

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Fotogrametri rentang dekat telah digunakan sebagai teknik survei model tiga dimensi (3D) yang lebih sering digunakan karena lebih praktis dibandingkan dengan metode tradisional dalam dua dekade terakhir ini. Lalu teknologi pemodelan 3D semakin berkembang hingga sekarang dan teknologi tersebut menjadi lebih praktis, efisien, dan dengan akurasi yang lebih baik dibandingkan dengan metode terdahulu dalam melakukan dokumentasi digital ke dalam model 3D berbagai macam objek.

Akan tetapi teknologi pemodelan 3D terkini memerlukan biaya yang tergolong tidak rendah, sehingga tidak semua orang maupun instansi mampu dan berani untuk menggunakan teknologi tersebut. Oleh karena itu, diperlukan metode alternatif yang dapat menghasilkan model 3D dengan kualitas dan akurasi hasil model 3D yang baik. Hal ini juga didorong oleh permintaan pasar yang terfokus pada dokumentasi digital model 3D objek dan lingkungan untuk dapat menekan biaya agar lebih murah, mudah, dan cepat (Sánchez dan Quirós, 2017). Pada Riveiro dkk., 2013 juga menjelaskan apabila pengukuran hanya terfokus pada satu objek pengukuran yang akan dimodelkan, maka metode dengan biaya yang rendah lebih direkomendasikan dan diutamakan daripada menggunakan teknologi terbaru seperti halnya *Terrestrial Laser Scanning* (TLS). Biaya rendah dalam fotogrametri dengan mengacu pada Mokroš dkk., 2021 tidak selalu mengacu pada harga alat dan perlengkapan saja, akan tetapi termasuk biaya harga alat, biaya operasional alat, dan biaya pengolahan data.

Pada penelitian Mokroš dkk., 2021 dilakukan penelitian untuk menentukan jenis *mobile mapping* mana yang memakan biaya yang lebih rendah dan memiliki kualitas yang hampir sama atau mendekati TLS dalam lingkup pemanfaatan untuk inventarisasi hutan dengan memperhatikan aspek deteksi pohon, *Diameter at Breast Height* (DBH), akurasi, dan biaya yang diperlukan dari setiap alat yang diujikan. Alat yang diujikan berupa *Personal Laser Scanner Hand-held*, iPad Pro dengan teknologi *Light Detection and Ranging* (LiDAR), dan *Multi-Camera* yang dirakit oleh peneliti. Dihilangkan kesimpulan berupa iPad Pro menjadi alternatif

yang memiliki hasil model 3D yang mendekati kemampuan teknologi TLS dalam inventarisasi hutan. Namun perangkat ini memiliki batasan jarak pemindaian, sehingga memakan banyak waktu untuk melakukan pemindaian hingga keseluruhan objek penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti metode alternatif baru yang mudah dan efektif diterapkan dengan akurasi tinggi yang bertujuan untuk menjadi referensi metode pemodelan 3D fotogrametri berbiaya rendah menggunakan kombinasi dari *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dengan *Digital Single Lens Reflex* (DSLR) untuk banyak kalangan dan instansi dalam memodelkan objek yang memiliki ukuran yang tinggi (tidak bisa dijangkau dengan ketinggian manusia). Pemodelan 3D menggunakan kombinasi dari UAV dan DSLR memiliki keunggulan, yaitu metode UAV dapat memodelkan bagian objek yang memiliki ketinggian yang tidak dapat dijangkau oleh ketinggian manusia dan metode DSLR dapat fokus untuk mendapatkan detail tinggi pada bagian objek yang dapat dijangkau oleh ketinggian manusia. Sehingga metode tersebut dapat saling melengkapi dalam pemodelan 3D objek yang tinggi. Objek yang dijadikan studi kasus dalam penerapan metode kombinasi dalam penelitian ini adalah bangunan peninggalan budaya Candi Tugu di Kota Semarang dengan alasan objek ini memiliki ukuran yang cukup besar, tinggi, dan memiliki banyak ukiran relief dan patung sekaligus menjadi tindakan pemeliharaan bangunan bersejarah dalam bentuk digital menghadapi terjadinya kerusakan oleh faktor alam maupun non-alam kedepannya. Sehingga bangunan candi tugu sesuai dan dapat menjadi studi kasus objek penerapan metode kombinasi pada penelitian ini dan akan dilakukan pengujian secara komprehensif terhadap hasil model 3D yang dihasilkan dari kombinasi kedua alat tersebut, serta hasil kombinasi akan dibandingkan dengan model 3D hasil akuisisi foto objek dari perangkat UAV. Hasil penelitian ini diharapkan menjadi data referensi, evaluasi program serta menjadi masukan informasi kepada masyarakat maupun pemerintah dalam upaya dokumentasi dan pemeliharaan bangunan bersejarah dalam bentuk digital salah satunya Candi Tugu dengan biaya yang rendah, mudah digunakan, dan memiliki kualitas dan akurasi yang tinggi.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana analisis hasil pemodelan 3D Candi Tugu menggunakan metode kombinasi UAV dengan DSLR, metode UAV, dan metode DSLR?
2. Bagaimana analisis validasi uji geometrik model dan uji akurasi pemodelan 3D dari metode kombinasi UAV dengan DSLR, metode UAV, dan metode DSLR?
3. Bagaimana analisis kesesuaian metode berbiaya rendah terhadap pemodelan 3D Candi Tugu dengan menggunakan metode kombinasi metode kombinasi UAV dengan DSLR, metode UAV, dan metode DSLR?

## **I.3 Tujuan dan Manfaat Penelitian**

1. Tujuan dari pelaksanaan penelitian ini adalah :
  - a. Mengetahui analisis hasil pemodelan 3D Candi Tugu menggunakan kombinasi *Unmanned Aerial Vehicle* dengan *Digital Single Lens Reflex* terhadap model dari *Unmanned Aerial Vehicle* dan model dari *Digital Single Lens Reflex*.
  - b. Mengetahui analisis validasi uji geometri model dan uji akurasi pemodelan 3D hasil model 3D dari metode kombinasi *Unmanned Aerial Vehicle* dengan *Digital Single Lens Reflex* terhadap model dari metode *Unmanned Aerial Vehicle* dan model dari metode *Digital Single Lens Reflex* beserta model dari dan analisis perhitungan biaya kedua metode.
  - c. Mengetahui analisis kesesuaian metode berbiaya rendah terhadap pemodelan 3D Candi Tugu dengan menggunakan metode kombinasi metode kombinasi *Unmanned Aerial Vehicle* dengan *Digital Single Lens Reflex*, metode *Unmanned Aerial Vehicle*, dan metode *Digital Single Lens Reflex*.
2. Manfaat dari pelaksanaan penelitian ini adalah :
  - a. Segi Kerekayasaan  
Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai bentuk alternatif baru berbiaya rendah dalam pemodelan 3D bangunan peninggalan budaya

dengan teknologi UAV dan DSLR sekaligus bentuk pemeliharaan struktur bangunan berupa dokumentasi model bangunan secara digital.

b. Segi Keilmuan

Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai acuan dalam pemilihan teknologi berbiaya rendah alternatif dalam pemodelan 3D bangunan dengan ketelitian dan kualitas yang baik dan memahami prosedur teknis pemodelan 3D peninggalan budaya berbasis teknologi UAV dan DSLR.

#### **I.4 Batasan Masalah**

Penelitian ini dibatasi oleh beberapa hal berikut :

1. Objek yang akan dijadikan sebagai objek penelitian adalah Candi Tugu yang berada di Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang.
2. Akuisisi data untuk pemodelan 3D struktur candi menggunakan kombinasi metode *Unmanned Aerial Vehicle* dengan *Digital Single Lens Reflex*.
3. Pengolahan hasil akuisisi data berupa foto objek akan diolah menggunakan perangkat lunak sumber terbuka Alice Meshroom, dan CloudCompare.
4. Validasi akan dilakukan pada analisis hasil kombinasi model 3D Candi Tugu dengan uji ketelitian geometri model candi dengan uji hipotesis mean populasi menggunakan jumlah *error* jarak model dan ICP dengan perangkat *total station reflectorless*, dan perhitungan biaya dari kombinasi yang digunakan dengan bantuan perangkat lunak Microsoft Excel.
5. Perhitungan biaya terfokus pada biaya harga perangkat, berat perangkat sensor pemodelan 3D, waktu akuisisi, dan waktu pengolahan.

#### **I.5 Ruang Lingkup**

Berikut merupakan wilayah lokasi penelitian dan peralatan apa saja yang akan digunakan.

##### **I.5.1 Wilayah Penelitian**

Lokasi dari objek penelitian terletak di RT 10, RW 1, Kelurahan Tugurejo, Kecamatan Tugu, Kota Semarang, Jawa Tengah. Terletak pada 6°58'48.07" Lintang Selatan dan 110°20'57.64" Bujur Timur, berada tengah permukiman dan di atas bukit. Memiliki dua pintu masuk untuk menuju ke candi, di sebelah barat

melewati jalan wilayah industri dan sebelah timur melewati perkebunan warga. Serta terdapat satu candi, satu tugu, dan satu goa di sebelah barat candi.



**Gambar I-1** Tampilan Candi Tugu

(Fajri, 2014)



**Gambar I-2** Lokasi Candi Tugu

(Google Earth, 2022)

## I.5.2 Data dan Peralatan Penelitian

### 1. Perangkat Keras

Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini yang dapat dilihat sebagai berikut :

#### a. Laptop.

Tipe Komputer : HP 245 G8 Ryzen 5.

Sistem Operasi : Windows 11 Home.

Tipe Sistem : 64-bit *operating system*, x64-based processor.  
Tipe Processor : AMD Ryzen 5 3500U with Vega Mobile GFX.  
Graphic Card : AMD Radeon Vega 8 Mobile Graphics.  
Kapasitas RAM : 16.00 GB.



**Gambar I-3** Laptop HP 245 G8 Ryzen 5

- b. Satu set *Unmanned Aerial Vehicle* tipe DJI Phantom 4 dengan spesifikasi lengkap ada pada **Lampiran 5**.



**Gambar I-4** Satu Set UAV DJI Phantom 4

- c. *Digital Single Lens Reflex* (DSLR) Canon 1300D dan tripod dengan spesifikasi lengkap ada pada **Lampiran 5**.



**Gambar I-5** DSLR Canon 1300D dengan Tripod

- d. Dua buah *Receiver* GNSS (*Global Navigation Satellite Systems*) tipe Topcon Hiper SR dengan spesifikasi lengkap yang ada pada **Lampiran 5**.



**Gambar I-6** Receiver GNSS Topcon Hiper SR

- e. Dua buah *Receiver* GNSS tipe Topcon Hiper II dengan spesifikasi lengkap yang ada pada **Lampiran 5**.



**Gambar I-7** Receiver GNSS Topcon Hiper II

- f. Pengisi daya GNSS Topcon Hiper SR.

Pengisi Daya : Waktu pengisian daya kurang lebih 3 jam pada suhu 77°F dan dengan arus daya 100 hingga 240V AC (50/60Hz)

*External Power Input* : 6,7 hingga 18V DC

*Voltage*



**Gambar I-8** Pengisi Daya GNSS Topcon Hiper SR



- g. Baterai *total station reflectorless* dan GNSS Topcon Hiper II.  
Spesifikasi baterai dapat dilihat sebagai berikut :

Standar Baterai : *Detachable battery* dengan tipe BDC58 dan dapat diisi ulang, baterai bertipe Lithium-ion 7,2V dan 4,3Ah

Waktu Operasi : Lebih dari 7,5 jam dalam mode statik



**Gambar I-9** Baterai *Total Station reflectorless* dan GNSS Topcon Hiper II

- h. Pengisi daya baterai. Spesifikasi Baterai

Pengisi Daya : Waktu pengisian daya kurang lebih 4 jam pada suhu 77°F dan dengan arus daya 100 hingga 240V AC (50/60Hz)

*External Power Input Voltage* : 6,7 hingga 18V DC



**Gambar I-10** Pengisi Daya Baterai

- i. Empat buah statif.



**Gambar I-11** Statif



- j. Empat buah *tribach*.



**Gambar I-12** *Tribach*

- k. Dua buah *neck*.



**Gambar I-13** *Neck*

- l. Satu buah *yalon*.



**Gambar I-14** *Yalon*

- m. Dua buah *prisma*.



**Gambar I-15** *Prisma*

- n. *Total Station Reflectorless* tipe SOKKIA IM 52 dengan spesifikasi lengkap yang ada pada **Lampiran 5**.



**Gambar I-16** Total Station Reflectorless SOKKIA IM 52

- o. Checkerboard ukuran 12 cm x 12 cm (*sticker*) dan 69 cm x 69 cm (*bahan banner*).



**Gambar I-17** Checkerboard

- p. Paku payung (3 buah) dan meteran baja.



**Gambar I-18** Paku Payung dan Meteran Baja

## 2. Perangkat Lunak

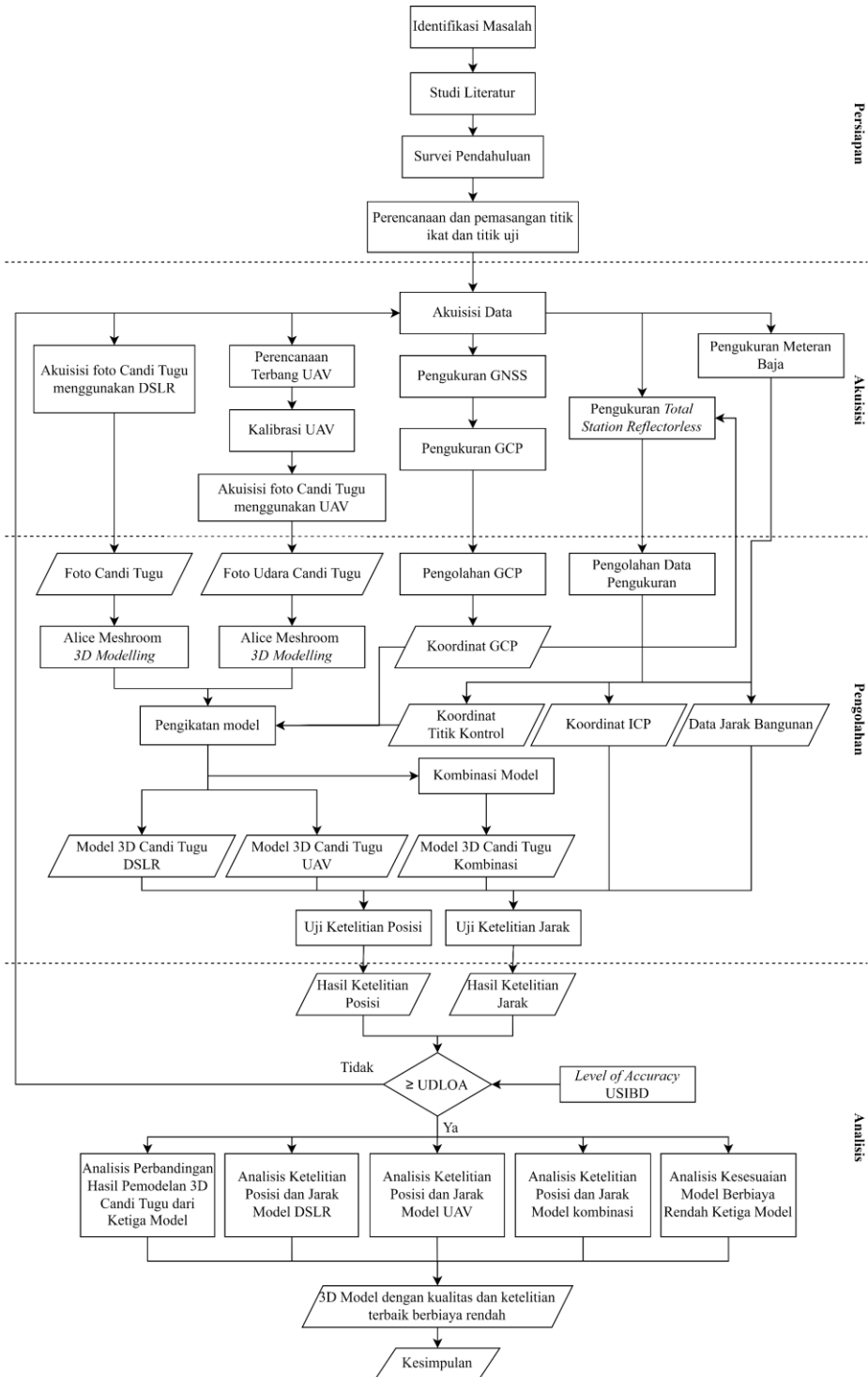
- a. Microsoft Windows 11 Home.
- b. Microsoft Office 2019.
- c. Perangkat lunak Alice Meshroom.
- d. Perangkat lunak CloudCompare.
- e. Perangkat lunak Blender.
- f. Perangkat lunak Topcon Tools.
- g. Perangkat lunak Spectrum Link.

## I.6 Metodologi Penelitian

Berikut merupakan metodologi dari penelitian ini:

### I.6.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi empat tahapan yang dapat dilihat pada **Gambar I-19**.



**Gambar I-19** Diagram Alir Penelitian

## I.6.2 Sistematika Penelitian

Sistematika Penelitian disesuaikan dengan **Gambar I-19** terdiri dari :

### 1. Tahap Persiapan

Terdiri atas identifikasi masalah yang akan dikaji pada penelitian ini, studi literatur mengenai penelitian, melakukan survei pendahuluan penentuan jaring GNSS dan lokasi GCP (*Ground Control Points*) di sekitar bangunan Candi Tugu, dan perencanaan serta pemasangan titik ikat dan titik uji pada bangunan Candi Tugu.

### 2. Tahap Akuisisi

Dilakukan beberapa pengukuran, yaitu pertama melakukan pengukuran GNSS dengan empat titik pengukuran (tiga berlokasi dekat dengan bangunan candi dan satu berlokasi di titik JKG berorde 0 di dekat Tugu Muda) untuk mengetahui koordinat GCP dengan akurasi yang tinggi menggunakan jaring GNSS yang saling mengikat satu sama lain yang memiliki nilai presisi jaring dan SoF (*Strength of Figure*) yang tinggi dan kuat. Lalu kedua dilakukan pengukuran titik ikat, ICP, dan geometri jarak model pada bangunan candi menggunakan *Total Station Reflectorless* dengan menggunakan acuan koordinat GCP yang telah diukur dan diolah dari pengukuran GNSS dan dengan metode pengukuran situasi langsung dari titik koordinat GCP tanpa adanya pengukuran poligon. Lalu ketiga dilakukan pengukuran meteran baja yang bermaksud untuk menambah data pengukuran geometrik jarak bangunan candi yang tidak bisa diukur oleh perangkat *Total Station Reflectorless*. Lalu keempat dilakukan persiapan setup dan kalibrasi perangkat UAV dan melakukan pengaturan DSLR. Terakhir dilakukan pemotretan foto bangunan Candi Tugu menggunakan UAV dan DSLR secara menyeluruh.

### 3. Tahap Pengolahan

Dilakukan pengolahan dari data-data yang didapatkan sebelumnya, antara lain pengolahan titik koordinat GCP dari data hasil akuisisi GNSS menggunakan perangkat lunak Topcon Tools (pengolahan *post-processing*), pengolahan koordinat titik ikat, ICP, dan geometri jarak model candi hasil pengukuran *Total Station Reflectorless* menggunakan

perangkat lunak Spectrum Link (*exporting data*) dan hasil pengukuran meteran baja (pencatatan), pengolahan model 3D Candi Tugu dari kedua perangkat menggunakan perangkat lunak Alice Meshroom dengan pengaturan kualitas tinggi, pengikatan kedua hasil *mesh* dengan data titik ikat dengan perangkat lunak CloudCompare, dan pengolahan kombinasi model 3D menggunakan perangkat lunak CloudCompare (segmentasi dan *merging mesh*).

#### 4. Tahap Analisis

Terdiri dari proses analisis perbandingan hasil pemodelan 3D Candi Tugu dari ketiga model (DSLR, UAV, kombinasi), analisis kesesuaian model berbiaya rendah dari ketiga model dengan memperhatikan parameter biaya harga dan berat alat, biaya operasional alat, dan biaya pengolahan data, dan dilakukan validasi beberapa uji statistik model 3D Candi Tugu dari kombinasi UAV dan DSLR terhadap 3D model hanya dari perangkat UAV dan DSLR dengan menggunakan pengujian ketelitian jarak geometri model dengan uji hipotesis *T-Test* satu sampel dan dua sampel menggunakan *error* jarak bangunan candi dengan total 69 sampel yang telah melalui pengujian normalitas yang diambil dari hasil selisih jarak model terhadap jarak sebenarnya dengan perangkat lunak CloudCompare dan uji ketelitian geometri posisi model dengan ICP (5 titik) yang dalam pengambilan data ICP model dibantu dengan perangkat lunak CloudCompare.

### **I.7 Sistematika Penulisan Penelitian**

Sistematika penulisan penelitian diharapkan dapat menggambarkan struktur laporan dengan jelas, terarah, dan mudah dipahami. Sehingga diperlukan adanya sistematika penulisan penelitian sebagai berikut :

## **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang, rumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, batasan masalah, ruang lingkup, metodologi penelitian, sistematika penulisan dan kerangka berpikir.

## **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini berisi mengenai teori-teori yang mendukung dalam penelitian ini. Digunakan sebagai upaya mempertajam literatur bagi pembaca. Berisi dengan beberapa topik yang diambil antara lain Kajian Penelitian Terdahulu, Kajian Objek Penelitian, Konsep Biaya, Pemodelan 3D Kamera Non-Metrik, *Unmanned Aerial Vehicle*, Kamera Digital, Uji Statistik, Standarisasi Ketelitian Model 3D, Perencanaan dan Desain Jaring Kontrol Geodesi, Spesifikasi Pengukuran, Uji Alat *Total Station*, dan Perangkat Lunak Pemodelan 3D.

## **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi tahapan-tahapan akuisisi data sampai proses uji validasi yang nantinya akan dihasilkan data kombinasi model tiga dimensi bangunan candi dari kedua perangkat yang telah tervalidasi.

## **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

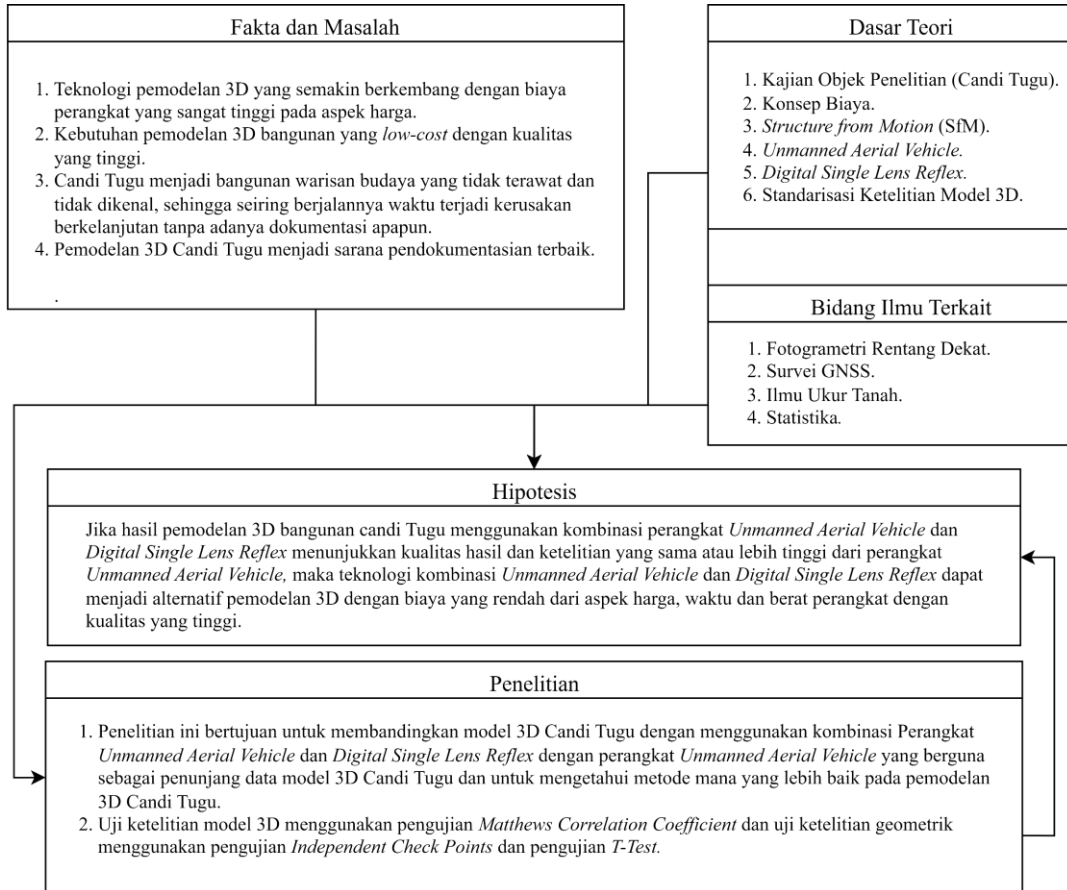
Bab ini berisi mengenai hasil dan analisis yang diperoleh berdasarkan tahapan pengolahan dan rumusan masalah yang sudah dilakukan.

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisikan kesimpulan penelitian dan saran bagi penelitian selanjutnya.

## I.8 Sistematika Kerangka Berpikir

Penulis mencoba mengemukakan alur berpikir yang merupakan rangkuman dari penelitian ini yang dapat dilihat pada **Gambar I-20**.



**Gambar I-20** Kerangka Berpikir