



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISIS KOMPARASI MODEL 3 DIMENSI ANTARA
METODE FOTOGRAMETRI RENTANG DEKAT (FRD) DAN
VIDEOGRAMETRI**

TUGAS AKHIR

FAIZAL IBNU ADRIAN

21110118130068

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK GEODESI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2023



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**ANALISIS KOMPARASI MODEL 3 DIMENSI ANTARA METODE
FOTOGRAMETRI RENTANG DEKAT (FRD) DAN VIDEOGRAMETRI**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (Strata – 1)

FAIZAL IBNU ADRIAN

21110118130068

**FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK GEODESI
UNIVERSITAS DIPONEGORO
SEMARANG**

2023

HALAMAN PERNYATAAN

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
Telah saya nyatakan dengan benar**

NAMA : FAIZAL IBNU ADRIAN

NIM : 21110118130068

Tanda Tangan : 

Tanggal :

HALAMAN PENGESAHAN

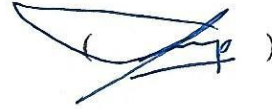
Tugas Akhir ini diajukan oleh:

NAMA : FAIZAL IBNU ADRIAN
NIM : 21110118130068
Jurusan/Program Studi : TEKNIK GEODESI
Judul Skripsi :

**ANALISIS KOMPARASI MODEL 3 DIMENSI ANTARA METODE
FOTOGRAMETRI RENTANG DEKAT (FRD) DAN VIDEOGRAMETRI**
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana/ S1 pada Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Yudo Prasetyo, S.T., M.T.



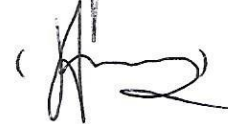
Pembimbing 2 : Nurhadi Bashit, ST, M.Eng.



Penguji 1 : Bandi Sasmito S.T., M.T.



Penguji 2 : Arwan Putra Wijaya S.T., M.T.



Semarang, Maret 2023
Ketua Departemen Teknik
Geodesi
Dr. L.M. Sabri S.T., M.T.
NIP. 197703092008121001

HALAMAN PERSEMBAHAN

“ Nobody is gonna hit as hard as life, but it ain't about how hard you hit, it's about how hard you can get hit and keep moving forward, how much you can take and keep moving forward. That's how winning is done!"

-Rocky Balboa (2006)

Perjuangan saya dalam menyusun dan menyelesaikan tugas akhir ini menjadi salah satu momen pembelajaran paling berarti dalam hidup saya, banyak sekali momen dimana saya sering mempertanyakan apakah sekarang waktunya untuk berhenti dan meninggalkan kewajiban ini?, atau bangkit dan terus berjuang seberapa berat tekanan yang diberikan, Alhamdulillah saya bangga dengan diri saya sendiri yang tidak pernah berhenti maju apapun keadaannya, Saya memang bukan orang yang cemerlang secara akademik di kampus, tapi saya bisa pastikan saya salah satu orang yang tangguh dalam menjalani babak hidup bernama “Tugas Akhir” ini.

Dalam perjuangan menyusun tugas akhir ini banyak sekali pihak yang memiliki peran terhadap penyusunan tugas akhir ini baik secara materil, sentimen, dan spiritual. Tugas akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Allah SWT, Tuhan yang Maha Esa yang telah memberikan berkah dan hidayahNya selama proses pembuatan tugas akhir ini. Saya tidak akan sampai pada titik ini tanpa bimbingan dan petunjukMu. Terima kasih Tuhan, atas segala berkah dan karuniaMu.
2. Ibu Susanti dan Bapak Heri Yuliadri tercinta, yang selalu memberikan dukungan dan kasih sayang tanpa henti. Mereka selalu ada untuk mendengarkan dan membantu saya dalam setiap tahap kehidupan. Terima kasih bu,pak, atas cinta dan pengorbanan yang tak terhingga.
3. Nur izha jannah rofi'i, pendamping saya yang setia dan selalu menjadi tempat curahan hati. Terima kasih, atas waktu dan perhatianmu yang tak ternilai.
4. Teman-teman grup KJ dan sub grup SS, yang selalu membantu menghibur dan membuat suasana hati saya lebih baik. Terima kasih teman-teman, atas kebahagiaan dan dukunganmu yang tak terlupakan.

5. Cleo, Broni, Bruno, dan Citrus, kucing-kucing saya yang selalu memberikan cinta dan kebahagiaan setiap saat. Terima kasih hewan peliharaan, atas kebahagiaan yang kalian berikan.
6. Lulus misbah alhakim, M. Aditya Henla, Fadhil Fathur Rahman, Akmal Wahyudi, Angga Dwi P, Edgar Satyadi K, Alvin septian, Adisyah Putra, Anjar Pangestu, dan Hilmy Al Mutawally, yang membantu dan berpartisipasi dalam pengumpulan data penelitian saya. Terima kasih teman-teman, atas bantuan dan kerjasama yang baik.

Tugas akhir ini adalah buah dari bantuan dan dukungan semua pihak yang telah disebutkan. Saya sangat berterima kasih dan merasa bahagia atas bantuan dan dukungan yang diberikan. Terima kasih semua.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Tuhan Yang Maha Esa, Pencipta dan Pemelihara alam semesta, akhirnya Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini, meskipun proses belajar sesungguhnya tak akan pernah berhenti. Tugas akhir ini sesungguhnya bukanlah sebuah kerja individual dan akan sulit terlaksana tanpa bantuan banyak pihak yang tak mungkin Penulis sebutkan satu persatu, namun dengan segala kerendahan hati, Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. L.M. Sabri S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.
2. Bapak Dr. Yudo Prasetyo, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing 1 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Nurhadi Bashit, ST, M.Eng, selaku Dosen Pembimbing 2 yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Semua pihak yang telah memberikan dorongan dan dukungan baik berupa material maupun spiritual serta membantu kelancaran dalam penyusunan tugas akhir ini

Akhirnya, penulis berharap semoga penelitian ini menjadi sumbangsih yang bermanfaat bagi dunia sains dan teknologi di Indonesia, khususnya disiplin keilmuan yang penulis dalami.

Semarang, 2023

Penyusun

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

NAMA : FAIZAL IBNU ADRIAN
NIM : 21110118130068
Jurusan/Program Studi : TEKNIK GEODESI
Fakultas : TEKNIK
Jenis Karya : SKRIPSI

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Noneeksklusif Rroyalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

ANALISIS KOMPARASI MODEL 3 DIMENSI ANTARA METODE FOTOGRAMETRI RENTANG DEKAT (FRD) DAN VIDEOGRAMETRI

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : Maret 2023

Yang menyatakan


Faizal Ibnu Adrian

ABSTRAK

Pembuatan model 3 dimensi dapat dibuat dengan menggunakan beberapa pendekatan diantaranya fotogrametri rentang dekat (FRD) dan videogrametri. Metode FRD memiliki kekurangan dalam segi pengambilan data yang relatif lama, sementara metode videogrametri pada awal perkembangannya sangat jarang digunakan karena kualitas perekaman yang buruk. Oleh karena itu, penelitian ini membahas tentang perbandingan metode fotogrametri rentang dekat (FRD) dan videogrametri dalam pembuatan model 3 dimensi dengan bertujuan untuk membandingkan kedua metode tersebut dari segi efektivitas, efisiensi, dan akurasi. Efektifitas merujuk pada hasil *mesh* metode mana yang menyerupai objek asli, Efisiensi merujuk pada biaya dan waktu mana yang paling singkat antara kedua metode dan Akurasi merujuk kepada nilai kesalahan posisi. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah 85 dan 103 data raster untuk metode FRD dan 613 dan 847 data raster yang di ekstrak dari video untuk metode videogrametri yang diambil menggunakan kamera DSLR Nikon D3200, dengan validasi data dilakukan melalui selisih jarak titik detil pada objek asli dan model 3 dimensi yang dihasilkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode FRD memiliki kualitas *mesh* yang lebih baik, sedangkan metode videogrametri memiliki waktu yang lebih singkat. Sedangkan segi akurasi, metode FRD memiliki nilai rata rata akurasi sebesar 0,087 m, sementara metode videogrametri memiliki nilai rata rata sebesar 0,067. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa metode FRD unggul pada segi efektifitas, metode videogrametri unggul pada segi efisiensi, dan kedua metode setara dalam segi akurasi.

Kata Kunci: Akurasi, Efektifitas, Efisiensi, Fotogrametri Rentang Dekat, Videogrametri

ABSTRACT

The creation of 3-dimensional models can be accomplished using various approaches, including close-range photogrammetry (CRP) and videogrammetry. The CRP method has a disadvantage in terms of relatively time-consuming data acquisition, while videogrammetry was initially rarely used due to poor recording quality. Therefore, this study compares CRP and videogrammetry methods in creating 3-dimensional models with the aim of comparing the two methods in terms of effectiveness, efficiency, and accuracy. Effectiveness refers to which method produces a mesh that resembles the original object, efficiency refers to which method is the most cost and time-effective, and accuracy refers to positional error values. The data used in this study were 85 and 103 raster data for the CRP method and 613 and 847 raster data extracted from video for the videogrammetry method, taken using a Nikon D3200 DSLR camera. Validation of the data was conducted through the difference in distance between detailed points on the original object and the resulting 3-dimensional model. The results showed that the CRP method produced a higher quality mesh, while the videogrammetry method was faster. Regarding accuracy, the CRP method had an average accuracy value of 0.087 m, while the videogrammetry method had an average value of 0.067 m. Based on the results, it can be concluded that the CRP method excels in terms of effectiveness, the videogrammetry method excels in terms of efficiency, and both methods are equivalent in terms of accuracy.

Keywords: Accuracy, Close Range Photogrammetry, Efficiency, Effectiveness, Videogrammetry

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	vii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	viii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xviii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	3
I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
I.4 Batasan Masalah	4
I.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
I.5.1 Objek Penelitian.....	4
I.5.2 Peralatan dan Data Penelitian	4
I.6 Metodologi Penelitian.....	6
I.7 Kerangka Alur Berpikir	6
I.8 Sistematika Penulisan Laporan Penelitian.....	10
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
II.1 Kajian Penelitian Terdahulu	11
II.2 Kajian Objek Penelitian.....	14
II.3 Konsep FRD (Fotogrametri Rentang Dekat).....	16
II.3.1 Pengertian	16
II.3.2 Prinsip Dasar.....	16
II.3.2.1 Kondisi Kesegaran	17
II.3.2.2 Reseksi Ruang.....	18

II.3.2.3	Interseksi Ruang	18
II.3.3	Aplikasi FRD	19
II.4	Konsep Videogrametri.....	21
II.4.1	Pengertian Videogrametri	21
II.4.2	Prinsip Dasar	21
II.4.3	Aplikasi Videogrametri.....	23
II.5	<i>Strength, Weakness, Opportunity, Threat</i> (SWOT) kedua metode	24
II.6	Konsep Efektivitas, Efisiensi, dan Akurasi	24
II.7	Standar Akurasi Model.....	25
II.8	Uji Akurasi model	26
II.9	Uji Validitas model.....	27
II.10	Konsep Poligon.....	27
II.10.1	Poligon Tertutup	28
II.10.2	Syarat Geometris.....	29
II.10.3	Perhitungan poligon	29
II.11	Uji Statistik	31
II.11.1	Uji Normalitas.....	31
II.11.2	Uji <i>paired sample T-test</i>	32
II.12	Kalibrasi Kamera.....	33
II.13	Parameter orientasi dalam.....	34
II.14	<i>Poisson Surface Reconstruction</i>	35
II.15	<i>VisualSfM</i>	36
II.16	<i>3DSurvey</i>	37
II.17	<i>Meshlab</i>	38
II.18	<i>CloudCompare</i>	38
II.19	<i>RStudio</i>	39
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	40
III.1	Tahapan Persiapan.....	40
III.1.1	Studi Literatur	40
III.1.2	Persiapan Alat	40
III.1.3	Perencanaan Pemotretan	41
III.1.4	Perencanaan titik ikat.....	42

III.2 Tahapan Pengambilan Data	43
III.2.1 Akuisisi Foto dan Video Objek.....	43
III.2.2 Pengambilan Data Titik Kontrol.....	46
III.3 Tahapan Pengolahan Data	48
III.3.1 Pengolahan Data Poligon.....	48
III.3.2 Pengolahan Data <i>Raster</i>	52
III.3.2.1 <i>VisualSfM</i>	52
III.3.2.2 <i>3DSurvey</i>	54
III.3.2.3 <i>Meshlab</i>	55
III.4 Tahapan Validasi Data.....	57
BAB IV HASIL DAN ANALISIS	60
IV.1 Hasil Penelitian.....	60
IV.2 Kajian Objek Pertama.....	60
IV.2.1 Parameter Efektifitas.....	61
IV.2.1.1 Analisis Komparasi <i>Mesh</i>	61
IV.2.1.2 Analisis Komparasi Visual	62
IV.2.2 Parameter Efisiensi	68
IV.2.3 Parameter Akurasi.....	69
IV.2.3.1 Uji Normalitas.....	72
IV.2.3.2 Uji <i>Paired sample T-test</i>	73
IV.3 Kajian Objek Kedua	73
IV.3.1 Parameter Efektifitas.....	74
IV.3.1.1 Analisis Komparasi <i>Mesh</i>	74
IV.3.1.2 Analisis Komparasi Visual	75
IV.3.2 Parameter Efisiensi	80
IV.3.3 Parameter Akurasi.....	82
IV.3.3.1 Uji Normalitas.....	85
IV.3.3.2 Uji <i>paired sample t-test</i>	86
IV.4 Kajian Metode FRD.....	86
IV.4.1 Komparasi Efektifitas	87
IV.4.2 Komparasi Efisiensi	89
IV.4.3 Komparasi Akurasi	89

IV.5 Kajian Metode Videogrametri	92
IV.5.1 Komparasi Efektifitas	92
IV.5.2 Komparasi Efisiensi	93
IV.5.3 Komparasi Akurasi	93
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	96
V.1 Kesimpulan.....	96
V.2 Saran	97
DAFTAR PUSTAKA	xvi
LAMPIRAN.....	1

DAFTAR GAMBAR

Gambar I-1 Objek Penelitian Pertama (kiri) dan Kedua (kanan).....	4
Gambar I-2 Diagram alir penelitian	7
Gambar I-3 Kerangka berpikir	9
Gambar II-1 <i>Illumination model of the surface of object</i>	15
Gambar II-2 Bentuk mobil Toyota Yaris	15
Gambar II-3 Bentuk patung sapi FPP	16
Gambar II-4 Kondisi Kesegarisan (<i>Collinearity Condition</i>).....	17
Gambar II-5 Interseksi berkas sinar	18
Gambar II-6 3D <i>Scanning</i> model mobil.....	19
Gambar II-7 Konstruksi pesawat terbang	19
Gambar II-8 Konservasi bangunan	20
Gambar II-9 Pengukuran Jembatan.....	20
Gambar II-10 Hasil rekonstruksi menggunakan videogrametri.....	21
Gambar II-11 Blok Videogrametri.....	22
Gambar II-12 Perekaman <i>pointclouds</i> konfigurasi <i>multi-station</i>	23
Gambar II-13 Pengamatan <i>turbine</i> kincir angin.....	23
Gambar II-14 <i>Human movement determination</i>	24
Gambar II-15 Contoh sketsa poligon tertutup.....	28
Gambar II-16 Kurva Normal.....	32
Gambar II-17 Orientasi dalam	34
Gambar II-18 Pola distorsi pada lensa	35
Gambar II-19 Rekonstruksi objek VRIP (kiri) dan <i>poisson</i> (kanan)	36
Gambar II-20 <i>Workspace VisualSfM</i>	36
Gambar II-21 Diagram alir rekonstruksi.....	37
Gambar II-22 <i>Workspace 3DSurvey</i>	37
Gambar II-23 Tampilan <i>software</i> pengolahan <i>meshlab</i>	38
Gambar II-24 <i>Workspace Cloudcompare</i>	38
Gambar II-25 <i>Workspace RStudio</i>	39
Gambar III-1 Peralatan kamera yang digunakan dalam penelitian	40
Gambar III-2 Peralatan <i>Total Station</i> yang digunakan dalam penelitian.....	41
Gambar III-3 Ilustrasi jalur pemotretan metode FRD.....	41

Gambar III-4 Jalur perekaman video	42
Gambar III-5 Persebaran titik ikat objek pertama.....	42
Gambar III-6 Persebaran titik ikat objek kedua	43
Gambar III-7 Pengambilan Data Objek Penelitian	43
Gambar III-8 Pembuatan jalur perekaman objek.....	44
Gambar III-9 Penyesuaian fokus lensa pada saat akuisisi data.....	44
Gambar III-10 Hasil gambar pemotretan.....	46
Gambar III-11 <i>Centering total station</i>	46
Gambar III-12 <i>Reflektor Prisma</i> pada pengukuran poligon.....	47
Gambar III-13 Konfigurasi <i>Total Station</i> pada pengukuran poligon.....	47
Gambar III-14 Pangukuran tinggi alat	47
Gambar III-15 Penembakan titik detail.....	48
Gambar III-16 Sketsa poligon objek pertama (kiri) dan objek kedua (kanan)	48
Gambar III-17 Tampilan halaman depan Spectrum Link	49
Gambar III-18 Tampilan <i>Compute Coordinates</i>	50
Gambar III-19 Proses <i>match image</i>	52
Gambar III-20 Hasil <i>match image</i>	53
Gambar III-21 Hasil <i>3D reconstruction</i>	53
Gambar III-22 Parameter internal kamera	54
Gambar III-23 Hasil data <i>Sparse Pointclouds</i>	54
Gambar III-24 Proses Pengolahan <i>Dense Reconstruction</i>	55
Gambar III-25 Hasil <i>DenseClouds</i> metode Videogrametri.....	55
Gambar III-26 Dialog proses <i>surface reconstruction</i>	56
Gambar III-27 Fitur <i>Align two clouds</i>	57
Gambar III-28 Proses <i>georeferencing</i>	57
Gambar III-29 <i>Georeference report</i> objek pertama metode CRP.....	58
Gambar III-30 <i>Georeference report</i> objek pertama metode videogrametri.....	58
Gambar III-31 <i>Georeference report</i> objek kedua metode CRP.....	58
Gambar III-32 <i>Georeference report</i> objek kedua metode videogrametri	59
Gambar III-33 Tahapan <i>point-pick</i> pada <i>cloudcompare</i>	59
Gambar IV-1 Diagram alir analisis	60
Gambar IV-2 Hasil <i>mesh</i> FRD (kiri) dan videogrametri (kanan)	61

Gambar IV-3 Nilai luasan <i>triangle surface</i> metode FRD	61
Gambar IV-4 Nilai luasan <i>triangle surface</i> metode Videogrametri.....	61
Gambar IV-5 Histogram <i>raster</i> RGB objek asli	63
Gambar IV-6 Histogram <i>raster</i> RGB model 3 dimensi metode FRD	64
Gambar IV-7 Histogram <i>raster</i> RGB model 3 dimensi metode videogrametri....	65
Gambar IV-8 Komparasi <i>mesh</i> model 3 dimensi bagian atas	65
Gambar IV-9 Komparasi <i>mesh</i> model 3 dimensi bagian kiri.....	65
Gambar IV-10 Komparasi <i>mesh</i> model 3 dimensi bagian kanan.....	66
Gambar IV-11 Komparasi <i>mesh</i> model 3 dimensi bagian depan.....	66
Gambar IV-12 Komparasi <i>mesh</i> model 3 dimensi bagian belakang.....	66
Gambar IV-13 Histogram <i>raster</i> RGB model 3 dimensi gabungan <i>mesh</i>	67
Gambar IV-14 Histogram selisih jarak kedua metode.....	70
Gambar IV-15 Hasil uji normalitas metode FRD	72
Gambar IV-16 Hasil uji normalitas metode Videogrametri.....	72
Gambar IV-17 Hasil uji paired t-test objek pertama.....	73
Gambar IV-18 Hasil <i>mesh</i> FRD (kiri) dan Videogrametri (kanan)	74
Gambar IV-19 Nilai luasan <i>triangle surface</i> metode FRD	74
Gambar IV-20 Nilai luasan <i>triangle surface</i> metode Videogrametri.....	74
Gambar IV-21 Histogram raster RGB objek asli.....	76
Gambar IV-22 Histogram raster RGB model 3 dimensi metode FRD	77
Gambar IV-23 Histogram raster RGB model 3 dimensi metode videogrametri ..	77
Gambar IV-24 Komparasi <i>mesh</i> model 3 dimensi bagian atas	78
Gambar IV-25 Komparasi <i>mesh</i> model 3 dimensi bagian belakang.....	78
Gambar IV-26 Komparasi <i>mesh</i> model 3 dimensi bagian depan.....	78
Gambar IV-27 Komparasi <i>mesh</i> model 3 dimensi bagian kiri.....	79
Gambar IV-28 Komparasi <i>mesh</i> model 3 dimensi bagian kanan.....	79
Gambar IV-29 Histogram raster RGB model 3 gabungan <i>mesh</i>	80
Gambar IV-30 Histogram selisih jarak kedua metode.....	83
Gambar IV-31 Hasil uji normalitas metode FRD objek kedua.....	85
Gambar IV-32 Hasil uji normalitas metode Videogrametri objek kedua	85
Gambar IV-33 Hasil uji paired t-test objek kedua	86
Gambar IV-34 a) Model 3 Dimensi objek pertama , b) Objek asli pertama.....	87

Gambar IV-35 a) Model 3 Dimensi objek kedua , b) Objek asli kedua.....	87
Gambar IV-36 Kualitas tekstur objek pertama	88
Gambar IV-37 Kualitas tekstur objek kedua.....	88
Gambar IV-38 Bagian atap objek pertama (kiri) dan kedua (kanan).....	89
Gambar IV-39 a) Model 3 Dimensi objek pertama , b) Objek asli pertama	92
Gambar IV-40 a) Model 3 Dimensi objek kedua , b) Objek asli kedua.....	92

DAFTAR TABEL

Tabel I-1 Data Penelitian	5
Tabel II-1 Penelitian Terdahulu	11
Tabel II-2 Tabel dimensi Toyota Yaris.....	15
Tabel II-3 Analisis SWOT dari kedua metode.....	24
Tabel II-4 Parameter <i>Level of detail</i> (LOD).....	26
Tabel II-5 Ketelitian Poligon	29
Tabel III-1 Pengaturan Kamera Objek Pertama.....	45
Tabel III-2 Penhaturan Kamera Objek Kedua	45
Tabel III-3 Hasil koordinat titik ikat objek kedua.....	50
Tabel III-4 Hasil koordinat titik ikat objek pertama	51
Tabel IV-1 Tabel kriteria efisiensi permodelan 3 dimensi objek pertama.....	68
Tabel IV-2 Visualisasi sampel jarak	69
Tabel IV-3 Selisih jarak metode FRD.....	71
Tabel IV-4 Selisih jarak metode videogrametri.....	71
Tabel IV-5 Komparasi <i>mesh</i> dengan objek asli	75
Tabel IV-6 Tabel kriteria efisiensi permodelan 3 dimensi objek kedua	81
Tabel IV-7 Visualisasi sampel jarak objek kedua.....	82
Tabel IV-8 Selisih jarak metode FRD.....	84
Tabel IV-9 Selisih jarak metode videogrametri.....	84
Tabel IV-10 Komparasi nilai efisiensi metode FRD.....	89
Tabel IV-11 Tabel Uji Akurasi Posisi metode FRD objek pertama	90
Tabel IV-12 Tabel Uji Akurasi Posisi metode FRD objek kedua.....	91
Tabel IV-13 Komparasi nilai efisiensi metode videogrametri.....	93
Tabel IV-14 Tabel Uji Akurasi Posisi metode Videogrametri objek pertama... 94	
Tabel IV-15 Tabel Uji Akurasi Posisi metode Videogrametri objek kedua.....	95

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN I Lembar Asistensi Dosen Pembimbing.....	L-1
LAMPIRAN II Data.....	L-2
LAMPIRAN III Model 3 Dimensi.....	L-3
LAMPIRAN IV Dokumentasi.....	L-4

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Ilmu mengenai geometri 3 dimensi merupakan studi yang membahas tentang *reverse engineering* berbasis gambar dan jarak banyak dilakukan menggunakan FRD serta penggunaan TLS (Herráez dkk., 2016). Metode yang digunakan untuk merekonstruksi sebuah objek sangat banyak, namun belum ada solusi dilapangan yang membahas mengenai akurasi, otomatisasi, dan efisiensi biaya secara bersamaan (Brilakis dkk., 2011). Rekonstruksi model 3 dimensi berbasis gambar atau yang sering disebut Fotogrametri Rentang Dekat (FRD) merupakan metode yang sangat sering digunakan di lapangan (Atkinson, 1980). Metode videogrametri masih sangat jarang digunakan di lapangan dikarenakan pada awal perkembangan di tahun 1997 metode ini memiliki kualitas perekaman video masih sangat buruk untuk dilakukan pengolahan data *raster* (Gruen, 1997), serta belum ada studi yang mengkaji mengenai efisiensi, efektifitas serta akurasi dari metode yang digunakan untuk rekonstruksi 3 dimensi antara metode FRD dan videogrametri.

Metode videogrametri mempunyai sebuah potensi yang cenderung besar dalam memberikan sebuah cara untuk mendapatkan bentuk visual rekonstruksi model 3 dimensi suatu objek dibandingkan dengan metode lain yang ada sebelumnya seperti teknologi *Light Detection and Ranging* atau yang sering disebut dengan LiDAR dan juga metode *Laser Scanner* (Herráez dkk., 2016). Videogrametri memiliki hasil gambar kurang bagus yang diambil dari sebuah data video (*video recorder*) yang dibandingkan hasil foto dari kamera digital pada saat itu. Perkembangan teknologi sudah berkembang pesat dalam 2 dekade lalu sejak adanya kamera digital pada tahun 1989, kamera digital sudah memiliki fitur perekaman video menggunakan lensa dan sensor yang sama untuk mengambil sebuah gambar dari objek.

Implementasi dari metode videogrametri terbilang simpel dan murah, serta sangat *flexible* yang memungkinkan penggunaan metode ini dimana saja karena *self-calibration* dilakukan pada saat proses pembuatan model 3 dimensi (Herráez

dkk., 2016), maka dari itu metode videogrametri merupakan metode yang layak untuk dikaji dan dibandingkan dari beberapa aspek dengan metode FRD, dan pada penelitian ini hasil rekonstruksi model 3 Dimensi yang diakuisisi menggunakan metode FRD akan dibandingkan dengan hasil rekonstruksi yang diakuisisi menggunakan metode videogrametri dengan beberapa parameter perbandingan yang meliputi 3 komponen yaitu secara efektifitas, efisien dan akurat.

Data yang digunakan untuk mencapai analisis tersebut antara lain adalah data *raster* dari metode FRD yang diolah menggunakan *VisualSfM*, data video dari perekaman metode videogrametri yang diolah menggunakan *software 3DSurvey* serta data koordinat dari alat *Total Station (TS)* yang diolah dengan bantuan *software spectrum link* untuk melakukan proses pembentukan *mesh* dari model 3 dimensi yang dibuat menggunakan *software meshlab* dan *software cloudcompare* digunakan untuk melakukan *georeferencing* dari model 3 dimensi dari kedua metode.

Efektifitas mengacu kepada keberhasilan dalam mencapai atau gagal mencapai suatu tujuan, semakin dekat hasilnya dengan tujuan, semakin tinggi nilai efektifitas, maka dari itu pendekatan dari komponen efektifitas adalah hasil visual model 3 dimensi yang diakuisisi, semakin mendekati objek di lapangan semakin efektif metode yang digunakan untuk merekonstruksi objek, peneliti melakukan analisis efektif dengan membandingkan jumlah *faces* dan luasan *triangle surface* dari *mesh* setiap metode. Efisiensi merujuk pada ketepepatan waktu, tenaga, dan biaya untuk mengerjakan sebuah tugas, maka dari itu pendekatan komponen efisien adalah pengukuran waktu akuisisi data, pengolahan serta penyajian data dari setiap metode yang dilakukan, peneliti membandingkan waktu yang dibutuhkan dari setiap metode melakukan alur pekerjaan dari mulai pengambilan data hingga akhir pengolahan data. Akurat merujuk kepada suatu ketelitian dan ketepatan rekonstruksi model 3 dimensi yang dibentuk, pendekatan yang dilakukan untuk parameter akurat adalah analisis ketelitian geometri yang dilakukan menggunakan uji statistik, peneliti melakukan analisis akurasi menggunakan nilai kesalahan posisi dari setiap metode dan mencari apakah ada perbedaan antara sampel nilai kesalahan posisi dari kedua metode menggunakan uji *paired t-test* untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua metode tersebut.

Hasil dari penelitian ini akan memberikan alternatif dalam penggunaan antara metode FRD dengan videogrametri dalam membuat rekonstruksi objek secara 3 dimensi, sehingga didapatkan pilihan penggunaan metode rekonstruksi model 3 dimensi yang beragam sesuai kebutuhan.

I.2 Rumusan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana analisis hasil perbandingan secara visual model 3 dimensi antara metode FRD dengan videogrametri?
2. Bagaimana analisis hasil perbandingan ketelitian geometri model 3 dimensi yang antara metode FRD dan videogrametri menggunakan *Total Station*?
3. Bagaimana efisiensi pembuatan model 3 dimensi antara metode FRD dan videogrametri?

I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Tujuan

Adapun tujuan dalam penelitian ini antara lain:

- a. Mengetahui perbandingan hasil visual rekonstruksi model 3 dimensi menggunakan metode FRD dan videogrametri
- b. Mengetahui seberapa baik akurasi hasil permodelan 3 dimensi menggunakan metode FRD dan videogrametri.
- c. Mengetahui metode videogrametri dapat dijadikan solusi untuk aplikasi permodelan 3 dimensi dengan hasil yang efisien dalam segi waktu dan data yang dihasilkan.

2. Manfaat

Adapun manfaat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Segi rekayasa

Hasil penelitian ini dapat diterapkan untuk solusi permodelan 3 dimensi menggunakan fotogrametri dengan cepat dengan hasil yang akurat serta efisien dalam segi waktu dan data yang dihasilkan.

- b. Segi keilmuan

Hasil dari penelitian ini dapat menjadi sebuah perkembangan ilmu geodesi yang dapat digunakan sebagai sarana memberi ilmu

fotogrametri terkait analisis perbandingan metode Fotogrametri Rentang Dekat dengan metode videogametri.

I.4 Batasan Masalah

Batasan penelitian bertujuan untuk memberikan batasan terhadap penelitian yang dilakukan, batasan yang disusun di penelitian ini adalah:

1. Pembuatan *Mesh* akan dilakukan menggunakan algoritma *PoissonSurfaceReconstruction* pada *software Meshlab*.
2. Pengolahan hasil akuisisi data dilakukan menggunakan bantuan *software VisualSfm, 3DSurvey, Meshlab* dan *CloudCompare*.
3. Skala model 3 dimensi luaran penelitian dibuat dalam skala 1:15.
4. Jumlah titik uji yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 15 titik uji

I.5 Ruang Lingkup Penelitian

I.5.1 Objek Penelitian

Objek penelitian ini adalah mobil Toyota Yaris E A/T tahun 2012 yang dapat dilihat pada **Gambar I-1**



Gambar I-1 Objek Penelitian Pertama (kiri) dan Kedua (kanan)

I.5.2 Peralatan dan Data Penelitian

Alat dan data yang dibutuhkan di penelitian ini sebagai berikut:

1. Peralatan
 - a. Perangkat keras (*Hardware*)
 - 1) Laptop
 - Tipe Komputer : Asus ROG GL503VM
 - Sistem Operasi : Windows 10 Home
 - Tipe *Processor* : Intel Core i7-7700HQ

- Type *Graphic Processor* : NVIDIA GeForce GTX 1060 6GB
- RAM : 16 GB DDR4
- Penyimpanan : 500GB SSD + 1000GB HDD
- 2) Kamera DSLR
 - Type DSLR : Nikon D3200
 - Sensor : 24 Megapixel CMOS
 - Ukuran Sensor : 23,2 x 15,4mm
 - Aspek Sensor : 3:2 *Aspect-Ratio*
 - Shutter Speed* : 1/4000 – 30s
 - Sensitifitas : ISO 200 – 6400
 - Video Capture* : 1920x1080 60FPS 16:9
 - Format Video : MPEG-4 / H.264
 - Lensa : 18-55mm f/4-5.6 IS STM
- 3) *Total Station* sokkia IM-50 Series
- 4) *Checkerboard* target
- b. Perangkat lunak
 - 1) *Microsoft Windows 10 Home*
 - 2) *Microsoft Office 2019*
 - 3) *VisualSfM*
 - 4) *3DSurvey*
 - 5) *Meshlab*
 - 6) *CloudCompare*
 - 7) *Spectrumlink v.8.2.3*

2. Data Penelitian

Berikut merupakan data yang akan digunakan pada penelitian ini secara rinci dapat dilihat di **Tabel I-1**

Tabel I-1 Data Penelitian

No.	Data	Sumber	Tahun	Keterangan
1.	Data Pengukuran <i>Total Station</i>	Survei Lapangan	2022	Data didapatkan dengan pengukuran lapangan menggunakan <i>Total Station</i> yang digunakan sebagai titik kontrol serta untuk mengetahui akurasi dari kesalahan geometri

Tabel I-1 Data Penelitian (Lanjutan)

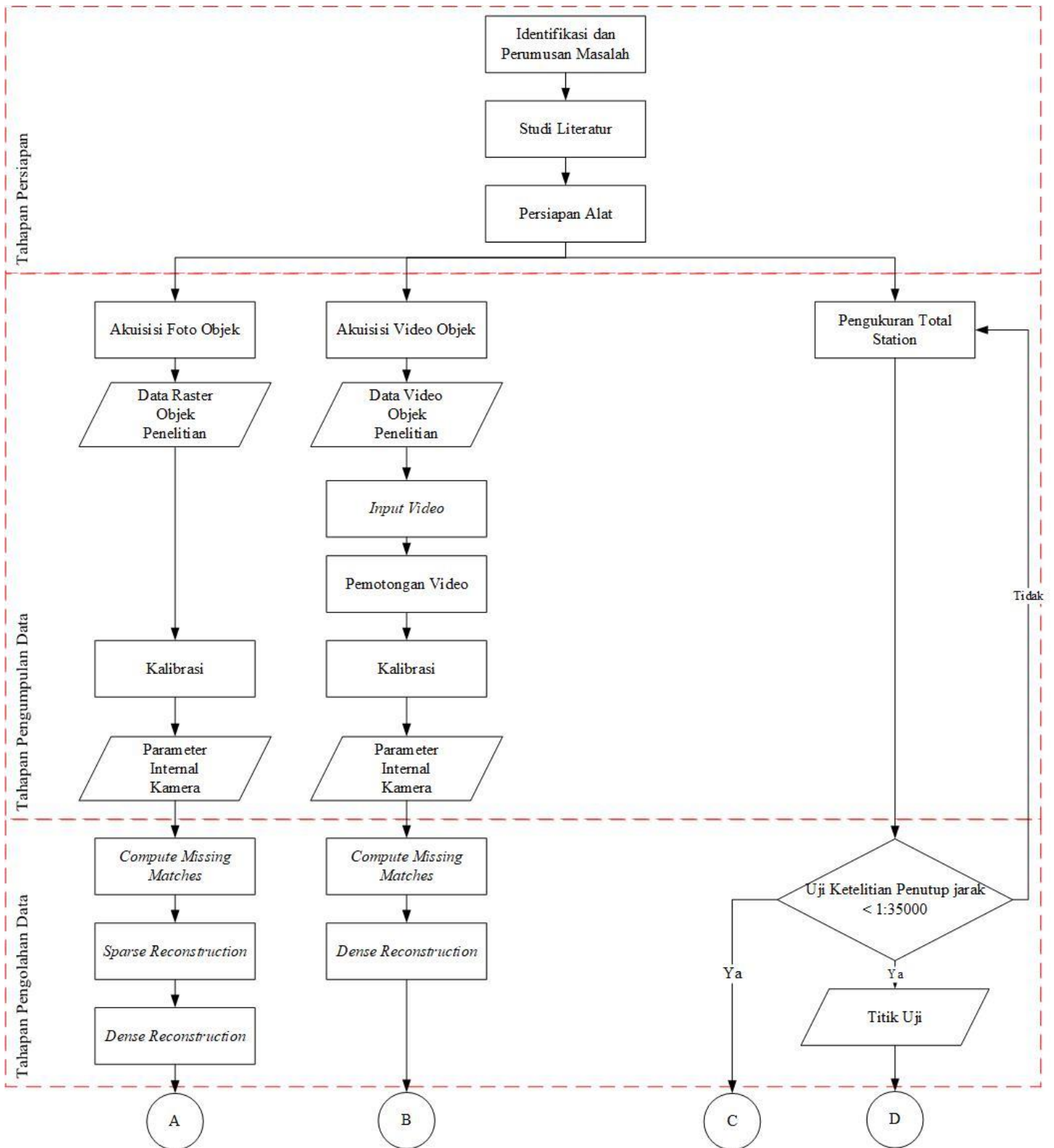
No.	Data	Sumber	Tahun	Keterangan
2	Data Kalibrasi Kamera	<i>Self-Callibration</i>	2022	Data didapatkan dengan melakukan kalibrasi secara manual di kamera DSLR untuk menunjang pengolahan data <i>raster</i> yang didapatkan ketika akuisisi data objek penelitian
3	Data Foto Objek	Survei Lapangan	2022	Data objek yang diakuisisi menggunakan metode Fotogrametri Rentang Dekat didapatkan dengan melakukan pemotretan di sekeliling objek yang digunakan sebagai data olahan untuk mendapat model 3D
4	Data Video Objek	Survei Lapangan	2022	Data objek yang diakuisisi menggunakan metode videogrametri didapatkan dengan melakukan pengambilan video mengelilingi objek yang digunakan sebagai data olahan untuk mendapat model 3D
5	Data Model 3 Dimensi	Pengolahan data <i>raster</i>	2022	Data model 3 dimensi dari 2 metode penelitian yang dilakukan <i>georeferencing</i> agar memiliki skala 1:1

I.6 Metodologi Penelitian

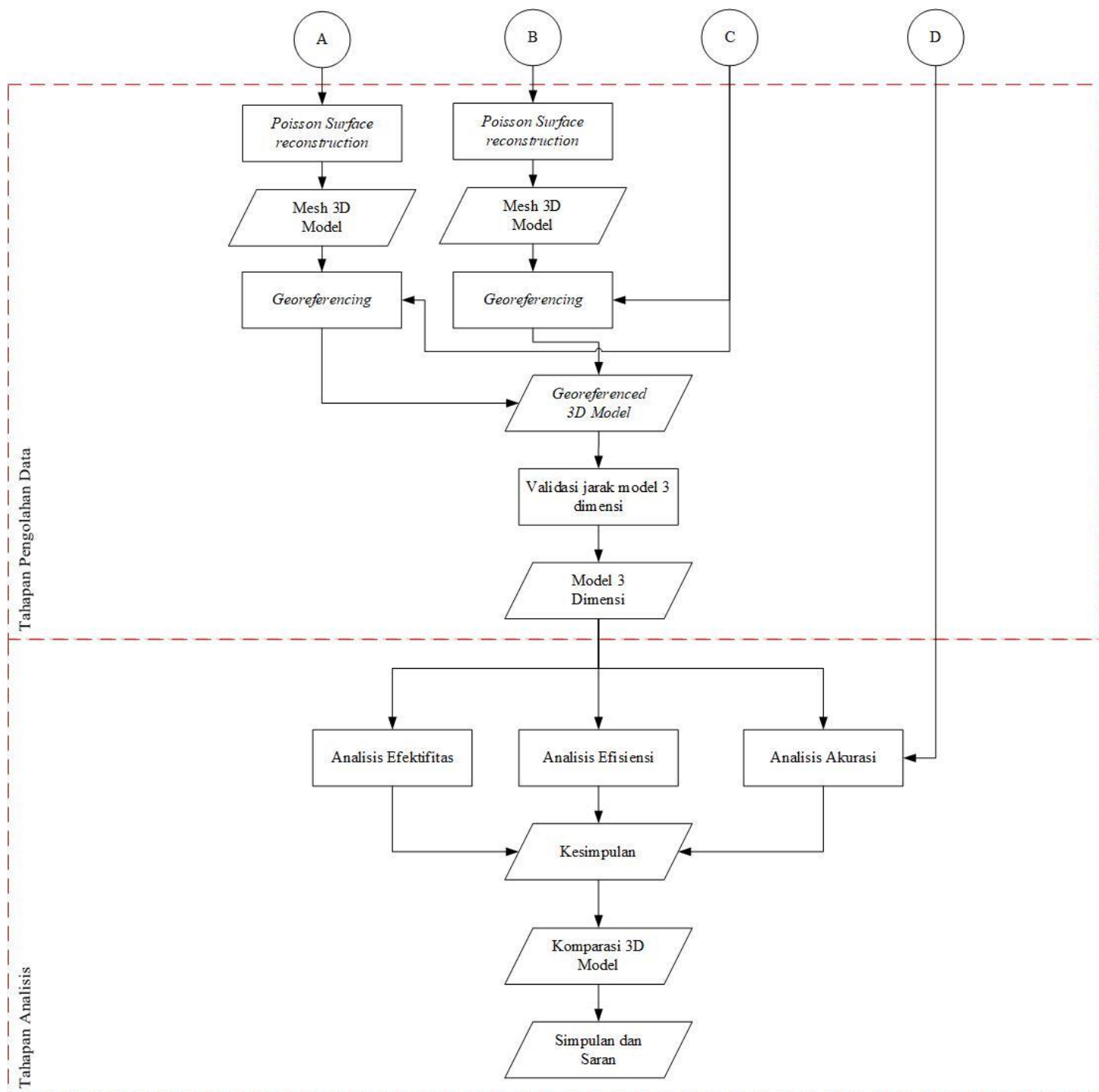
Penelitian ini terbagi menjadi 3 tahapan yang dapat dilihat secara rinci pada **Gambar I-2**

I.7 Kerangka Alur Berpikir

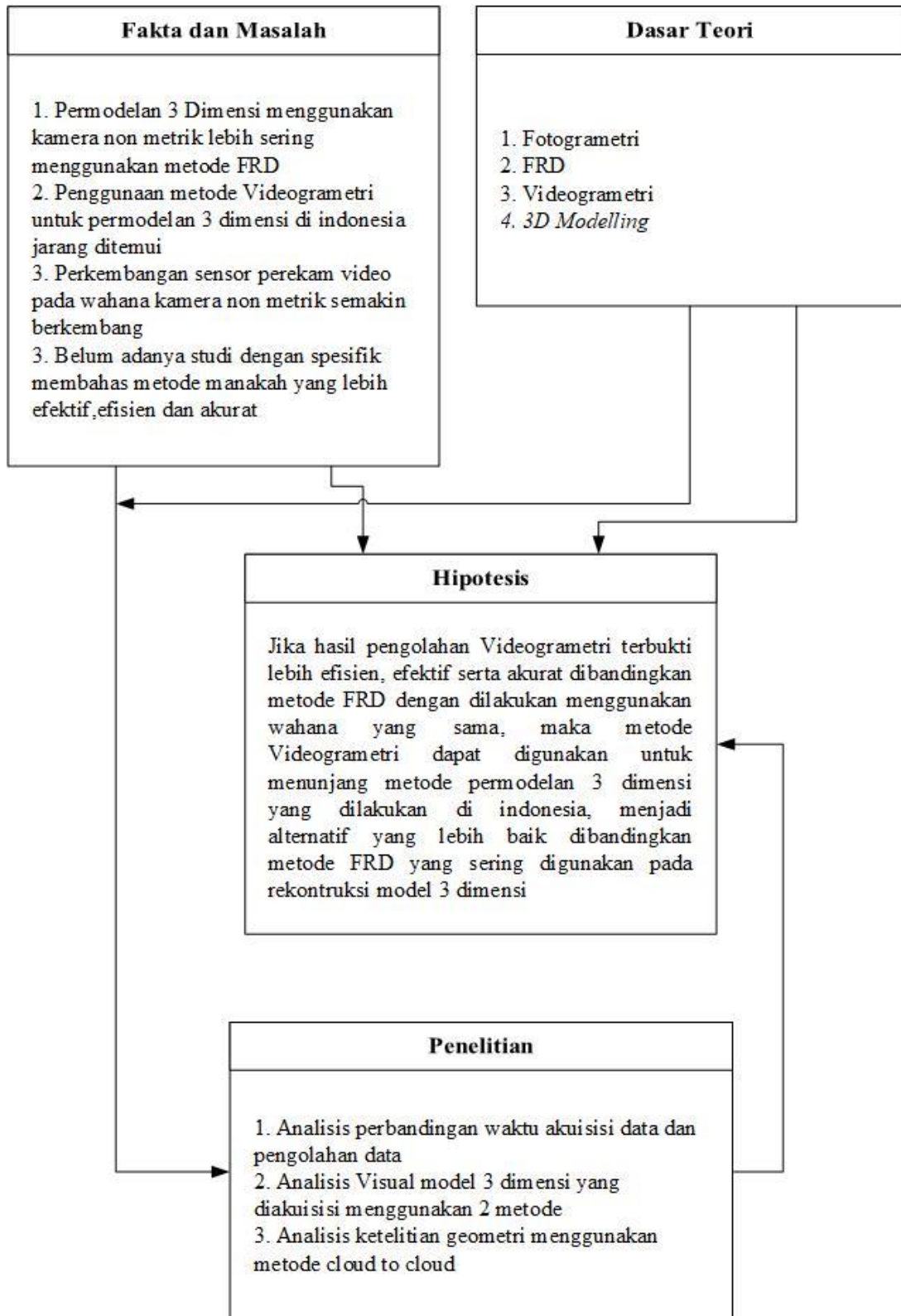
Pada penelitian ini peneliti mencoba memaparkan kerangka berpikir yang merupakan sebuah rangkuman dari penelitian tugas akhir yang dibuat oleh peneliti yang dapat dilihat di **Gambar I-3**.



Gambar I-2 Diagram alir penelitian



Gambar I-2 Diagram alir penelitian (lanjutan)



Gambar I-3 Kerangka berpikir

I.8 Sistematika Penulisan Laporan Penelitian

Sistematika yang ditulis dalam penelitian laporan penelitian ini akan memberikan gambaran dari sebuah struktur laporan agar terarah, dengan sistematika sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Menjelaskan latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian, kerangka alur berpikir dan sistematika penulisan laporan penelitian tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Memuat penjelasan mengenai kajian penelitian terdahulu, kajian objek penelitian, konsep FRD, konsep videogrametri, konsep efektivitas efisiensi dan akurasi, konsep poligon, *software* pengolahan yang digunakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Uraian secara rinci metode yang akan digunakan mulai dari tahapan persiapan, tahapan pengambilan data, tahapan pengolahan akuisisi data, tahapan analisis data, dan tahapan validasi data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini membahas mengenai hasil penelitian, analisis parameter efektivitas, analisis parameter efisiensi, dan analisis parameter akurasi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Memuat kesimpulan dari keseluruhan hasil penelitian dan saran-saran untuk peneliti selanjutnya agar lebih baik dalam melaksanakan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Alexander, S. (2019, September 6). *The Digital Twin in Aircraft Construction*.
<https://www.spotlightmetal.com/the-digital-twin-in-aircraft-construction-a-855498/>
- Atkinson, K. (1980). *Developments in close range photogrammetry*.
- Basuki, S. (2012). *Ilmu Ukur Tanah (Edisi Revisi)*. Gadjah Mada University Press.
- Brilakis, I., Fathi, H., dan Rashidi, A. (2011). Progressive 3D reconstruction of infrastructure with videogrammetry. *Automation in Construction*, 20(7), 884–895.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2011.03.005>
- Gruen, A. (1997). Fundamentals of videogrammetry — A review. *Human Movement Science*, 16(2–3), 155–187. [https://doi.org/10.1016/S0167-9457\(96\)00048-6](https://doi.org/10.1016/S0167-9457(96)00048-6)
- Guan, B., Su, Z., Yu, Q., Li, Z., Feng, W., Yang, D., & Zhang, D. (2022). Monitoring the blades of a wind turbine by using videogrammetry. *Optics and Lasers in Engineering*, 152(February), 106901. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2021.106901>
- Herráez, J., Martínez, J. C., Coll, E., Martín, M. T., & Rodríguez, J. (2016). 3D modeling by means of videogrammetry and laser scanners for reverse engineering. *Measurement: Journal of the International Measurement Confederation*, 87, 216–227. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2016.03.005>
- Hidayat, A. (2014). *Pengertian Dan Rumus Uji Saphiro Wilk*.
<https://www.statistikian.com/2013/01/saphiro-wilk.html>
- Kazhdan, M., Bolitho, M., dan Hoppe, H. (2006). Poisson Surface Reconstruction. *Eurographics Symposium on Geometry Processing*, 1–10.
- Li, M., Cao, Y., dan Wu, H. (2022). Three-Dimensional Reconstruction for Highly Reflective Diffuse Object Based on Online Measurement. *SSRN Electronic Journal*, 533(December 2022), 129276. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4272398>
- Mahami, H., Nasirzadeh, F., Hosseinaveh Ahmadabadian, A., Esmaeili, F., dan Nahavandi, S. (2019). Imaging network design to improve the automated construction progress monitoring process. *Construction Innovation*, 19(3), 386–404.
<https://doi.org/10.1108/CI-07-2018-0059>
- Mahmudi. (2007). *Manajemen Kinerja Sektor Publik* (Ed. rev.,). Unit Penerbit dan Percetakan Akademi Manajemen Perusahaan YKPN.
- Mardiasmo. (2002). *Akuntansi sektor publik*. Andi.
- Morgan, J., dan Brogan, D. (2016). How to VisualSFM. *Department of Civil & Environmental Engineering Colorado State University Fort Collins, January*, 1–21.
- Pranata, Y. N., dan Cahyono, A. B. (2017). Evaluasi Metode Aerial Videogrametri untuk Rekonstruksi 3D Bangunan (Studi Kasus: Candi Singasari, Jawa Timur). *Jurnal*

- Teknik ITS*, 5(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v5i2.17375>
- Rangevision. (2022). *Запрашиваемая Вами страница не найдена*. <https://rangevision.com/en/application/examples/revers-inzhiniring-i-kontrol-geometrii/3d-skanirovanie-kuzova-avtomobilya-s-primeneniem-fotogrammetrii/>
- Rashidi, A., Maghiar, M., dan Sigari, M. H. (2017). Capturing Geometry for Labeling and Mapping Built Infrastructure: An Overview of Technologies. *Iranian Journal of Science and Technology - Transactions of Civil Engineering*, 41(4), 415–428. <https://doi.org/10.1007/s40996-017-0080-1>
- Santoso, S. (2014). *Statistik non parametrik : konsep dan aplikasi dengan SPSS* (Edisi revi). Elex Media Komputndo. <https://opac.perpusnas.go.id/DetailOpac.aspx?id=889344>
- Silaen, B. (2019). Analisis Komparasi Model 3 Dimensi Fotogrametri Rentang Dekat Terhadap Cetakan 3 Dimensi Dengan Alat Cetak Raise3D N2 Plus. *Jurnal Geodesi Undip*, 8(1), 141–149.
- Taylor, R. ,Joh. (1997). *An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements, Second Edition*. University Of Colorado. <https://uscibooks.aip.org/books/introduction-to-error-analysis-2nd-ed/>
- Thomas, L., Stuart, R., Stephen, K., dan Ian, H. (2011). Close Range Photogrammetry. In *Photogrammetric Record* (Vol. 30, Nomor 151). Whittles Publishing. <https://doi.org/10.1111/phor.12114>
- Vardeman, S. B., Walpole, R. E., Myers, R. H., Miller, I., dan Freund, J. E. (1986). Probability and Statistics for Engineers and Scientists. *Journal of the American Statistical Association*, 81(393), 259. <https://doi.org/10.2307/2288012>
- Wolf, P. R. (1974). *Elements of photogrammetry*. McGraw-Hill.