

## PEMBUATAN MODEL 3DIMENSI METODE MANUAL PADA GEDUNG JUANG 45 BEKASI MENGGUNAKAN INTEGRASI POINT CLOUD HASIL PENGOLAHAN DATA FOTO TERESTRIS DAN AERIAL DENGAN MENGGUNAKAN METODE *STRUCTURE FROM MOTION (SFM)* DAN *MULTI- VIEW STEREO (MVS)*

**Gusti Bagus Jatmiko Aji\*, Hanif Ilmawan**

Program Studi D4 Teknologi Survei dan Pemetaan Dasar Universitas Gadjah Mada  
Sekip Unit 1, Blimbing Sari, Yogyakarta 55281 Telpon. (0274) 541020. Fax. (0274) 541020,

E-mail: [gusti.bagus.aji@mail.ugm.ac.id](mailto:gusti.bagus.aji@mail.ugm.ac.id)

(Received 23 Maret 2025, Accepted 09 Juni 2025, Published 09 Juni 2025)

### ABSTRAK

Gedung Juang 45 Bekasi merupakan cagar budaya sehingga perlu dilestarikan agar nilai sejarahnya tidak hilang atau rusak yang disebabkan oleh waktu serta aktivitas di dalam dan luar gedung. Salah satu upaya untuk melestarikan dan menjaga bangunan bersejarah adalah dengan pemodelan 3 dimensi (3D) dapat merepresentasikan bentuk asli dari bangunan secara mendetail dari berbagai sisi. Pada kegiatan ini dilakukan pemodelan 3D Gedung Juang 45 Bekasi menggunakan integrasi data foto terestris dan foto aerial. Pengambilan data foto meliputi eksterior bangunan. Data foto selanjutnya diolah menggunakan metode *structure from motion (SFM)* dan *multi-views stereo (MVS)* hingga menghasilkan luaran *point cloud*. Data *point cloud* digunakan sebagai acuan pembuatan model 3D dengan mengkombinasikan interpretasi dari data foto. Model 3D yang dibuat, kemudian diuji ketelitian geometrinya dengan hasil ukuran langsung pada objek sebenarnya menggunakan alat ukur *distometer*. Hal ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kedetailan dan kesesuaian model 3D dengan standar ketelitian *Level of Detail (LoD) 3* yang dikeluarkan oleh *Open Geospatial Consortium (OGC)*. Hasil akhir dari kegiatan ini berupa model 3D Gedung Juang 45 Bekasi dengan *LoD 3*. Hasil pengujian model 3D menggunakan perhitungan *Root Mean Square Error (RMSE)* menghasilkan nilai sebesar 0,034 m. Nilai ini sudah memenuhi standar *LoD 3* yaitu  $< 0,5$  m. Hasil uji *t* menghasilkan nilai 0,208 yang menandakan perbedaan ukuran model 3D dengan bangunan aslinya hanya sebesar 3 cm, dimana perbedaan ukuran ini tidak berbeda secara signifikan dengan ukuran di lapangan. Mengacu pada tingkat kedetilan pendokumentasian bangunan yang dikeluarkan oleh *U.S. Institute of Building Documentation (USIBD)*, model 3D yang dibuat memenuhi *LoA 10 – LoA 50*.

**Kata kunci :** *Pemodelan 3D, Point cloud, Uji t Gedung Juang 45 Bekasi, Level of Detail*

### ABSTRACT

Gedung Juang 45 Bekasi is a cultural heritage, it needs to be preserved so that its historical value is not lost or damaged due to time and activities inside and outside the building. One effort to preserve and maintain historical buildings is 3-dimensional (3D) modeling, it can represent the original form of the building in detail from various sides. In this activity, 3D modeling of Gedung Juang 45 Bekasi was carried out using the integration of terrestrial and aerial photo data. Photo data collection includes the exterior of the building. The photo data is then processed using the *structure from motion (SFM)* and *multi-views stereo (MVS)* methods to produce *point cloud* output. *Point cloud* data is used as a reference for making 3D models by combining interpretations of photo data. The 3D model that was created was then tested for geometric accuracy with direct measurement results on the actual object using a *distometer* measuring instrument. This aims to determine the level of detail and suitability of the 3D model with the *Level of Detail (LoD) 3* accuracy standard issued by the *Open Geospatial Consortium (OGC)*. The final result of this activity is a 3D model of Gedung Juang 45 Bekasi with *LoD 3*. The results of testing the 3D model using the *Root Mean Square Error (RMSE)* calculation produced a value of 0.034 m. This value has met the *LoD 3* standard, which is  $< 0.5$  m. The *t*-test results produced a value of 0.208, indicating that the difference in size between the 3D model and the original building is only 3 cm, where this difference in size is not significantly different from the size in the field. Referring to the level of detail of building documentation issued by the *U.S. Institute of Building Documentation (USIBD)*, the 3D model created meets *LoA 10 - LoA 50*.

**Keywords :** *Modelling 3D, Point cloud, t-test, Gedung Juang 45 Bekasi, Level of Detail.*

## 1. PENDAHULUAN

Kabupaten Bekasi terletak pada Provinsi Jawa Barat yang memiliki sejarah pada masa Hindia Belanda. Sejarah pada masa itu ditandai dengan adanya peninggalan seperti bangunan yang saat ini menjadi cagar budaya. Cagar budaya memiliki makna peninggalan sejarah yang berbentuk kebendaan maupun suatu tempat atau sebuah wilayah yang perlu dilindungi berdasarkan UU RI No.11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya. Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Bekasi No. 5 Tahun 2013, sebuah bangunan dapat dikatakan sebagai cagar budaya jika sudah berusia lima puluh tahun atau lebih, memiliki arti khusus, dan memiliki nilai budaya bagi penguatan kepribadian bangsa. Berdasarkan Peraturan Daerah Kabupaten Bekasi No. 5 Tahun 2013 Gedung Juang 45 Bekasi sudah dapat dikategorikan sebagai cagar budaya. Gedung Juang 45 Bekasi dibangun pada tahun 1906 (Aditama 2016). Selaras dengan statusnya sebagai cagar budaya, Gedung Juang 45 Bekasi sudah terdaftar sebagai cagar budaya di basis data cagar budaya Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan (Kemendikbud) sejak 04 Oktober tahun 1999 dengan nomor SK 238/M/1999 pada laman cagar budaya Kemendikbud.

Setiap bangunan bersejarah pada umumnya memiliki masa atau usia yang dapat diidentifikasi melalui beberapa faktor seperti bahan material yang digunakan, faktor mekanis, serta faktor kimiawi. Faktor-faktor tersebut juga dapat menyebabkan kerusakan pada sebuah benda dengan usia yang cukup tua (Simbolon dkk., 2017), maka dari itu perlu dilakukan kegiatan pendokumentasian secara lengkap yang dapat merepresentasikan arsitektur bangunan secara rinci dari berbagai sudut bangunan. Pendokumentasian secara 3D dapat menggambarkan setiap sudut bangunan dengan detail jika dibandingkan dengan pendokumentasian secara 2D. Sejalan dengan perkembangan teknologi serta inovasi pada bidang fotogrametri, kegiatan konservasi dapat dilakukan dengan metode fotogrametri jarak dekat. Metode ini memiliki keunggulan pada segi biaya yang dibutuhkan untuk melakukan akuisisi pada objek yang tidak terlalu besar jika dibandingkan dengan metode lainnya (Dzulfikar dkk., 2023). Fotogrametri jarak dekat dapat dilakukan menggunakan metode fotogrametri terestrial dan fotogrametri aerial. Kombinasi ini diperlukan agar dapat memodelkan bagian atap dan sisi bangunan yang memiliki obstruksi sehingga tidak dapat diakuisisi menggunakan foto aerial saja maupun sebaliknya. Kedua data dari fotogrametri jarak dekat ini diintegrasikan dengan cara dilakukan

Pembuatan Model 3Dimensi Metode Manual Pada Gedung Juang 45 Bekasi Menggunakan Integrasi *Point Cloud* Hasil Pengolahan Data Foto Terestris Dan *Aerial* Dengan Menggunakan Metode *Structure From Motion* (SFM) Dan *Multi-View Stereo* (MVS) pengolahan data foto sehingga menghasilkan *point cloud*. Data *point cloud* yang dihasilkan dari pengolahan data foto akan digabungkan dengan melakukan *merge point cloud* dari foto terestris dan *point cloud* dari foto aerial.

## 2. SUMBER DATA

Sumber data yang digunakan pada kegiatan ini dijabarkan pada Tabel 1.

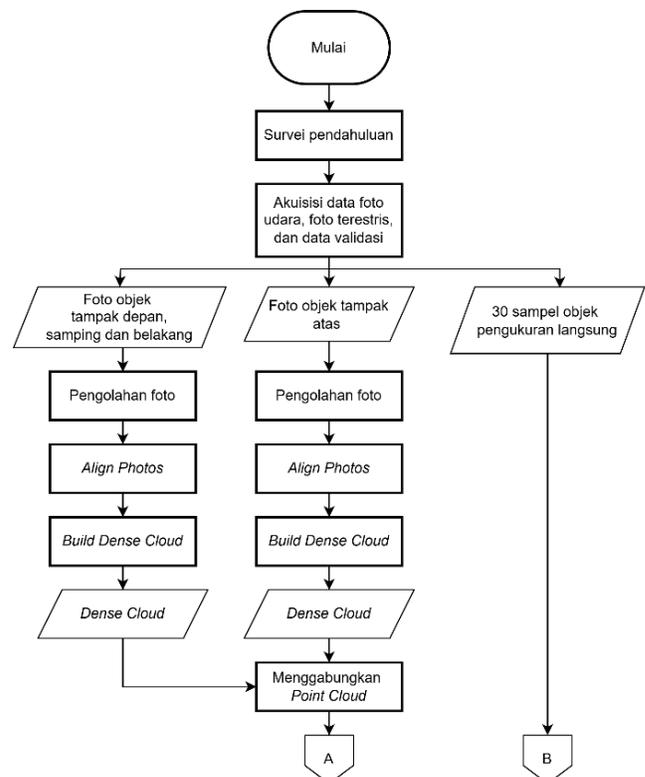
Tabel 1. Sumber Data

| No. | Sumber Data              | Spesifikasi   |
|-----|--------------------------|---|
| 1.  | Kamera <i>mirrorless</i> | Format foto JPEG, jarak 3-4 meter, jumlah foto 104 foto.  |
| 2.  | <i>Drone</i>             | Format foto JPEG, posisi kamera <i>oblique</i> , tinggi terbang 36 meter, jarak 3-4 meter, jumlah foto 40 foto. |
| 3.  | Sampel data ukur         | 30 titik tersebar mengelilingi bangunan diukur menggunakan <i>distometer</i>                                    |

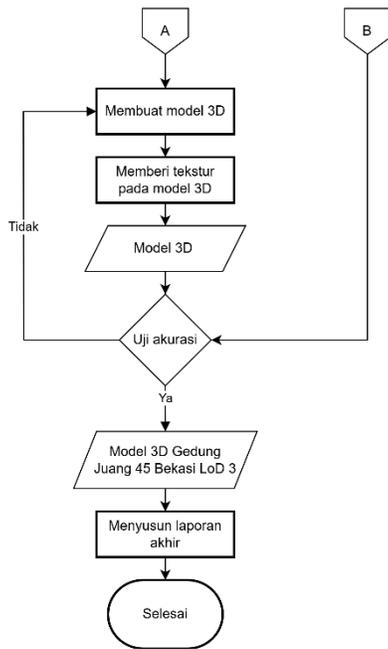
## 3. Metode Penelitian

### 3.1 Akuisisi Data

Akuisisi data dilakukan seperti pada diagram alir berikut.



Gambar 1. Diagram alir kegiatan.



Lanjutan Gambar 1. Diagram alir kegiatan.

Pengambilan data foto terestris dilakukan dengan cara mengelilingi bangunan dan jarak kurang lebih 3 meter sampai 4 meter dari bangunan. Pengambilan data foto aerial dilakukan dengan tinggi terbang 65 meter dari atas permukaan tanah dengan sudut kemiringan 45 derajat serta *overlap* bervariasi antara 14% sampai 50% yang dilakukan secara manual. Pengambilan data foto aerial dilakukan secara *oblique*. Foto *oblique* merupakan hasil foto yang diakuisisi dengan menggunakan posisi kamera miring dan tidak tegak lurus. Foto *oblique* dibutuhkan ketika ingin mengakuisisi informasi sebuah objek yang memiliki lekukan karena metode pengambilan foto ini dapat memperoleh informasi atas dan tekstur samping objek dalam satu foto yang sama (Zhang dkk., 2019).

Pada kegiatan ini tidak dilakukan akuisisi titik kontrol *Ground Control Point* (GCP) maupun titik cek *Independent Check Point* (ICP). Pada proses penggabungan dua data set *point cloud* dilakukan dengan metode *merge point cloud free-net*.

### 3.2 Pengolahan Data Foto

Pengolahan data fotogrametri yang berupa foto dilakukan menggunakan perangkat lunak *Agisoft Metashape* dengan metode *structure from motion* (SFM). Metode SFM dimulai dari *image matching and feature tracking* untuk menemukan pasangan fitur 2D yang merepresentasikan titik 3D yang sama. Selanjutnya dilakukan pengestimasi

Pembuatan Model 3Dimensi Metode Manual Pada Gedung Juang 45 Bekasi Menggunakan Integrasi *Point Cloud* Hasil Pengolahan Data Foto Terestris Dan Aerial Dengan Menggunakan Metode *Structure From Motion* (SFM) Dan *Multi-View Stereo* (MVS) parameter kamera dan posisi 3D titik-titik *scene* secara simultan dengan metode SFM. Hasil *spares cloud* dari SFM dioptimalkan dengan *bundel adjustment* guna meminimalkan *reprojection error*. *Spares point cloud* kemudian dirapatkan dengan metode *Multi-View Stereo* (MVS) hingga menjadi *dense cloud* (Snavely 2008). Pada proses pengolahan data foto dijabarkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Proses pengolahan data foto

| No | Tahap                    | Keterangan  |
|----|--------------------------|---|
| 1. | <i>Align Photos</i>      | <i>Accuracy</i> : medium<br><i>Key point limit</i> : 40.000<br><i>Tie point limit</i> : 0<br><i>Generic preselection</i> : Yes<br><i>Reference preselection</i> : Yes |
| 2. | <i>Build Model</i>       | <i>Quality</i> : Ultra High<br><i>Filtering mode</i> : Mild<br><i>Surface type</i> : Arbitrary  |
| 3. | <i>Build Dense Cloud</i> | <i>Quality</i> : Ultra High<br><i>Depth filtering</i> : Mild  |

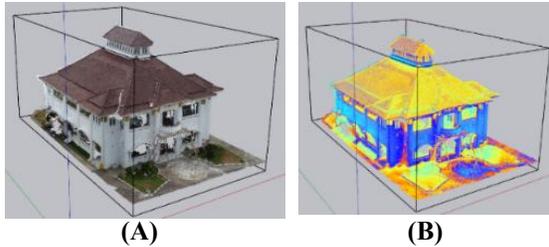
### 3.3 Pengolahan Data Point Cloud

Salah satu dari beberapa cara untuk mendapatkan data *point cloud* dari fotogrametri jarak dekat adalah dengan menggunakan metode pengolahan data *feature matching* (Aji dkk., 2022). *Point cloud* dari foto terestris dan aerial kemudian dilakukan eliminasi derau dengan cara melakukan *filtering point cloud*. *Noise* yang tidak dibutuhkan berupa pepohonan, tanaman hias, manusia, kendaraan, dan bangunan di sekitar objek utama. Pada kegiatan ini seluruh kategori derau dihilangkan 100% sehingga hanya menyisakan objek utama berupa bangunan. Setelah kedua *point cloud* bersih dari noise, kemudian digabungkan menggunakan perangkat lunak *CloudCompare* dengan metode *merge point cloud*. Proses *merge point cloud* dilakukan dengan memilih dan menyesuaikan objek yang sama antara 2 data set *point cloud* dan menggabungkannya dengan menggunakan menu *merge* pada *software CloudCompare*. Setelah kedua data *point cloud* menjadi satu, maka akan membentuk objek secara utuh. Data *point cloud* ini kemudian disimpan dengan format .e57.

### 3.4 Pembuatan Model 3D

Data *point cloud* yang sudah disimpan dengan format .e57 kemudian digunakan untuk acuan pembuatan model 3D menggunakan perangkat lunak *Sketchup* dengan mode *intensity*. Untuk menggunakan data *point cloud* pada perangkat lunak *Sketchup* dibutuhkan *plugin Undet*. Penggunaan mode *intensity* dilakukan agar bagian-

bagian pada bangunan dapat diidentifikasi dengan jelas. Perbedaan pada *point cloud* menggunakan mode *intensity* ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** *Point cloud* sebelum digunakan mode *intensity* (A) dan *point cloud* setelah digunakan mode *intensity* (B)

Pembuatan model 3D menggunakan acuan *point cloud* dilakukan dengan menggunakan metode pemodelan primitif dengan menggunakan *tools* geometri. Mengacu pada Dore & Murphy (2017) bentuk geometri yang dihasilkan merupakan hasil kombinasi dari konsep *Constructive Solid Geometry* (CSG) dan *Boundary Representation* (BREP). Pada konsep CSG sebuah objek utama dibentuk dari objek dasar seperti persegi, kubus, persegi panjang, dan bentuk dasar lainnya. Pada beberapa bagian dari model 3D dibentuk dengan konsep *Boundary Representation* (BREP) seperti pada bagian lengkung balkon, dan penyangga tiang. Konsep BREP diterapkan pada saat pembentukan bagian dari model 3D menggunakan *sectioning*, *extrude*, *sweep*, dan *revolve*.

### 3.5 Level of Accuracy

*Level of accuracy* adalah tingkatan keakuratan dari pendokumentasian suatu bangunan yang diatur oleh U.S. Institute of Building Documentation (USIBD). Terdapat lima tingkatan keakuratan dimulai dari LoA10 sampai LoA50, semakin tinggi LoA maka semakin tinggi keakuratan model yang dibuat dengan objek asli yang ada di lapangan. LoA ditetapkan berdasarkan selisih nilai dari model 3D dengan ukuran sebenarnya, lebih lanjut Tabel 3 menjelaskan tentang rentang selisih LoA.

**Tabel 3.** Tingkatan LoA

| Level of Accuracy (LoA) | Selisih Tertinggi | Selisih Terendah |
|-------------------------|-------------------|------------------|
| LoA10                   | -                 | 5 cm             |
| LoA20                   | 5 cm              | 15 mm            |
| LoA30                   | 15 mm             | 5mm              |
| LoA40                   | 5 mm              | 1 mm             |

Pembuatan Model 3Dimensi Metode Manual Pada Gedung Juang 45 Bekasi Menggunakan Integrasi *Point Cloud* Hasil Pengolahan Data Foto Terestris Dan *Aerial* Dengan Menggunakan Metode *Structure From Motion* (SfM) Dan *Multi-View Stereo* (MVS)

| LoA50 | 1 mm | 0 mm |
|-------|------|------|
|-------|------|------|

Sumber: (USIBD 2016)

### 3.6 Level of Detail (LoD)

Pemodelan 3D dengan menggunakan metode pemodelan manual memiliki tingkatan untuk mendeskripsikan ketelitian dari sebuah model 3D yang disebut *Level of Detail* (LoD). Tingkatan LoD dimulai dari LoD 0 sampai dengan LoD 4 (Open Geospatial Consortium, 2008). Pada kegiatan ini menerapkan tingkat kedetailan model LoD 3 di mana pada tingkatan ini menggambarkan keadaan luar dari bangunan secara nyata dan lengkap dengan fiturnya seperti jendela, pintu, balkon, dan struktur atap. Pemilihan LoD 3 ditentukan pada tahap perencanaan dengan mempertimbangkan arsitektur gedung dan eksteriornya yang masih dapat dibentuk pada tingkat kedetailan 3 (LoD 3).

**Tabel 4.** Ketelitian geometri

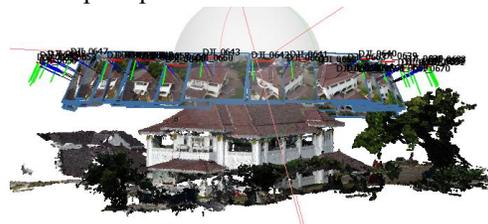
|                    | LoD0             | LoD1             | LoD2         | LoD3                   | LoD4              |
|--------------------|------------------|------------------|--------------|------------------------|-------------------|
| Kelas              | Sangat rendah    | Rendah           | Menengah     | Tinggi                 | Sangat tinggi     |
| Akurasi            | <LoD1            | 5 m              | 2 m          | 0.5 m                  | 0.2 m             |
| Instalasi bangunan | Tidak dimodelkan | Tidak dimodelkan | Dimodelkan   | Representasi eksterior | Representasi asli |
| Struktur atap      | Tidak dimodelkan | Tidak dimodelkan | Simplifikasi | Representasi asli      | Representasi asli |

Sumber: (Gröger dkk., 2008)

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil pengolahan data foto

Data yang digunakan dari hasil pengolahan data foto terestris dan aerial yang dilakukan menggunakan perangkat lunak *Agisoft Metashape* adalah *point cloud* yang berjumlah 78.684.791. Selain itu hasil pengolahan juga menyertakan estimasi posisi kamera seperti pada Gambar 3.



**Gambar 3.** Hasil pengolahan data foto menjadi *point cloud*.

### 4.2 Hasil pengolahan *point cloud*

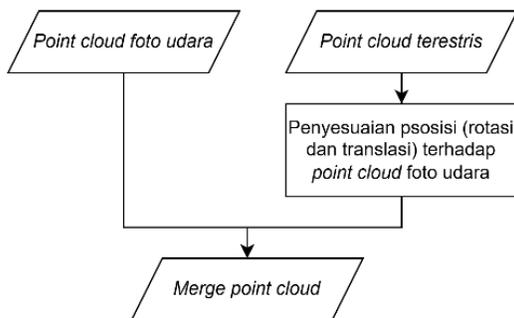
Pengolahan data foto menghasilkan dua set data *point cloud* seperti pada gambar 4. *Point cloud* yang dihasilkan dari pengolahan data foto kemudian

digabungkan secara *free network* seperti yang dijelaskan pada Gambar 5. Penggabungan metode ini dilakukan dengan cara menggunakan salah satu koordinat dari 2 data set, dimana salah satu dari data



**Gambar 4.** Sebelah kiri *point cloud drone*. Sebelah kanan *point cloud kamera mirrorless*.

set tidak memiliki koordinat yang mana diperlukan penyesuaian posisi terhadap data set yang menjadi acuan (Murtiyoso dkk., 2018).



**Gambar 5.** Diagram alir proses penggabungan *point cloud*.

Hasil dari proses penggabungan kedua data *point cloud* seperti pada Gambar 6 dengan *point cloud* foto udara sebagai acuan *merge point cloud* terestris.



**Gambar 6.** Hasil penggabungan data *point cloud*.

#### 4.3 Hasil pembuatan model 3D

Model 3D yang dihasilkan dapat dilihat pada Tabel 5. Secara visual model 3D Gedung Juang 45 Bekasi sudah sama dengan bangunan aslinya.

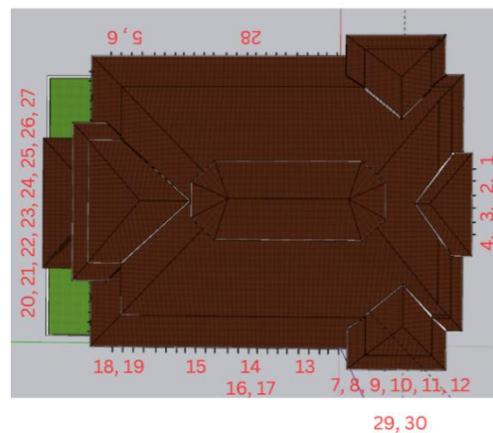
**Tabel 5.** Tabel perbandingan model 3D dengan bangunan asli Gedung Juang 45 Bekasi.

Pembuatan Model 3Dimensi Metode Manual Pada Gedung Juang 45 Bekasi Menggunakan Integrasi *Point Cloud* Hasil Pengolahan Data Foto Terestris Dan *Aerial* Dengan Menggunakan Metode *Structure From Motion (SFM)* Dan *Multi-View Stereo (MVS)*

| Bangunan Asli | Model 3D |
|---------------|----------|
|               |          |
|               |          |
|               |          |
|               |          |
|               |          |

#### 4.4 Hasil uji akurasi geometri RMSE

Uji akurasi dilakukan menggunakan uji *Root Mean Square Error (RMSE)*. Uji ini dipilih guna mengetahui sejauh mana perbedaan yang terjadi. Uji akurasi RMSE menggunakan 30 sampel ukuran yang diukur mengelilingi bangunan asli di lapangan menggunakan alat ukur distometer seperti pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Persebaran sampel ukuran pada model 3D.

RMSE merupakan suatu ukuran yang menunjukkan sejauh mana perbedaan antara ukuran bangunan sebenarnya dengan ukuran hasil pemodelan (Aly 2019). Semakin besar nilai RMSE maka, semakin besar kesalahan hasil ukuran terhadap kondisi yang sebenarnya. Kriteria dari tiap LoD ditunjukkan pada Tabel 3. Rumus yang digunakan untuk melakukan uji akurasi RMSE ditunjukkan pada persamaan 1.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(x_i - x)^2}{n}} \quad (1)$$

Keterangan:

- $x$  = Nilai yang dianggap benar
- $x_i$  = Nilai hasil ukuran
- $n$  = Banyak ukuran yang digunakan

Berdasarkan Tabel 6 dari total 30 sampel ukuran objek di lapangan dan model 3D didapatkan nilai RMSE sebesar 0,034 m. Nilai RMSE yang dihasilkan tidak melebihi standar akurasi LoD3 sebesar 0,5 m maka hasil model 3D yang telah dibuat sudah memenuhi standar uji akurasi model 3D LoD 3.

**Tabel 6.** Hasil uji RMSE

|                   |         |
|-------------------|---------|
| Selisih rata-rata | 0,069 m |
| Selisih terbesar  | 0,074 m |
| Selisih terkecil  | 0,001 m |
| Nilai RMSE        | 0,034 m |

#### 4.5 Hasil uji statistik

Uji statistik dilakukan untuk melakukan evaluasi besaran probabilitas hasil yang didapat terjadi karena sebuah kebetulan atau memang terdapat hubungan yang signifikan di antara variabel yang dilakukan uji statistik (Putri dkk., 2023). Uji statistik yang dilakukan adalah uji t dengan tingkat kepercayaan 90%. Uji t bertujuan untuk membandingkan beda nilai dari dua kelompok yang sama dengan perlakuan yang berbeda (Putri dkk., 2023). Uji t dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_d}{\frac{s_d}{\sqrt{n}}} \quad (2)$$

Keterangan:

- $d$  = selisih di antara masing-masing objek
- $\mu_d$  = nilai rata-rata perbedaan  $d$  populasi
- $\bar{d}$  = nilai rata-rata hitungan
- $s_d$  = nilai standar deviasi dari  $d$
- $n$  = banyaknya pasangan data

Pembuatan Model 3Dimensi Metode Manual Pada Gedung Juang 45 Bekasi Menggunakan Integrasi *Point Cloud* Hasil Pengolahan Data Foto Terestris Dan *Aerial* Dengan Menggunakan Metode *Structure From Motion* (SFM) Dan *Multi-View Stereo* (MVS)

Pada uji t ini memberlakukan  $H_0$  yang menyatakan tidak ada perbedaan yang signifikan antara hasil ukuran pada model 3D dengan hasil ukuran di lapangan. Tabel 7 memaparkan hasil uji t

**Tabel 7.** Hasil uji t

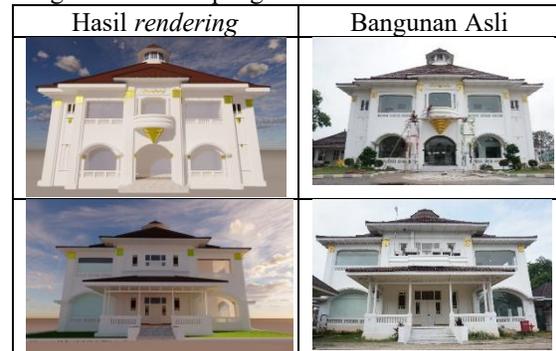
|                          |         |
|--------------------------|---------|
| Rata-Rata Selisih Ukuran | 0,024 m |
| Standar Deviasi          | 0,034 m |
| Nilai $t_{tabel}$        | 2,045 m |
| Nilai $t_{hitung}$       | 0,208 m |

Berdasarkan Tabel 5 hasil uji t terhadap 30 sampel ukuran pada model 3D dan lapangan menghasilkan nilai  $t_{hitung}$  sebesar -0,208 dan  $t_{tabel}$  sebesar 1,699 yang menunjukkan nilai  $t_{hitung}$  tidak lebih besar dan masih berada di antara  $t_{tabel}$  dengan nilai positif dan negatif. Dari kesimpulan yang didapat maka  $H_0$  dapat diterima dan pembuatan model 3D Gedung Juang 45 Bekasi tidak terdapat perbedaan yang signifikan dengan ukuran bangunan di lapangan.

#### 4.6 Hasil rendering model 3D

Proses *rendering* dilakukan dengan menggunakan *plugin escape*. Luaran dari proses ini berupa video dengan tampilan yang lebih realistis menyerupai keadaan sebenarnya. Hasil *rendering* Gedung Juang 45 Bekasi dapat dilihat dari berbagai sudut pandang dengan cara menggerakkan kursor untuk menggeser sudut pandang, gerakan maju, mundur, bergeser, berbelok ke kanan dan kiri dilakukan dengan menggunakan *shortcut* pada papan ketik (*keyboard*). Model 3D yang sudah di-*render* memberikan informasi sifat dan jenis dari bagian bangunan seperti jenis warna *doff* atau metalik, tonjolan pada ornamen, dan ukiran yang terdapat pada ornamen. Sampel visualisasi hasil *rendering* model 3D dapat dilihat di Tabel 8.

**Tabel 8.** Perbandingan hasil *rendering* dengan bangunan asli di lapangan.





## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan kegiatan proyek akhir yang telah dilakukan, dapat disimpulkan pengolahan data foto menjadi *point cloud* menghasilkan total 78.684.791 *point cloud*. Pemodelan Gedung Juang 45 Bekasi ini dilakukan dengan tingkat kedetailan LoD3 dengan referensi didapat dari *point cloud* dan interpretasi foto sehingga menyerupai kondisi sebenarnya di lapangan. Tingkat ketelitian geometri dari model 3D Gedung Juang 45 Bekasi memiliki selisih ukuran pada rentang 0,001 meter sampai dengan 0,074 meter. Nilai ketelitian tersebut termasuk ke dalam rentang LoA10 sampai LoA50.

Hasil uji t menggunakan 30 sampel ukuran pada objek di lapangan dan model 3D. Hasil uji t yang sudah dilakukan memberikan hasil di mana nilai  $t_{hitung}$  sebesar 0,208 dan  $t_{tabel}$  sebesar 1,699 yang menunjukkan nilai  $t_{hitung}$  tidak lebih besar dan masih berada di antara  $t_{tabel}$  dengan nilai positif dan negatif, maka  $H_0$  dapat diterima dan pembuatan model 3D Gedung Juang 45 Bekasi tidak terdapat perbedaan yang signifikan dengan ukuran bangunan di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aditama, Yahya wido. 2016. "Redesain Gedung Juang 45 Tambun Sebagai Obyek Pariwisata Kesejarahan Di Bekasi (Berbasis Ummatan Wasathan Wa Khairu Ummatin)." Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Aji, Antonius Raditya Seno, and Djurdjani. 2022. "Perbandingan Volume Stockpile Batu Bara Hasil UAV Fotogrametri Dan UAV Lidar." *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering* 5(2):70.
- Aly, Ahmad Nur. 2019. "Pemodelan 3d Bangunan

Pembuatan Model 3Dimensi Metode Manual Pada Gedung Juang 45 Bekasi Menggunakan Integrasi *Point Cloud* Hasil Pengolahan Data Foto Terestris Dan *Aerial* Dengan Menggunakan Metode *Structure From Motion* (SFM) Dan *Multi-View Stereo* (MVS)

Dengan Level Of Detail (LoD) 3 Menggunakan Fotogrametri Jarak Dekat Kombinasi Foto Udara Dan Foto Terrestrial." Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

- Dore, C., and M. Murphy. 2017. "Current State of the Art Historic Building Information Modelling." *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives* 42(2W5):185–92.
- Murtiyoso, A., and P. Grussenmeyer. 2018. "Comparison and Assessment of 3d Registration and Georeferencing Approaches of Point Clouds in the Case of Exterior and Interior Heritage Building Recording." *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives* 42(2):745–51.
- OpenGeospatialConsortium. 2008. "OpenGIS City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard." *Open Geospatial Consortium Inc.* (08-007r1):234.
- Putri, Azka Dhianti, Ahman Ahman, Rahma Sayyida Hilmia, Salwa Almaliyah, and Sidik Permana. 2023. "Pengaplikasian Uji T Dalam Penelitian Eksperimen." *Jurnal Lebesgue: Jurnal Ilmiah Pendidikan Matematika, Matematika Dan Statistika* 4(3):1978–87.
- Simbolon, Alfred, Bambang D. Yuwono, and Fauzi J. Amarrohman. 2017. "Analisis Perbandingan Ketelitian Metode RegistrasiAntara Metode Kombinasi Dan Metode Traverse DenganMenggunakan Terrestrial Laser Scanner DalamPemodelan Objek 3 Dimensi." *Jurnal Geodesi Undip* 6(4):1–10.
- Snavely, Keith. 2008. "Scene Reconstruction and Visualization from Internet Photo Collections." University of Washington, Washington.
- USIBD. 2016. *USIBD Level of Accuracy (LOA) Specification Guide*. Vol. 2. Washington.
- Zhang, Xujie, Pengcheng Zhao, Qingwu Hu, Mingyao Ai, Datian Hu, and Jiayuan Li. 2019. "A UAV-Based Panoramic Oblique Photogrammetry (POP) Approach Using Spherical Projection." *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 159:198–219.