnal penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Adapun penelitian terdahulu yang digunakan penulis nantinya untuk menambah teori-teori serta bahan kajian penulis dalam melakukan penelitian. Berikut adalah penelitian terdahulu yang menjadi kajian dan referensi bagi penulis dalam melakukan penelitian ini.

Tabel 1. Penelitian Terdahulu

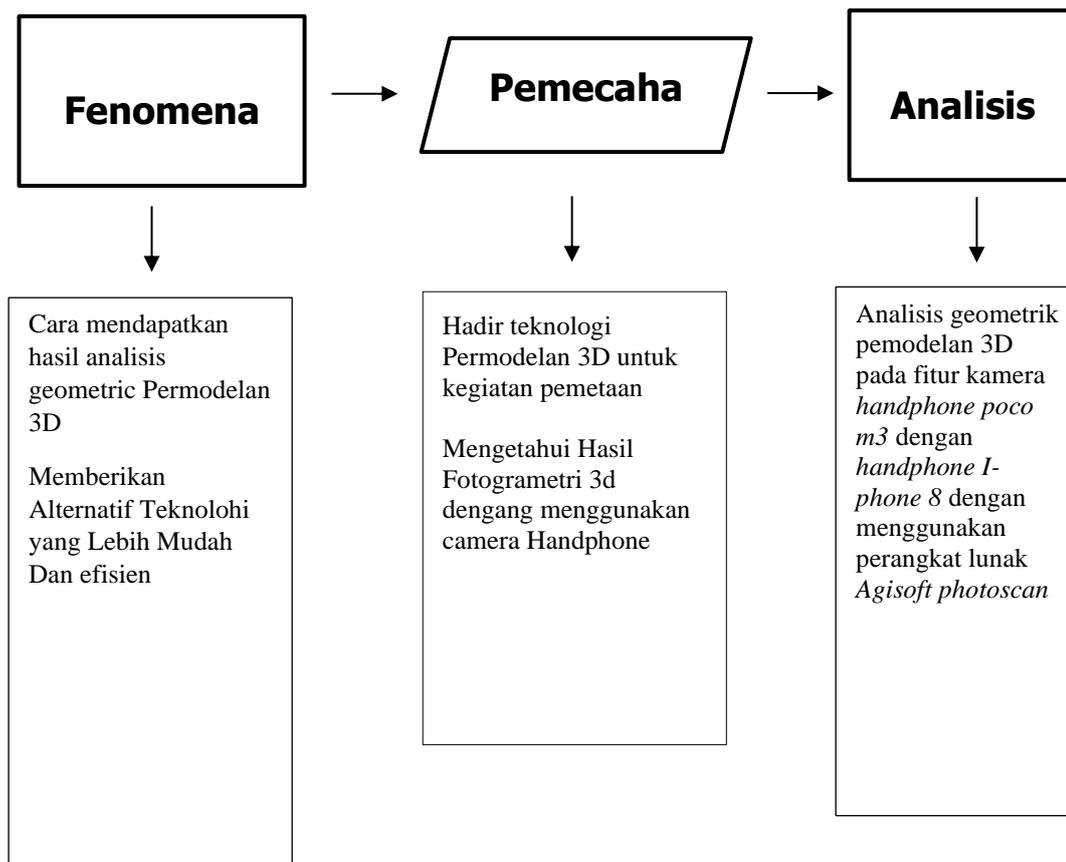
Penelitian	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
Kalyubi, ilyas (2018)	Analisis Potensi Kamera Smartphone Untuk Pemodelan 3 Dimensi Dengan Fotogrametri Jarak Dekat	Membandingkan independent control point pada model 3d setiap kamera dengan menghitung rmse. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kamera smartphone mampu membentuk 3 dimensi	Pemodelan tiga dimensi	Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kamera smartphone mampu membentuk 3 dimensi.
Ridho briyan noviandyka 2020	Analisis Hasil Pemodelan 3d Pada Fitur Kamera Handphone I-Phone 7 Plus Dan Samsung Galaxy S9 Plus	Memberikan manfaat seperti dokumentasi, inventarisasi suatu Objek, perhitungan volume, analisis	Pemodelan tiga dimensi	Pada kamera <i>handphone i-phone 7 plus</i> menghasilkan nilai rmse sebesar 0,92 Milimeter, sedangkan pada

		objek, dan masih banyak lainnya		model 3 dimensi yang dihasilkan dari pengambilan foto Menggunakan <i>handphone samsung galaxy s9 plus</i> sebesar 1,36 milimeter. Ketelitian jarak dipengaruhi oleh ukuran sensor pada kamera tersebut.
Rheza Aprianto, 2020	Analisis Ketelitian Hasil Pemodelan Tiga Dimensi Menggunakan <i>Action Camera</i> Dengan Metode Fotogrametri Jarak Dekat	Mengetahui tingkat ketelitian hasil pemodelan.	Pemodelan tiga dimensi	Hasil penelitian menunjukkan kualitas geometri yang dihasilkan berdasarkan pada jarak model Dengan RMSE yaitu 0,044 m untuk model hasil dari data foto <i>360° view angle</i> , sedangkan model dari data Foto <i>180° view angle</i> yaitu 0.042 m. Tingkat kesesuaian bentuk model tiga dimensi pada model <i>360° view Angle</i> lebih menyerupai aslinya dibandingkan dengan <i>180° view angle</i> .

2.2 Kerangka Konseptual

Perkembangan teknologi yang semakin canggih saat ini, sangat membantu masyarakat dalam banyak hal seperti berbagai informasi, dokumentasi dan banyak kegunaan lainnya. Handphone merupakan contoh nyata dari perkembangan teknologi yang sebelumnya dikembangkan hanya untuk komunikasi, namun seiring berjalannya waktu banyak terjadi perubahan dan fitur-fitur pada handphone yang dapat kita gunakan sesuai dengan kegunaannya. Penambahan fitur tersebut menawarkan berbagai fungsi tambahan berkualitas terhadap kamera dengan harga yang relatif murah dapat ditawarkan pada produk-produk handphone tertentu. Fitur kamera handphone merupakan salah satu kemampuan kompetitif yang ditawarkan perusahaan untuk mempengaruhi pembelian.

Metode yang cocok digunakan dalam penelitian ini yaitu fotogrametri pemodelan 3D yaitu metode fotogrametri jarak dekat karena objek yang direkam dapat diambil dengan jarak kurang lebih 100 meter. Tentunya diperlukan alternatif lain untuk mengefensiasikan dari segi biaya dalam pembuatan permodelan 3D namun dengan ketelitian yang masih dapat ditoleransi. Namun karena tidak semua handphone memberikan data yang baik maka penulis menganalisis hasil pemodelan 3D pada fungsi kamera dengan resolusi megapiksel tertentu.



Gambar 1. Alur Kerangka Konseptual Penelitian

2.3 Landasan Konseptual

2.3.1 Pemodelan 3D

Permodelan adalah membentuk suatu benda-benda atau objek. Membuat dan mendesain objek agar terlihat nyata tergantung pada objek dan basisnya, proses ini dilakukan sepenuhnya di komputer. Melalui proses konsep dan desain, semua objek dapat direpresentasikan dalam 3D, oleh karena itu banyak yang menyebut hasil ini sebagai pemodelan tiga dimensi (pemodelan 3D).

Pemodelan 3D merupakan bagian dari proses pembuatan model 3D yang dapat mewakili seluruh objek yang diteliti. Model 3D dibuat dari proses menghubungkan titik-titik dalam ruang 3D dengan berbagai data geometris seperti garis, bidang, dan bidang lengkung

yang membentuk model 3D. Model 3D dibuat menggunakan 4 metode populer, yaitu :

1. *Primitives modeling* (pemodelan primitif). Metode ini merupakan metode pemodelan 3D paling sederhana hanya dengan menggunakan objek primitif. Pada metode objek yang digunakan seperti silinder, kerucut dan bola. Model kompleks dibuat dengan menggabungkan beberapa objek primitif untuk membuat bentuk seperti yang anda inginkan. Pemodelan primitif ini biasanya digunakan dalam pengembangan model 3D dalam aplikasi teknis, misalnya dalam pemodelan arsitektur, desain interior, teknik mesin, konstruksi bangunan, dll.
2. *Polygonal modeling* (pemodelan poligonal). Model 3D yang dibuat banyak menggunakan metode pemodelan tekstur poligonal. Pemodelan poligonal adalah metode untuk membuat model 3D dengan menghubungkan segmen garis melalui titik-titik dalam ruang 3D. titik-titik dalam ruang disebut juga dengan vertex/simpul.
3. *Model poligonal* sangat fleksibel, dan komputer dapat merendernya dengan sangat cepat. Kelemahan dari pemodelan poligon adalah Anda tidak dapat membuat permukaan melengkung persis untuk mencocokkan ukuran geometris yang tepat. Permukaan lengkung umumnya terbentuk melalui proses penghalusan yang terbentuk dari satu garis kegaris lainnya atau dari satu poligon kepoligon lainnya. Oleh karena itu, pemodelan poligonal banyak digunakan untuk membuat model 3D objek non-geometris seperti pemodelan karakter, kartun, makhluk hidup, dan lain-lain.
4. *NURBS*. Merupakan singkatan dari *Non-Uniform Rational B-Spline*, sebuah metode pemodelan yang menggunakan garis lengkung halus sebagai dasar untuk membentuk objek 3D. Pemodelan NURBS dapat ditemukan diperangkat lunak umum seperti Maya, 3DS MAX. Pengembang dapat menggunakan

teknik pemodelan ini untuk membuat permukaan halus dalam model 3D. Tidak seperti teknik pemodelan poligon, yang dapat membuat permukaan melengkung dengan mendekati beberapa poligon, pemodelan NURBS sebenarnya menciptakan permukaan melengkung halus melalui splines yang tepat. Maka dari itu pemodelan NURBS banyak digunakan untuk membuat model 3D objek geometris dengan presisi tinggi, seperti ketika memodelkan pesawat terbang, mobil dan lain-lain.

5. *Patch modelling*. Metode ini hampir mirip dengan metode pemodelan NURBS. Namun model 3D dibuat dengan garis lengkung untuk mengidentifikasi permukaan yang terlihat. Pada pemodelan tambalan, objek 3D terdiri dari permukaan segitiga atau persegi panjang yang saling berhubungan.

2.3.2 Fotogrametri

Fotogrametri adalah suatu seni dan ilmu untuk memperoleh informasi yang dapat dipercaya tentang permukaan dan objek tanpa melakukan kontak fisik. Fotogrametri juga mencakup pengukuran dan interpretasi informasi yang diperoleh (Schenk, 2005).

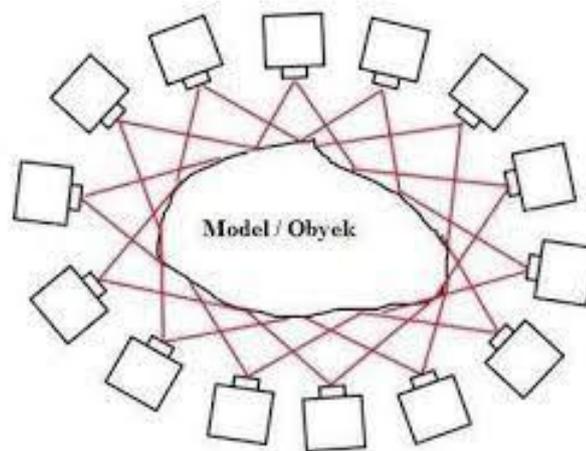
Jenis-jenis fotogrametri bisa dikategorikan menjadi beberapa cara;

1. Berdasarkan posisi kamera dan jarak obyek sebagai berikut:
 - a) Fotogrametri satelit; menghasilkan citra satelit, dengan ketinggian lebih dari ± 200 km.
 - b) Fotogrametri udara; menghasilkan citra udara, dengan ketinggian lebih dari ± 300 meter.
 - c) Fotogrametri terestris; pengukuran dari lokasi terestris yang ditetapkan.
 - d) Fotogrametri jarak dekat; jarak pengukuran kurang dari ± 300 meter.
 - e) Fotogrametri makro; skala citra > 1 (pengukuran mikroskop)
2. Berdasarkan jumlah citra yang terukur sebagai berikut:

- a) Fotogrametri citra tunggal; proses citra tunggal, *mono-plotting*, rektifikasi, ortofotografi.
 - b) Stereofotogrametri; proses citra ganda, pengukuran stereoskopik.
 - c) Fotogrametri citra-banyak; citra lebih dari dua, triangulasi berkas.
3. Berdasarkan metode perekaman dan pemrosesan sebagai berikut:
- a) Fotogrametri bidang datar.
 - b) Fotogrametri analog; kamera analog, sistem pengukuran opto-mekanis.
 - c) Fotogrametri analisis; citra analog yang terkontrol oleh komputer.
 - d) Fotogrametri digital; citra digital yang terkontrol oleh komputer.
 - e) Videogrametri; akuisisi citra digital dan pengukuran.
 - f) Fotogrametri panorama; pemrosesan data citra panorama.
 - g) Fotogrametri garis; berdasarkan garis lurus dan polinomial.
4. Berdasarkan keadaan dari hasil pengukuran sebagai berikut:
- a) Fotogrametri *real-time*; merekam dan pengukuran diselesaikan dalam periode waktu tertentu yang ditentukan sesuai dengan kegunaan.
 - b) Fotogrametri *off-line*; bersambung, perekaman citra digital, waktu atau lokasi dari pengukuran terpisah.
 - c) Fotogrametri *on-line*; simultan, berkali-kali, perekaman citra digital, pengukuran langsung.
5. Berdasarkan aplikasi atau bidang yang khusus sebagai berikut:
- a) Fotogrametri arsitektur; arsitektur, konservasi situs budaya, arkaeologi
 - b) Fotogrametri *engineering*; aplikasi pada bidang konstruksi.
 - c) Fotogrametri industrial; aplikasi pada manufaktur.
 - d) Fotogrametri forensik; diaplikasikan pada permasalahan hukum.

- e) Biostereometrik; aplikasi pada bidang medis.
- f) Motografi; merekam jejak benda yang bergerak.
- g) Fotogrametri multi-media; mereka melalui media dari indeks bias yang berbeda.
- h) Bentuk dari stereo; proses citra stereo (*computer vision*).

Tujuan dari fotogrametri adalah untuk membangun hubungan geometris antara objek dan gambar untuk mengekstrak informasi rinci tentang objek. Memahami prinsip-prinsip fotogrametri sangat penting dalam menafsirkan foto. Karena prinsip ini menjadi dasar perhitungan interpretasi aspek tanah dalam kaitannya dengan lokasi dan perluasannya, (Hadi, 2007).



Gambar 2. Proses pengambilan data

Pada dasarnya metode fotogrametri dilakukan dengan mengambil gambar di sekitar objek yang akan difoto dengan posisi kamera yang konvergen (Atkinson 1996). Proses fotogrametri terdiri dari empat langkah utama, yaitu:

1. Pemasangan titik kontrol sebagai koordinat referensi.
2. Perencanaan dan pelaksanaan pemotretan.
3. Pemrosesan foto.
4. Pendefinisian titik koordinat menggunakan foto

2.3.3 Fotogrametri Jarak Dekat

Fotogrametri jarak dekat adalah teknologi fotogrametri yang digunakan untuk memperoleh informasi yang dapat dipercaya tentang objek fisik dan lingkungan dengan merekam, mengukur, dan menafsirkan gambar fotografi dan pola radiasi elektromagnetik yang direkam dengan kamera dipermukaan bumi (terrestrial). Istilah fotogrametri jarak dekat umumnya digunakan untuk foto terrestrial yang memiliki jarak objek hingga 300 meter (Wolf et al., 2000). Dalam bidang geodesi, metode fotogrametri ini sangat luas pada jarak dekat, karena dapat memberikan informasi jarak, luas, volume. Koordinat tiga dimensi dalam sistem fotografi dapat diperoleh dari hasil pengukuran menggunakan metode fotogrametri jarak dekat.

Fotogrametri jarak dekat banyak diterapkan di berbagai bidang non topografi karena memiliki banyak keunggulan. Aplikasi yang berkembang antara lain dalam bidang arsitektur, arkeologi, forensik, medis, deformasi, industri dan lain-lain. Beberapa keuntungan dari fotogrametri jarak dekat adalah

- 1) Tidak melakukan kontak langsung terhadap obyek selama pengukuran sehingga dapat digunakan untuk mengukur obyek yang sulit diakses (Atkinson 1996).
- 2) Akuisisi data dapat dilakukan dengan cepat dan dapat digunakan untuk memroses terkait dengan ukuran obyek (Atkinson 1996).
- 3) Dapat digunakan untuk mengukur obyek yang relatif kecil dan atau tidak beraturan (Atkinson 1996).
- 4) Memiliki nilai yang ekonomis terutama untuk pengukuran obyek yang sifatnya kompleks.
- 5) Foto adalah dokumen yang terkait dengan waktu dan dapat disimpan dalam format digital sehingga dapat dipakai jika sewaktu-waktu dibutuhkan.
- 6) Evaluasi dari foto dapat dilakukan kapanpun dilaboratorium. Pengulangan pemotretan dan penambahan selalu bisa dilakukan dan bisa dioptimalkan menurut permintaan pengguna.

2.3.4 Kamera

Dalam fotogrametri, kamera merupakan salah satu instrumen yang sangat penting, karena kamera digunakan untuk membuat foto, yang merupakan alat utama dalam fotogrametri. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa foto yang akurat (memiliki kualitas geometris yang tinggi) diperoleh dari kamera yang cermat. Untuk fotografi udara dan terestrial, kamera diklasifikasikan ke dalam dua kategori umum, yaitu:

1. Kamera metrik

Kamera metrik adalah kamera yang dirancang khusus untuk tujuan fotogrametri. Kamera metrik yang umum digunakan memiliki ukuran format 23cm×23cm, kamera metrik distabilkan dan dikalibrasi secara menyeluruh. Nilai kalibrasi metrik kamera seperti panjang fokus, distorsi radial lensa, koordinat titik utama foto diketahui dan dapat digunakan dalam waktu lama. Untuk kamera metrik format normal, ada tiga sudut bukaan (angle field of view), yakni: (Dipokusumo, 1999)

- a. Normal angle (NA), dengan panjang fokus 210mm,
- b. Wide Angle (WA), dengan panjang fokus 152mm, dan
- c. Super Wide Angle, dengan panjang fokus 88mm.

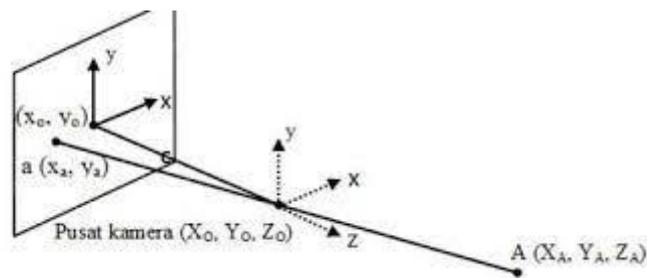
2. Kamera non metrik

Kamera non-metrik dirancang untuk foto profesional dan pemula, di mana kualitas lebih diutamakan daripada geometri. Kamera non-metrik memiliki dua batasan utama: ketidakstabilan geometris dan ukuran film (Tjahjadi dkk, 2019).

2.3.5 Koreksi Geometrik

Fotogrametri dilakukan dengan cara merekam bayangan suatu benda yang terbentuk pada bidang gambar dalam suatu media. Media yang digunakan dalam pengambilan gambar adalah film fotografi yang terbuat dari kaca atau film. Pada kamera digital, lembaran film atau film

digantikan oleh pelat sensor fotosensitif seperti sensor tipe solid state seperti CCD (Charge Couple Device). Saat mengambil foto, berkas cahaya objek akan merambat seperti garis lurus menuju pusat lensa kamera hingga sinar ini mencapai bidang proyeksi. Dimana keadaan titik objek di dunia nyata (real world), titik pusat (fokus), dan titik objek pada bidang foto terletak satu garis dalam ruang yang disebut kondisi ray alignment atau kondisi collinearity (kondisi collinearity). Pusat sistem koordinat pancaran merupakan pusat lensa kamera yang dikenal sebagai pusat perspektif (Tjahjadi dan Foury, 2017). Proyeksi tengah digunakan pada saat perekaman, dimana garis proyeksi dari objek dengan koordinat spasial P (X_p, Y_p, Z_p) ke bidang proyeksi melalui titik pusat proyeksi X_o, Y_o, Z_o sehingga posisi objek pada foto sistem koordinat yang terbentuk ($x_p, y_p, -c$) seperti gambar di bawah ini:



Gambar 3. Kondisi kolinear atau prinsip kesegarisan
(Sumber: Atkinson, 1996)

Keterangan:

X_o, Y_o, Z_o = titik pusat kamera

$X_p, y_p, -c$ = koordinat titik P pada sistem koordinat foto

X_P, Y_P, Z_P = koordinat titik P pada sistem koordinat tanah

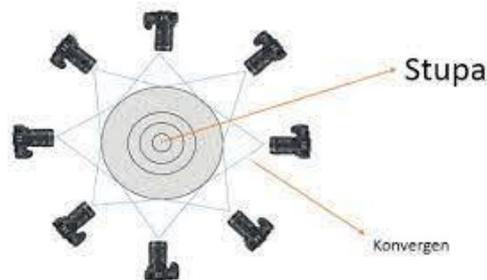
2.3.6 Kalibrasi Kamera

Kalibrasi kamera dapat dilakukan dengan berbagai metode. Secara umum kalibrasi kamera biasanya dilakukan dengan menggunakan tiga metode, yaitu kalibrasi laboratorium, kalibrasi on-the-job dan kalibrasi

sendiri (Atkinson, 1987). Metode lain yang dapat digunakan termasuk kalibrasi garis tegak lurus analitik dan kalibrasi bintang (Fryer, 1989). Kalibrasi kamera adalah proses untuk mendapatkan parameter intrinsik dan ekstrinsik kamera. Parameter intrinsik meliputi geometri internal kamera dan parameter optik seperti panjang fokus, koefisien distorsi lensa, faktor skala yang tidak dapat diperkirakan dan koordinat asal gambar di komputer. Parameter ekstrinsik meliputi orientasi posisi kamera terhadap sistem koordinat dunia. Ini termasuk tiga sudut Euler dan tiga parameter translasi. Distorsi foto dapat dibedakan menjadi 2, yaitu distorsi radial dan distorsi tangensial.

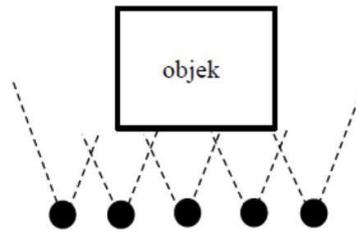
2.3.7 Konfigurasi Kamera

Dalam fotografi close-up, diketahui ada dua jenis konfigurasi kamera, yaitu konvergen dan planar. Konfigurasi kamera konvergen adalah metode pengambilan gambar disekitar suatu objek. Ini karena konfigurasi kamera konvergen menghasilkan rasio dasar dan tinggi/jarak yang baik



Gambar 4. Konfigurasi kamera konvergen (Amiranti, 2016)

Ini berbeda dengan konfigurasi kamera planar, yang mengambil foto dengan stasiun yang terletak pada garis lurus atau paralel. Konfigurasi kamera planar menghasilkan foto yang memiliki orientasi serupa. Adanya kesamaan orientasi antar foto, membuat proses pencocokan foto berhasil. Keberhasilan ini disebabkan oleh keberhasilan proses pencocokan antara fitur di setiap area yang tumpang tindih



Gambar 5. Konfigurasi kamera planar (Amiranti, 2016)

2.3.8 Agisoft Photoscan

Agisoft PhotoScan (umumnya dikenal sebagai *PhotoScan*) adalah perangkat lunak profesional untuk fotogrametri. Perangkat lunak ini tersedia dalam versi standar dan pro, versi standar cukup untuk pekerjaan media interaktif biasa, sedangkan versi Pro dirancang untuk membuat konten peta GIS. Perangkat lunak ini dikembangkan oleh Agisoft LLC yang berlokasi di Petersburg di Rusia.

Perangkat lunak ini mampu menghasilkan objek 3D dari pengolahan data foto 2D yang diperoleh dari pemotretan menggunakan kamera. Langkah-langkah dalam membuat 3D adalah sebagai berikut:

1. *Import Foto*

Import Foto adalah proses memasukkan foto hasil pemotretan yang sudah tersimpan pada *disk* untuk ditampilkan pada lembar kerja di *software Agisoft PhotoScan Professional 64 Bit*.

2. *Align Foto*

Align foto dilakukan untuk mengidentifikasi titik-titik yang terdapat pada masing masing foto dan melakukan proses *matching* titik titik yang sama pada dua foto atau lebih. Proses ini akan menghasilkan model 3D awal pengolahan foto di *Agisoft PhotoScan*. Pemasangan titik-titik GCP (*Ground Control Point*) dilakukan pada tahapan setelah proses *align* foto, yaitu pemasangan titik-titik yang sudah mempunyai koordinat sehingga nilai RMSE (*Root Mean Square Error*) dapat diketahui.

3. *Builds Dense Cloud*

Builds Dense Cloud merupakan pengumpulan titik-titik dalam jumlah ribuan hingga jutaan dari proses pemotretan foto baik menggunakan drone atau LIDAR.

4. *Build Mesh*

Build Mesh merupakan pembuatan mesh untuk menghasilkan keluaran utama dari proses pengolahan pada Agisoft. Model 3D nanti akan digunakan sebagai pembuatan DEM, DSM, DTM, ataupun Orthophoto. Mesh yang lain juga dapat diekspor kedalam software pengolahan lain seperti, Sketcup, ArcGIS, AutoCAD, dan lainnya.

5. *Builds Texture*

Builds Texture merupakan pembuatan tekstur model 3D dari kenampakan yang terdapat pada area cakupan foto.

2.3.9 Kepresisian dan Keakurasian

Ada beberapa istilah yang digunakan untuk menggambarkan reliabilitas pengukuran, yaitu presisi, akurasi dan ketidakpastian.

1. Presisi didefinisikan sebagai tingkat kedekatan pengukuran berulang untuk objek yang sama. Jika hasil pengukuran berulang berdekatan dikatakan memiliki ketelitian tinggi, jika hasil terpaut jauh dikatakan memiliki ketelitian rendah. Tingkat akurasi yang tinggi umumnya mencerminkan tingkat kehati-hatian dan penanganan yang tinggi dalam penggunaan alat dan prosedur yang digunakan dalam pengukuran. Akurasi ditunjukkan dengan penyebaran distribusi probabilitas. Semakin kecil distribusinya, semakin tinggi akurasinya, dan sebaliknya. Ukuran yang biasa digunakan adalah standar deviasi. Semakin tinggi akurasi, semakin kecil nilai standar deviasi, dan sebaliknya
2. Kakurasian adalah tingkat kedekatan dari suatu hasil pengukuran terhadap nilai yang benar. Ketepatan tidak hanya merupakan akibat

dari kesalahan acak, tetapi juga bias yang ada karena kesalahan sistematis yang tidak terkoreksi. Jika yang terjadi bias, maka standar deviasi juga dapat digunakan sebagai ukuran ketepatan.

3. Ketidakpastian adalah suatu jangkauan yang berisi kesalahan pengukuran. Satu tingkat dari kemungkinan umumnya dikaitkan dengan ketidakpastian. Secara umum, jika ketidakpastian dari suatu pengukuran diketahui, maka ketidakpastian itu akan menyertai nilai pengukuran.

2.3.10 Spesifikasi Kamera

Adapun spesifikasi kamera *handphone poco m3* dengan *handphone I-phone 8* terdapat pada tabel berikut ini:

Tabel 2 Spesifikasi Kamera

Spesifikasi Kamera	Poco M3	I-phone 8
Kamera Model	Poco M3	I- Phone 8
Kamera Utama	48 MP	12MP
Resolusi kamera	1080 x 2340 pixels	4032 x 3024 pixels
<i>Exposure time</i>	1/33	1/33 sec.
<i>Focal lenght</i>	4	4mm
<i>35mm focal lenght</i>	30	28mm
<i>ISO speed</i>	ISO-125	ISO-32
<i>Sensor Size</i>	1	1/3"
<i>Pixel Size</i>	1,75 μm	1,22 μm
<i>F-Stop</i>	1/2.0	1/1.8

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Lokasi yang digunakan pada penelitian ini adalah Universitas Lampung, Jl. Prof. Dr. Ir. Sumantri Brojonegoro No.1, Gedong Meneng, Kec. Rajabasa, Kota Bandar Lampung.



Gambar 6. Lokasi penelitian (sumber: google earth)

3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.2.1 Alat

1. Kamera handphone POCO M3
2. Kamera handphone I-Phone 8
3. Total Station
4. Tripod kamera

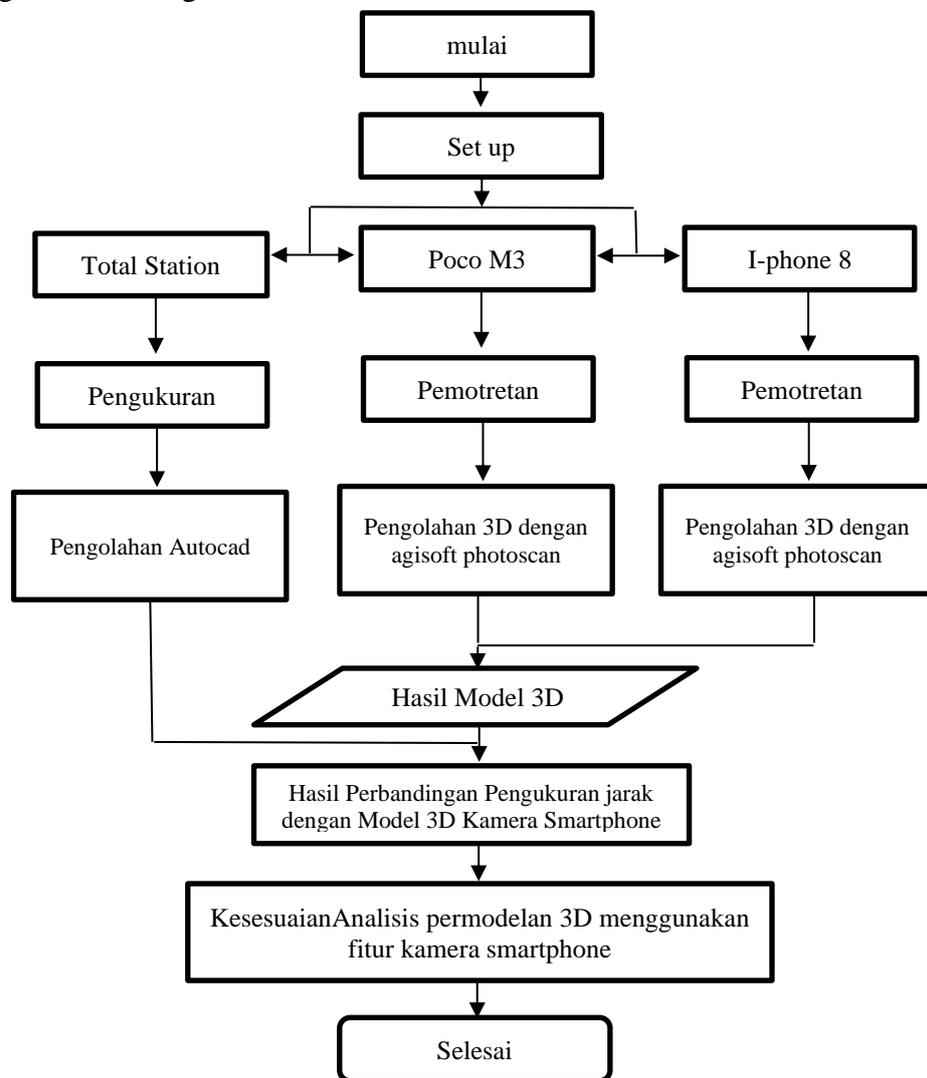
5. Laptop Dell

3.2.2 Bahan

1. Objek Bunderan Tugu Universitas Lampung
2. *Software Agisoft Photoscan*

3.3 Diagram Alir Penelitian

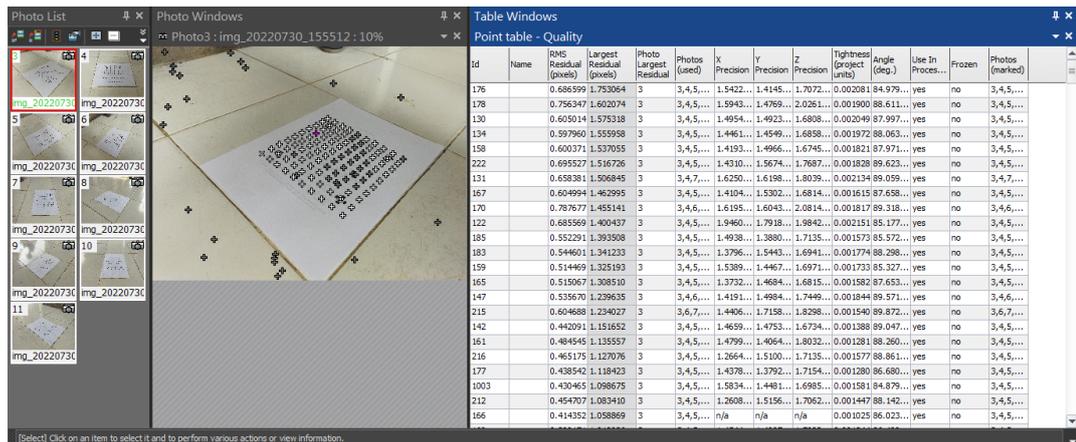
Penelitian ini menggunakan beberapa tahapan yang ditampilkan pada diagram alir sebagai berikut:



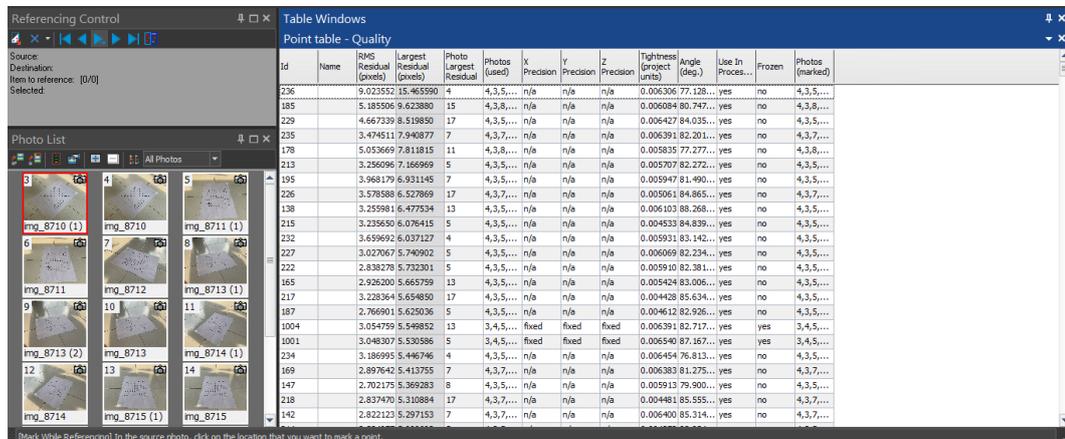
Gambar 7. Diagram Alir

3.4 Kalibrasi Kamera

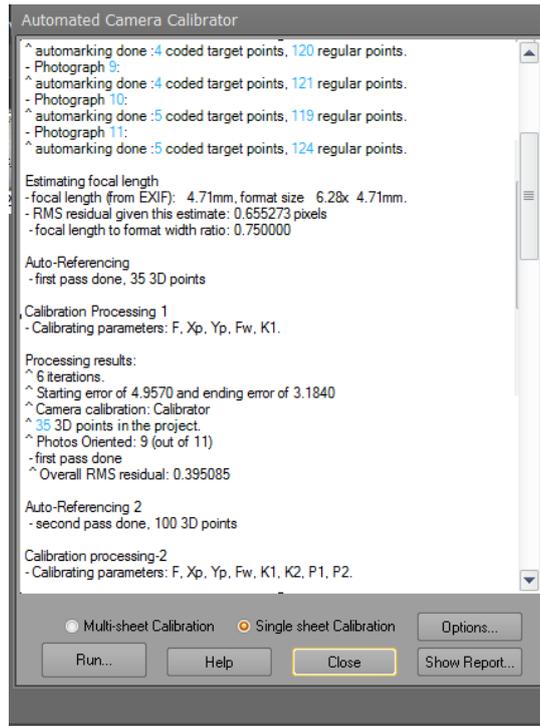
Kalibrasi kamera dapat dilakukan dengan berbagai metode. Secara umum kalibrasi kamera memegang peranan penting kunci untuk mendapatkan tingkat keakurasian yang tinggi untuk titik-titik koordinat obyek yang terekam / diukur melalui foto digital. Indikasi ketelitian adalah jarak dan bentuk yang benar antara hasil pengukuran di foto dibanding dengan data lapangan. Untuk keperluan fotogrametri teliti, posisi tanda tepi, bersama-sama dengan titik tengah foto, panjang fokus, dan distorsi lensa harus ditentukan dengan cara kalibrasi kamera. Proses kalibrasi kamera dilakukan secara otomatis dengan PhotoModeler. Proses Kalibrasi kamera pada menu dapat dilihat pada gambar berikut ini.



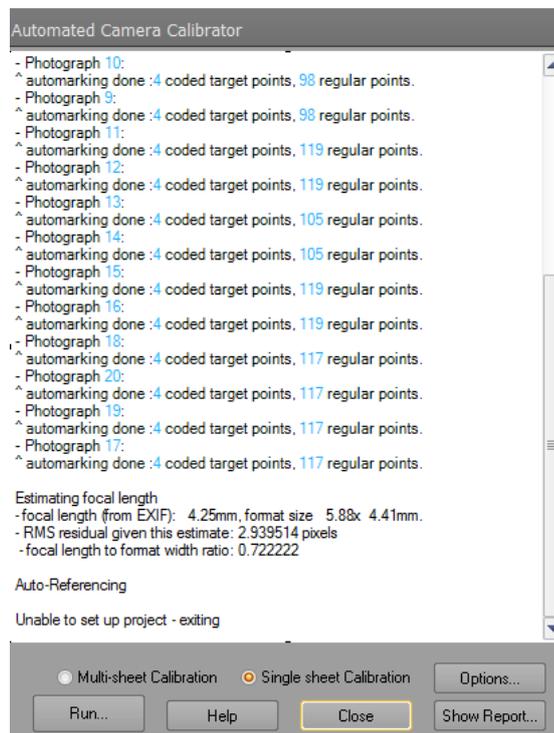
Gambar 8. Point Table Quality Kalibrasi Kamera *Poco M3*



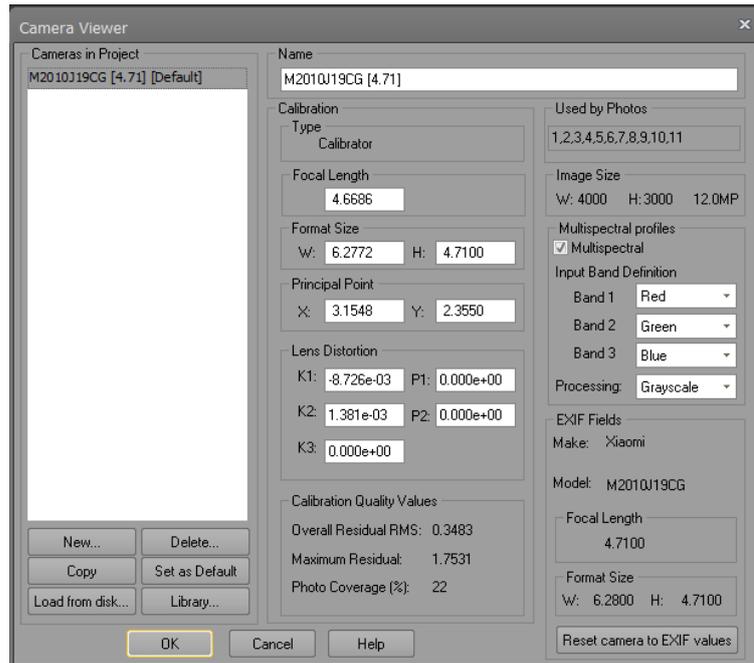
Gambar 9. Point Table Quality Kalibrasi Kamera *I-Phone8*



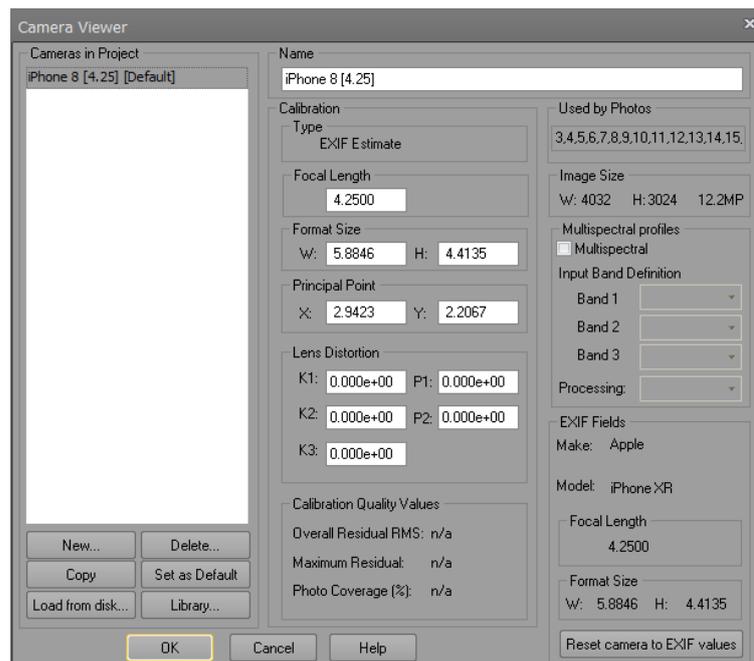
Gambar 10. Kotak Automatic Camera Calibration *Poco M3*



Gambar 11. Kotak Automatic Camera Calibration *I-Phone8*

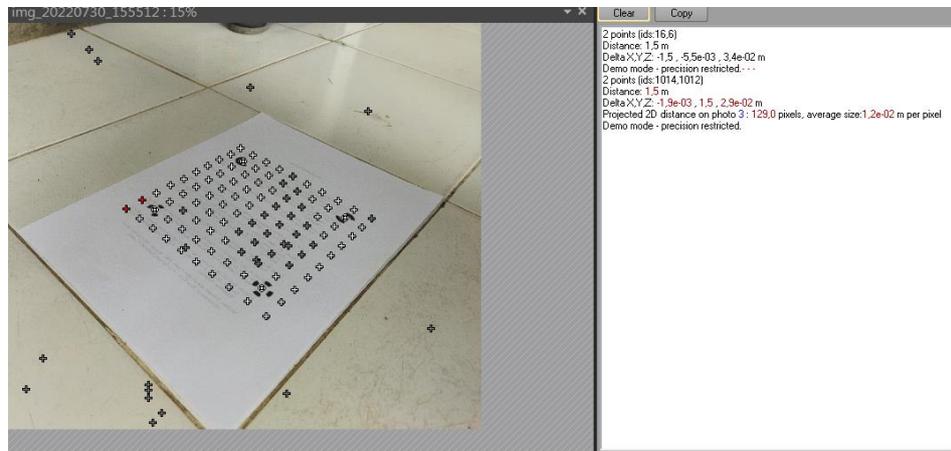


Gambar 12. Kamera viewer *Poco M3*

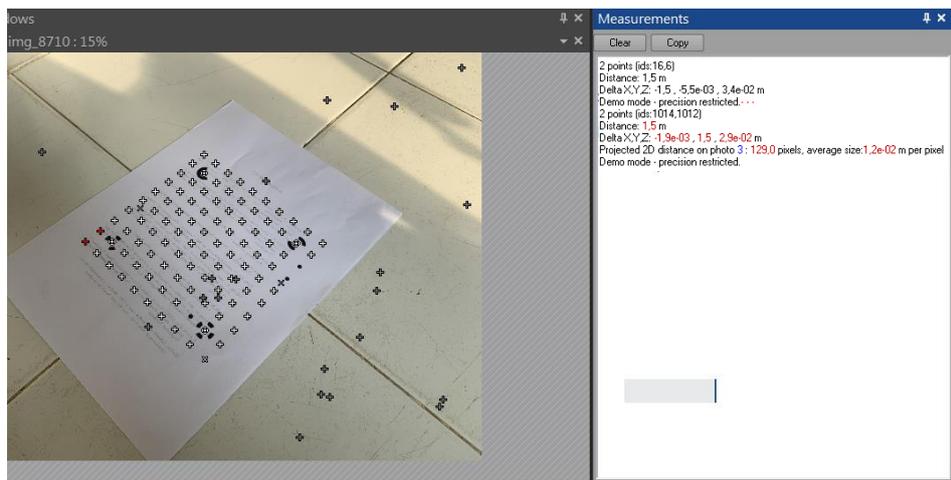


Gambar 13. Kamera viewer *I-Phone8*

kemudian hasil dari kalibrasi kamera adalah seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 14. Hasil Kalibrasi Kamera *Poco M3*



Gambar 15. Hasil Kalibrasi Kamera *I-Phone8*

Pemilihan foto harus sangat diperhatikan agar kualitas kalibrasi kamera baik. Data foto yang di hasilkan merupakan foto yang memiliki kualitas yang baik. Hal ini sangat membantu untuk proses selanjutnya.

3.5 Pengukuran Sampel Jarak

Pengukuran sampel jarak dilakukan secara langsung pengukuran ini menggunakan *Total Station*. Data ukuran ini digunakan untuk mencari ketelitian model tiga dimensi. Proses pengukuran jarak langsung bisa dilihat pada gambar 16.

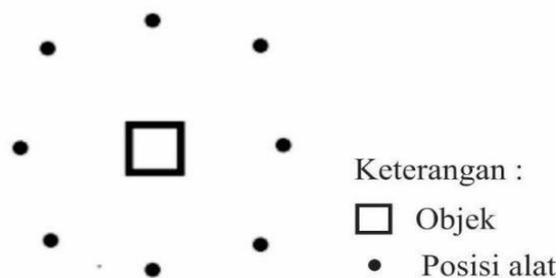


Gambar 16. Pengukuran jarak

Pada penelitian ini jarak antara alat *total station* terhadap objek yg ingin di jadikan model 3D sejauh 10,745m

3.6 Pemotretan Objek

Pemotretan objek dalam proses pengambilan data memiliki desain posisi perekaman agar dapat merekam keseluruhan objek. Desain rencana pengambilan data sebagai berikut:



Gambar 17. Desain Pemotretan objek

Pengambilan data foto dilakukan secara konvergen yaitu dengan mengelilingi objek yang akan diteliti. Penelitian ini menggunakan konfigurasi kamera konvergen karena dapat menghasilkan perbandingan distance yang baik.

Pada tahap ini diperoleh foto dengan format * jpeg. Berikut ini adalah proses pemotretan foto dalam penelitian ini.



Gambar 18. Proses pengambilan data

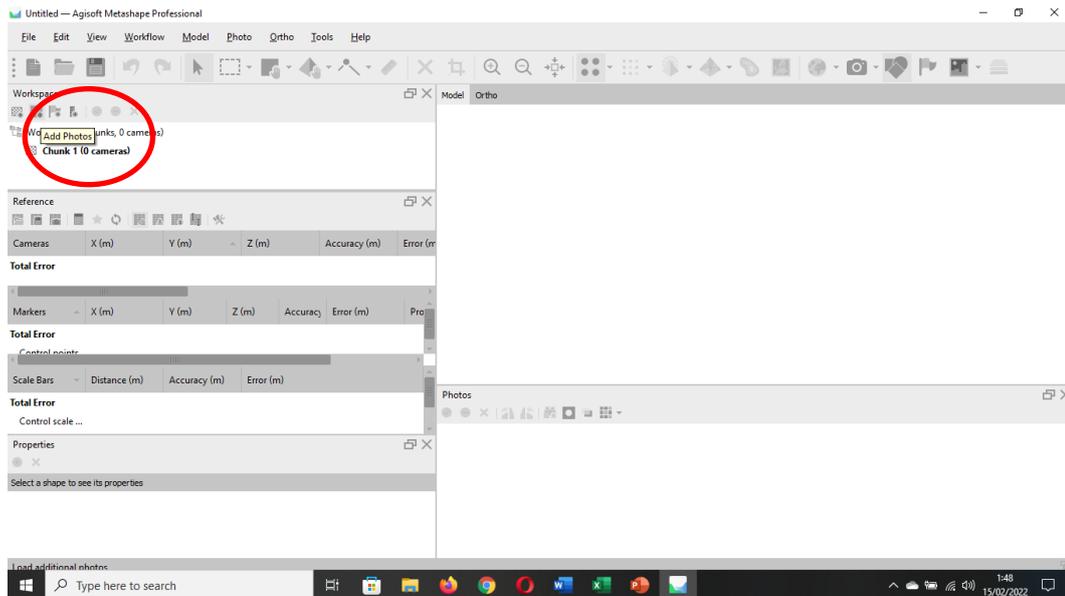
3.7 Pengolahan Data

Data dari hasil perekaman melalui kamera yang terdapat pada handphone *Poco m3* diolah menggunakan *software Agisoft Photoscan profesional 64bit*. Disini dilakukan proses pengolahan untuk mengetahui nilai RMSE (*Root Mean Square Error*).

Proses *referencing* data foto yang diolah menggunakan *software Agisoft Photoscan profesional 64bit* menggunakan koordinat lokal. Nilai ketelitian jarak antar retro didapatkan dari hasil perbandingan jarak menggunakan *scale bar*. Berikut ini merupakan tahapan dalam proses pengolahan data foto dengan menggunakan *software Agisoft Photoscan profesional 64bit*:

3.7.1 Import foto

Data foto yang didapatkan dari proses pemotretan dengan menggunakan kamera handphone *Poco m3*. Pemotretan dilakukan dengan pengambilan 45 foto untuk dilakukan pengolahan data. Berikut ini adalah proses import foto pada *Agisoft Photoscan profesional 64bit*.

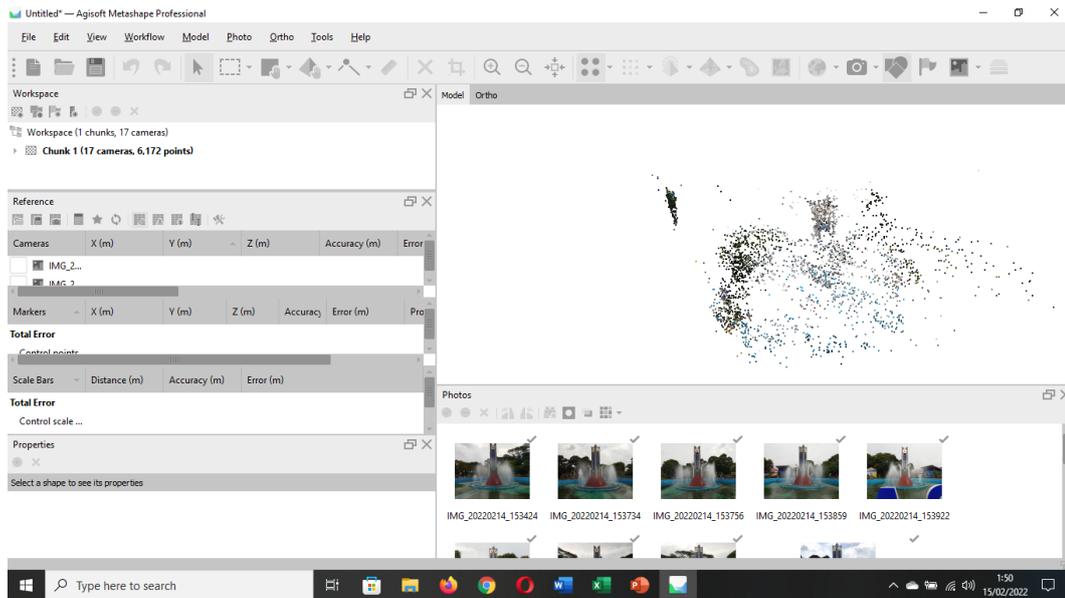


Gambar 19. Proses import foto

Pemilihan foto harus sangat diperhatikan agar kualitas model 3D baik. Data foto yang dipilih merupakan foto yang memiliki kualitas yang baik, tidak blur, saling bertampalan dan gambar yang dihasilkan memiliki ketajaman yang bagus. Hal ini sangat membantu untuk proses selanjutnya.

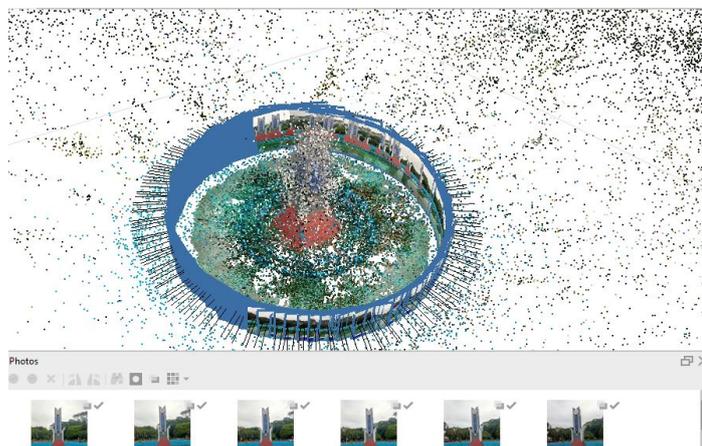
3.7.2 Aligen Foto

Pada tahap ini model awal tiga dimensi sudah terbentuk namun masih berupa titik-titik. Titik-titik ini merupakan titik-titik yang saling *matching* antar dua foto atau lebih. Proses *image matching* dilakukan secara otomatis oleh software *Agisoft Photoscan profesional 64bit*. Proses aligen foto pada menu *workflow* dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 20. Hasil aligen foto

Selain menampilkan titik-titik yang saling *matching*, pada proses ini juga menampilkan juga posisi perekaman objek yang diteliti. Berikut ini gambar posisi kamera pada saat pemotretan objek.

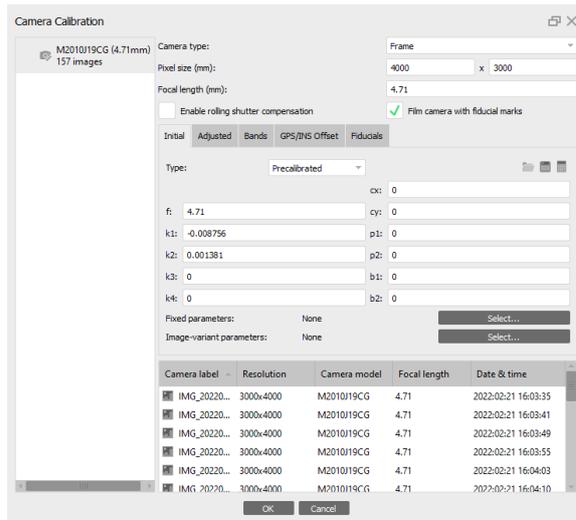


Gambar 21. Posisi kamera saat pemotretan

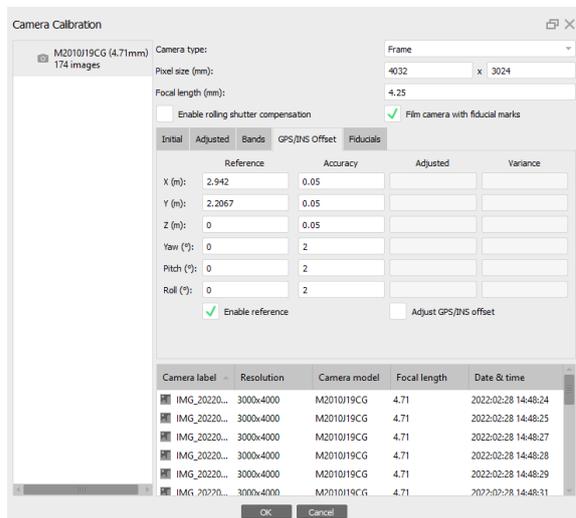
Proses *Align* foto juga menggunakan koreksi *geometric* dan koreksi *radiometric* atau penyalarsan nilai *spectral* secara otomatis pada *Agisoft Photoscan profesional 64bit*.

3.7.3 Kalibrasi Kamera Agisoft

Pada proses ini dilakukan kalibrasi yang dilakukan dengan menggunakan 2 kamera yang berbeda. Sesuai dengan gambar di bawah, diketahui bahwa hasil kalibrasi kamera berdasarkan proses kalibrasi menggunakan agisoft photoscan



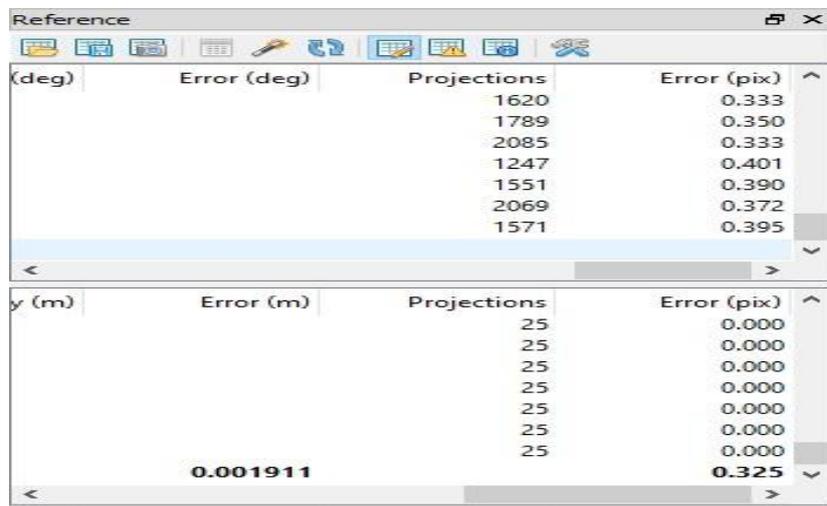
Gambar 22. Kalibrasi Agisoft *Poco M3*



Gambar 23. Kalibrasi Agisoft *I Phone 8*

3.7.4 GSD (*Ground Sampel Distance*)

GSD (*Ground Sampel Distance*) merupakan ukuran 1 *pixel* dari hasil foto dalam pemotretan. Semakin besar nilai GSD yang dihasilkan maka semakin rendah maka resolusi kamera yang dihasilkan semakin rendah. Oleh karena itu ukuran *pixel* harus kurang dari 1 *pixel*, sehingga semakin kecil nilai GSD, tingkat kedetilan objek penelitian semakin tinggi. Berikut nilai RMSE (*Root Mean Square E*)



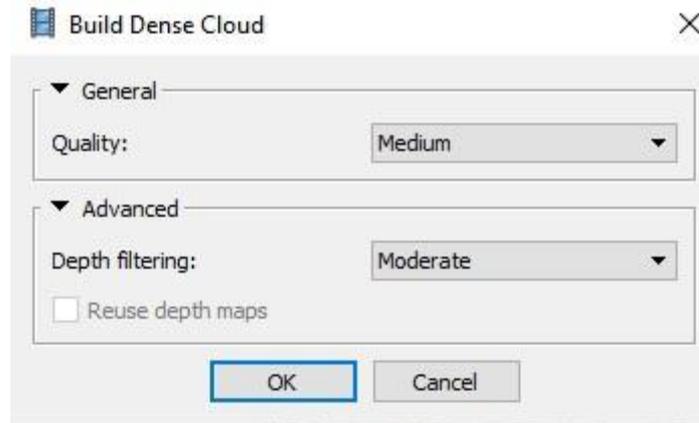
(deg)	Error (deg)	Projections	Error (pix)
		1620	0.333
		1789	0.350
		2085	0.333
		1247	0.401
		1551	0.390
		2069	0.372
		1571	0.395

y (m)	Error (m)	Projections	Error (pix)
		25	0.000
		25	0.000
		25	0.000
		25	0.000
		25	0.000
		25	0.000
		25	0.000
		25	0.000
	0.001911		0.325

Gambar 24. Nilai error (pixel) pada kamera

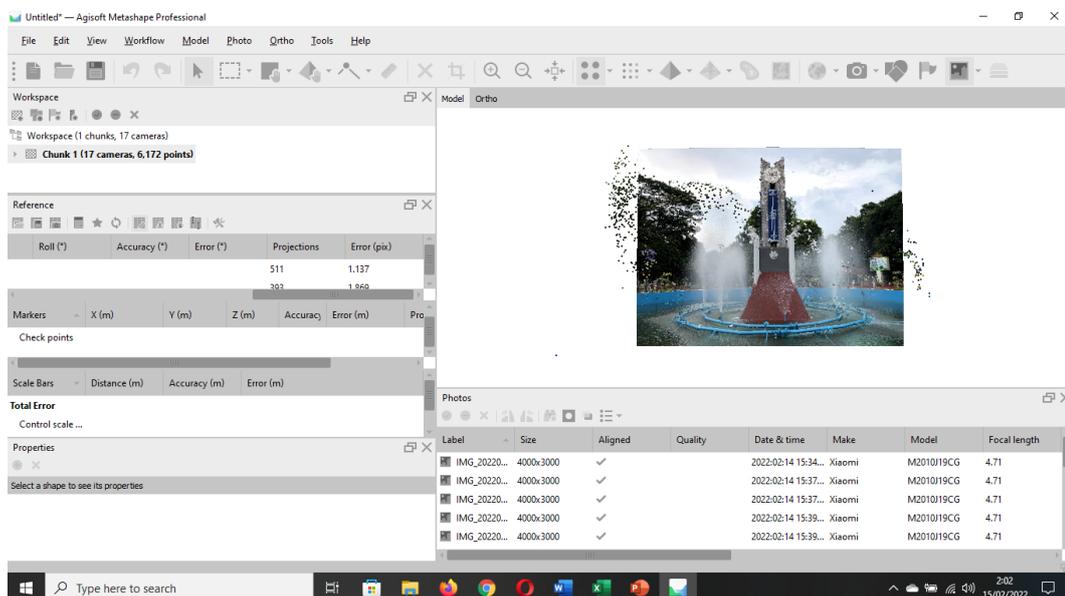
3.7.5 Proses Builds Dense Cloud

Berdasarkan perkiraan posisi pengambilan objek disetiap gambar yang sudah teridentifikasi pada tahapan sebelumnya, dilakukan proses penentuan informasi kedalaman (*dept*) untuk setiap kamera yang akan dijadikan menjadi *dense cloud*. Berikut ini tahapan dalam proses *builds dense cloud*.



Gambar 25. Proses Builds Dense Cloud

Kualitas dalam penelitian ini menggunakan *medium* dikarenakan kualitas yang lebih tinggi membutuhkan waktu yang sangat lama dan *dept filtering* yang digunakan adalah *moderate* dikarenakan semakin banyak titik-titik yang bisa dijangkau. Dari proses ini dihasilkan gambar sebagai berikut:

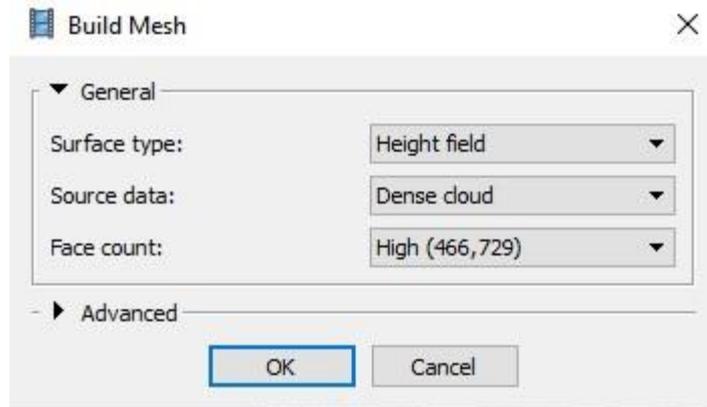


Gambar 26. Hasil proses dense cloud pada kamera

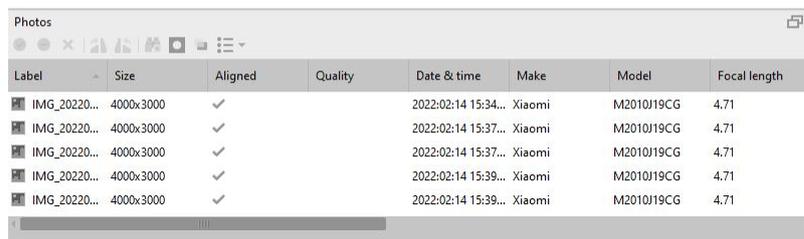
3.7.6 Proses Builds Mesh

Pada tahapan ini merupakan proses dalam mengolah data hasil proses *build dense cloud* yang nantinya digunakan untuk proses pembuatan

polygonal mesh. Berikut gambar proses dan hasil *build mesh* pada kedua kamera yang diteliti.



Gambar 27. Proses build mesh

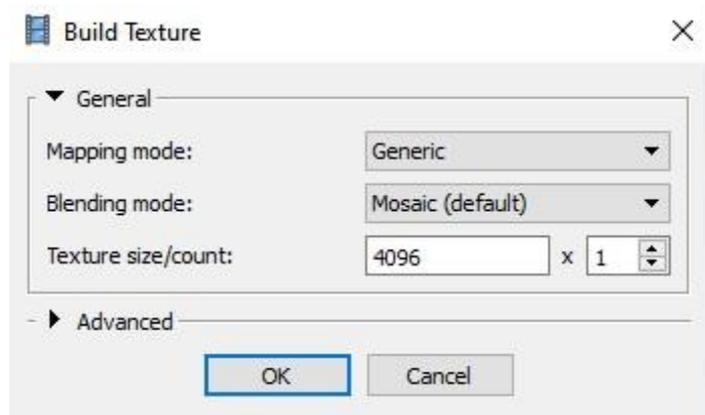


Label	Size	Aligned	Quality	Date & time	Make	Model	Focal length
IMG_20220...	4000x3000	✓		2022:02:14 15:34...	Xiaomi	M2010J19CG	4.71
IMG_20220...	4000x3000	✓		2022:02:14 15:37...	Xiaomi	M2010J19CG	4.71
IMG_20220...	4000x3000	✓		2022:02:14 15:37...	Xiaomi	M2010J19CG	4.71
IMG_20220...	4000x3000	✓		2022:02:14 15:39...	Xiaomi	M2010J19CG	4.71
IMG_20220...	4000x3000	✓		2022:02:14 15:39...	Xiaomi	M2010J19CG	4.71

Gambar 28. Hasil build mesh pada kamera

3.7.7 Proses Builds texture

Proses *build texture* adalah proses terakhir dalam pembuatan model tiga dimensi pada penelitian ini. Berikut ini merupakan proses dan hasil pemodelan dalam pengolahan



Gambar 29. Proses build texture



Gambar 30. Hasil build texture pada kamera

V.SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

1. Dalam analisis geometrik dan visualisasi, kedua kamera smartphone tersebut telah memenuhi syarat sebagai alat bantu untuk membentuk permodelan 3 dimensi.
2. Dalam analisis geometric dan visualisasi pemodelan 3 dimensi, kamera I-Phone 8 lebih mendekati dibandingkan dengan kamera Poco M3, dengan tingkat kepresisian selisih sampel jarak 0.12 m untuk I-Phone dan 0.23 m untuk Poco M3.

5.2. Saran

1. Berdasarkan kesimpulan diatas, kedua smartphone tersebut dapat di gunakan sebagai metode alternatif untuk permodelan 3 dimensi dengan efisiensi handphone Poco M3 sudah cukup baik dengan toleransi kurang dari 0,5 meter.
2. Yang perlu diperhatikan dalam pengambilan data foto adalah mengenai akusisi data, pengambilan foto menggunakan *tripot* sangat disarankan dalam memperoleh kualitas foto yang tajam dan tidak disarankan untuk pengambilan foto menggunakan *freehand*.
3. Data penelitian ini dapat dikembangkan dalam menganalisis intensitas cahaya yang dapat ditangkap oleh dua kamera yang berbeda ini dengan ISO yang digunakan oleh kedua kamera berdasarkan spesifikasi dari kamera ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Adinaningrum,A.,2015. Analisis Perbandingan Akurasi Hasil Pemodelan 3D antara Pemotretan Pola Grid Pola ROI (Regional Of Interest).Skripsi.Program Studi Teknin Geodesi dan geomatika,Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- 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.
- Atkinson. K.B. 1996. *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Whittles Publishing. Scotland, UK.
- Dipokusumo,B.S., 2001. *Pengantar Fotogrametri*. Bandung : Departemen Teknik Geodesi ITB.
- Fryer, J.G. “Camera Calibration for Non Topographic Photogrammetry.” Dalam *Non Topographic Photogrammetry*, oleh H.M. Karara. ASPRS, 1989.
- Gilang, A. 2009. *Analisis Geometri Data Objek Tiga Dimensi Menggunakan Fotogrametri Rentang Dekat, Terrestrial Laser Scanner, Dan Electronic Total Station (ETS)*. Tugas Akhir Sarjana. Departemen Teknik Geodesi ITB. Bandung.
- Hadi, B. S.,(2007). *Dasar-dasar Fotogrametri*, Universitas Negeri, Yogyakarta, Yogyakarta.
- Hidayat, H. 2012. *Optimalisasi image-based architectural Modeling pada googld sketchup Menggunakan kamera amatir digital Terkalibrasi*. Tugas Akhir, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Kalyubi, ilyas (2018). Analisis Potensi Kamera Smartphone Untuk Pemodelan 3 Dimensi Dengan Fotogrametri Jarak Dekat, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Luhmann a , Oliver Germershaus a , Jürgen Groll b , Lorenz Meinel (2012) Bone targeting for the treatment of osteoporosis Institute for Pharmacy and Food Chemistry, University of Wurzburg, Am Hubland, Wurzburg, Germany

- Michael, Edward and Gordon Gracie.1981. *Analysis Adjustment of Survey Measurement*. New York : Van Nostrand Reinhold Company.
- Ridho briyan noviandyka 2020. Analisis Hasil Pemodelan 3d Pada Fitur Kamera Handphone I-Phone 7 Plus Dan Samsung Galaxy S9 Plus, Institut Teknologi Nasional. Malang
- Rheza Aprianto, 2020. Analisis Ketelitian Hasil Pemodelan Tiga Dimensi Menggunakan *Action Camera* Dengan Metode Fotogrametri Jarak Dekat, Institut Teknologi Nasional. Malang
- Sarinurrohman,2006. Pemodelan Tiga Dimensi Objek dengan Bentuk Geon Sederhana Menggunakan Teknik Fotogrametri Jarak dekat.Skripsi.Jur Teknik Geodesi,Fakultas Teknik,Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Schenk, T., (2005). *Introduction of Photogrammetry*. Department of Civil and Environmental Engineering and Geodetic Science, The Ohio State University, Columbus.
- Syauqani,A.,Subiyanto,S.dan Suparyogi,A.2017.Pengaruh Variasi Tinggi Pengambilan Menggunakan Wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Quadropter Dji Phantom 3 Pro pada Pembuatan Peta Orthopoto.Jurnal Geodesi Undip.6(1).
- Tjahjadi, M E.,Sai S S., dan A.Rokhmana, Catur., 2019. *Geometric Accuracy Assessments of Orthophoto Production from UAV Aerial Images*. GEODETA 2019.
- Tjahjadi, M E., Handoko Fourry., 2017. *Precise wide baseline stereo image matching for compact digital cameras*. Proceeding of EECSI.
- Wolf, P.R., and B.A.Dewitt.2000.Elements of Photogrammetr.McGraw-Hill,New York,USA.www.photomodeller.com