

# Akurasi, Efisiensi, Efektivitas Fotogrametri Rentang Dekat (FRD) dan Videogrametri dalam Model 3D : Studi Analisis Komparatif

Faizal Ibnu Adrian \*, Yudo Prasetyo, Nurhadi Bashit

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

## Abstrak

Pembuatan model 3 dimensi dapat dilakukan melalui pendekatan fotogrametri rentang dekat (FRD) dan videogrametri. Metode Fotogrametri Rentang Dekat memiliki kekurangan dalam pengambilan data yang relatif lama, sementara metode videogrametri pada awal perkembangannya jarang digunakan karena kualitas perekaman yang buruk. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas, efisiensi, dan akurasi dari metode FRD dan videogrametri dalam pembuatan model 3 dimensi. Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 103 data raster untuk metode FRD, serta 847 data raster yang diekstrak dari video untuk metode videogrametri. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode FRD menghasilkan mesh dengan kualitas yang lebih baik, sementara metode videogrametri memiliki waktu yang lebih singkat. Dalam hal akurasi, metode FRD memiliki nilai rata-rata akurasi sebesar 0,087 m, sedangkan metode videogrametri memiliki nilai rata-rata sebesar 0,067 m. Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa metode FRD lebih efektif dalam menghasilkan mesh yang menyerupai objek asli, sementara metode videogrametri lebih efisien dalam hal waktu. Kedua metode memiliki tingkat akurasi yang setara. Dengan demikian, penelitian ini memberikan pemahaman tentang perbandingan antara metode FRD dan videogrametri dalam pembuatan model 3 dimensi, serta memberikan gambaran mengenai efektivitas, efisiensi, dan akurasi masing-masing metode.

**Kata kunci:** akurasi; efektifitas; efisiensi; fotogrametri rentang dekat; videogrametri

## Abstract

Three-dimensional modeling can be done with Close Range Photogrammetry (CRP) and videogrammetry approaches. Close Range Photogrammetry method has the disadvantage of relatively long data retrieval, while the videogrammetry method at the beginning of its development was rarely used due to poor recording quality. Therefore, this study aims to compare the effectiveness, efficiency, and accuracy of the CRP and videogrammetry methods in creating 3-dimensional models. The data used in this study consisted of 103 raster data for the CRP method, and 847 raster data extracted from videos for the videogrammetry method. The results show that the CRP method produces a better quality mesh, while the videogrammetry method has a shorter time. In terms of accuracy, the CRP method has an average accuracy value of 0.087 m, while the videogrammetry method has an average value of 0.067 m. Based on the results of this study, it can be concluded that the CRP method is more effective in producing a mesh that resembles the original object, while the videogrammetry method is more efficient in terms of time. Thus, this research provides an understanding of the comparison between CRP and videogrammetry methods in making 3-dimensional models, and provides an overview of the effectiveness, efficiency, and accuracy of each method.

**Keywords:** accuracy; close range photogrammetry; efficiency; effectiveness; videogrammetry

## 1. Pendahuluan

Ilmu geometri 3 dimensi adalah studi yang

membahas tentang rekayasa balik berbasis gambar dan jarak, yang sebagian besar dilakukan menggunakan FRD dan penggunaan Terrestrial Laser Scanner (Herráez dkk., 2016). Rekonstruksi model 3 dimensi berbasis gambar atau yang sering disebut Fotogrametri Rentang Dekat (FRD) adalah metode yang sangat sering

\*) Penulis korespondensi

e-mail: faizalibnuadrian@alumni.undip.ac.id

digunakan dalam bidang ini (Atkinson, 1980). Metode videogrametri masih sangat jarang digunakan dalam bidang ini karena pada awal pengembangannya pada tahun 1997, metode ini memiliki kualitas perekaman video yang sangat buruk untuk pengolahan data *raster* (Gruen, 1997), dan belum ada studi yang meneliti efisiensi, efektivitas, dan akurasi metode yang digunakan untuk rekonstruksi 3 dimensi antara metode FRD dan videogrametri.

Data yang digunakan untuk mencapai analisis ini adalah data *raster* dari metode FRD yang diproses menggunakan *VisualSfm*, data video dari perekaman metode videogrametri yang diproses menggunakan perangkat lunak *3DSurvey* dan data koordinat dari alat *Total Station* (TS) yang diproses dengan bantuan perangkat lunak *spectrum link* untuk melakukan proses pembentukan *mesh* dari model 3 dimensi yang dibuat menggunakan *software meshlab* dan *cloudcompare* yang digunakan untuk *georeferencing* dari model 3 dimensi

dari kedua metode.

Penelitian ini merupakan penelitian baru karena merupakan penelitian pertama yang membandingkan akurasi, efisiensi, dan biaya FRD dan videogrametri untuk rekonstruksi 3D. Hasil dari penelitian ini memberikan alternatif dalam penggunaan metode FRD dan videogrametri dalam membuat rekonstruksi objek 3 dimensi, sehingga diperoleh pilihan menggunakan metode rekonstruksi model 3 dimensi yang bervariasi sesuai kebutuhan.

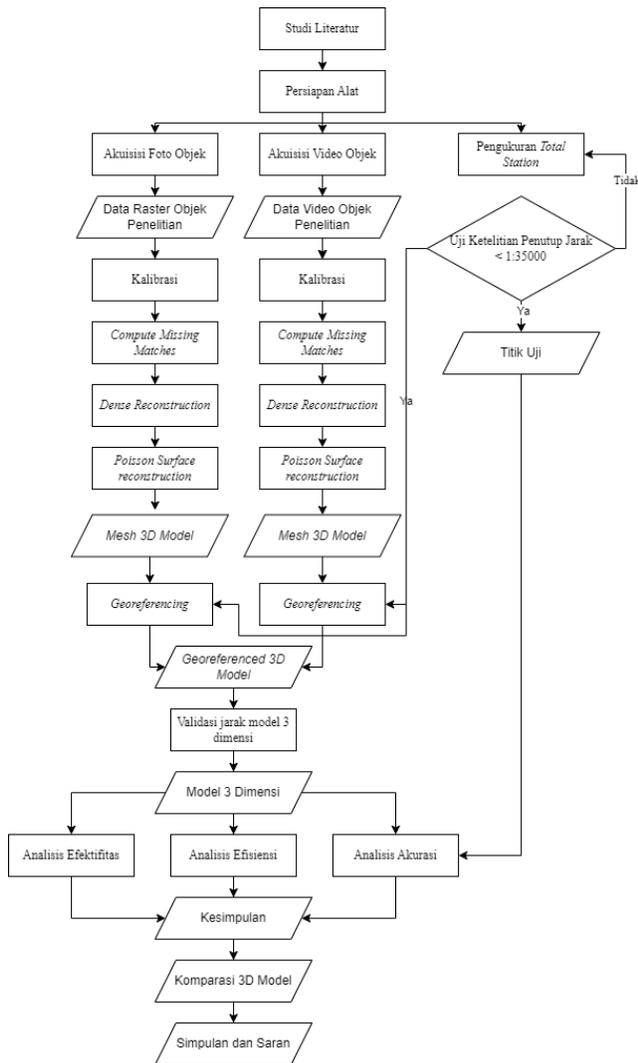
Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan metode FRD dengan videogrametri dalam permodelan 3 dimensi. Rumusan masalah penelitian mencakup pertanyaan mengenai analisis hasil perbandingan visual model 3 dimensi antara kedua metode tersebut, analisis ketelitian geometri model 3 dimensi dari kedua metode menggunakan *Total-station* terhadap 15 titik uji, serta efisiensi pembuatan model 3 dimensi dari masing-masing metode. Kemudian, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa baik akurasi hasil permodelan 3 dimensi menggunakan metode FRD dan videogrametri, serta membandingkan hasil visual rekonstruksi model 3 dimensi antara kedua metode tersebut. Selain itu, tujuan penelitian ini adalah untuk menunjukkan bahwa metode videogrametri dapat menjadi solusi yang efisien dalam hal waktu dan data yang dihasilkan untuk aplikasi permodelan 3 dimensi dengan hasil yang akurat.

Penentuan jumlah sampel data uji akurasi dilakukan dengan menggunakan rumus Slovin. Rumus ini digunakan untuk menentukan jumlah sampel yang dapat mewakili populasi dengan tingkat kesalahan tertentu. Dalam penelitian ini, populasi yang dimaksud adalah jumlah dimensi yang terlihat pada berdiri *Total Station* yang mengarah ke objek penelitian, yaitu sebanyak 14 dimensi. Berdasarkan perhitungan rumus Slovin, dengan margin of error toleransi sebesar 0.15, jumlah sampel yang dapat mewakili populasi adalah sebanyak 10 sampel. Namun, untuk menghindari bias hasil uji akurasi akibat adanya titik uji yang cacat/jelek, serta untuk meningkatkan ketelitian hasil uji akurasi, maka jumlah sampel ditingkatkan menjadi 15.

2. Bahan dan Metode

2.1 Alat dan Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian diantaranya adalah: (1) data pengukuran berupa *total-station* yang didapatkan dengan pengukuran lapangan menggunakan *Total-station* yang digunakan sebagai titik kontrol serta untuk mengetahui akurasi dari kesalahan geometri; (2) data kalibrasi kamera, yang didapatkan dengan melakukan kalibrasi secara manual di kamera DSLR untuk menunjang pengolahan data *raster* yang didapatkan ketika akuisisi data objek penelitian; (3) data foto objek yang diakuisisi menggunakan metode



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Fotogrametri Rentang Dekat didapatkan dengan melakukan pemotretan di sekeliling objek yang digunakan sebagai data olahan untuk mendapat model 3D; (4) data video objek yang diakuisisi menggunakan metode videogrametri didapatkan dengan melakukan pengambilan video mengelilingi objek yang digunakan sebagai data olahan untuk mendapat model 3D; serta (5) data model 3 dimensi dari 2 metode penelitian yang dilakukan georeferencing agar memiliki skala 1:16

## 2.2 Pelaksanaan Penelitian

Dalam penelitian ini, Data diambil dengan menggunakan kamera Nikon D3200 untuk metode FRD dan videogrametri, dengan pengaturan yang disesuaikan. Titik kontrol diambil menggunakan *Total-station* dengan membuat poligon tertutup dan diikatkan ke *benchmark* geodesi, termasuk patok untuk membuat poligon cabang guna menembak titik detil pada permukaan objek.

Tahapan pengolahan data dimulai dengan mengolah pengukuran titik detil menggunakan hitung perataan bowditch untuk poligon utama, dan menghasilkan koordinat dari setiap titik detil pada objek penelitian. Data *raster* kemudian diolah menggunakan *software* VisualSfM untuk data FRD dan *3DSurvey* untuk data videogrametri, menghasilkan *output dense pointclouds*. Selanjutnya, dilakukan tahapan *meshing* pada *software meshlab*.

Proses validasi data meliputi *georeferencing* dan perbandingan jarak antara model *mesh* dengan pengukuran *Total-station* untuk mencari nilai RMSE dari selisih kedua jarak koordinat tersebut.

Tahapan analisis data dilakukan dengan 3 parameter penilaian, yaitu efektivitas, efisiensi dan akurasi. Parameter efektivitas dinilai dengan membandingkan kualitas *mesh* hasil tiap metode dengan objek asli. Parameter efisiensi dinilai menggunakan rumus efisiensi dan kriteria penilaian dari konsep teori efisiensi. Sementara itu, parameter akurasi dinilai melalui uji statistik dan membandingkan tingkat LoD dari setiap metode yang diolah.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Analisis dilakukan dengan membandingkan

kedua metode dalam setiap objek penelitian dan dilanjutkan dengan membandingkan satu metode dengan 2 prespektif model objek yang berbeda, tujuan dari alur analisis ini dilakukan untuk mengetahui dengan detail kemampuan setiap metode dalam mengakuisisi objek yang berbeda dengan menggunakan parameter efektivitas, efisiensi dan akurasi secara tepat.

### 3.1 Kajian Objek Pertama

#### 3.1.1 Parameter Efektivitas

Efektivitas merujuk kepada hasil akhir dengan capaian tujuan yang diharapkan, dalam hal ini parameter efektivitas berkaitan dengan visualisasi dari hasil metode yang dilaksanakan terhadap objek yang dilakukan akuisisi, maka dari itu peneliti telah melakukan analisis visual dari 2 metode yang berbeda.

Jumlah *faces* yang terbentuk pada *mesh* metode FRD dihasilkan sebanyak 12.564.694 *faces*, sedangkan untuk metode videogrametri jumlah *faces* yang terdapat pada *mesh* sebanyak 5.485.328 *faces*

Terdapat beberapa perbedaan *mesh* yang dihasilkan oleh metode FRD dan metode videogrametri, dapat dilihat pada gambar A1 dan C1 memiliki perbedaan yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan objek asli B1, pada C1 kaca mobil bagian depan terlihat kosong dan tidak memiliki *mesh*, lalu contoh kedua adalah pada gambar A3 dan C3 terdapat perbedaan yang cukup signifikan jika dibandingkan dengan objek asli pada gambar B3. Pada B3 terdapat sebuah antenna kecil yang berada pada atap objek namun pada A3 metode FRD sulit untuk merekonstruksi objek tersebut, dan pada C3 metode videogrametri dapat merekonstruksi objek tersebut namun dengan distorsi yang cukup tinggi sehingga antenna tersebut memiliki warna putih dimana pada B3 dapat dilihat bahwa warna dari antenna tersebut adalah warna hitam, hal ini terjadi karena tingkat reflektivitas permukaan yang sangat tinggi yang mengakibatkan pembiasan distorsi cahaya yang membuat sulitnya rekonstruksi model 3 dimensi dari data *raster* yang diolah.

Berikut merupakan gabungan *mesh* kedua metode yang dilakukan, tujuan dari pendekatan ini adalah untuk mengetahui perbedaan *mesh* pada bagian objek yang



(a)



(b)

Gambar 3. a) 3D model FRD b) 3D model videogrametri

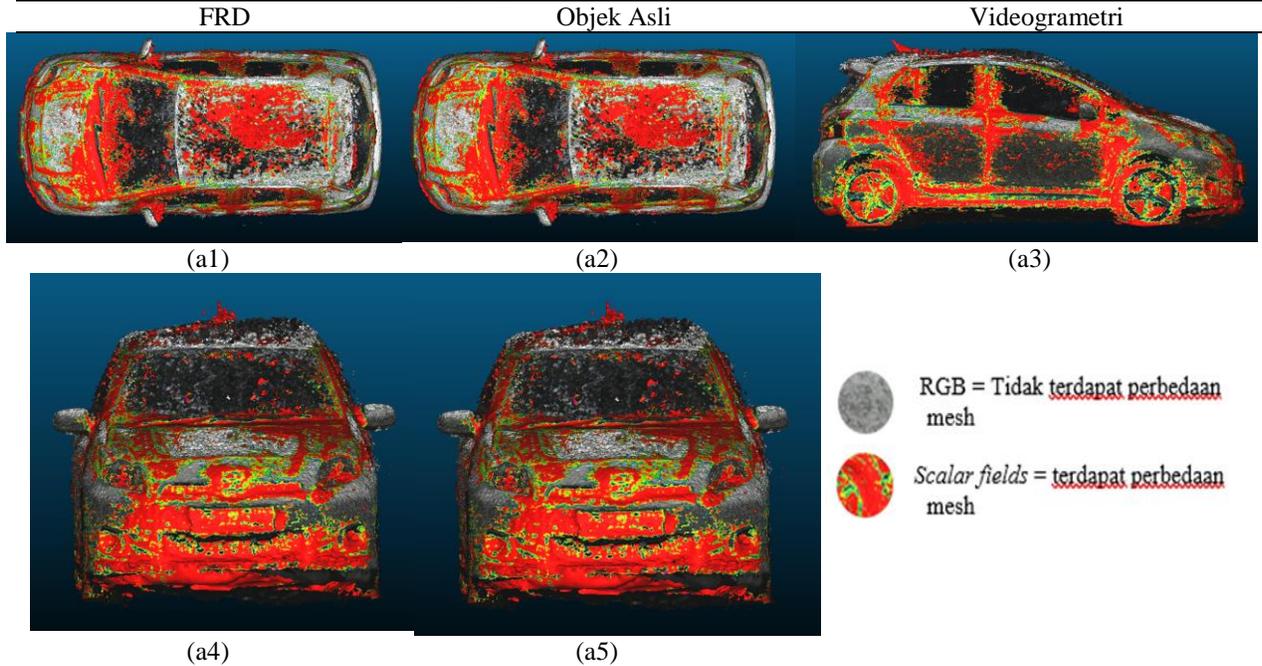
direkonstruksi, warna RGB mewakili *mesh* kedua metode yang menghasilkan *mesh* yang sama, dan warna *scalar fields* mewakili area *mesh* yang memiliki

perbedaan hasil *mesh*. Terlihat dalam gambar A3, A2, dan A1 bahwa perbedaan *mesh* banyak terjadi pada bagian bagian yang memiliki reflektifitas yang tinggi.

**Tabel 1.** Komparasi *mesh* objek pertama

No.	FRD	Objek Asli	Videogrametri
1	 (a1)	 (b1)	 (c1)
2	 (a2)	 (b2)	 (c2)
3	 (a1)	 (b1)	 (c1)
4	 (a2)	 (b2)	 (c2)

Tabel 3. Gabungan *mesh* dua metode objek pertama



3.1.2 Parameter Efisiensi

Rumus (1) (Mahmudi, 2007) menunjukkan rumus tentang konsep efisiensi, dapat dijelaskan bahwa yang dimaksud output dalam penelitian ini yaitu Target waktu yang dilakukan dalam melakukan permodelan 3 dimensi dan Input adalah waktu yang ditempuh pada lapangan, berikut kriteria hasil perhitungan dari efisiensi menurut Mahmudi:

1. Jika hasil Perbandingan lebih dari 100%, maka dikatakan tidak efisien.
2. Jika hasil pencapaian antara 90%-100%, maka dikatakan kurang efisien.
3. Jika hasil pencapaian antara 80%-90%, maka dikatakan cukup efisien.
4. Jika hasil pencapaian antara 60%-80%, maka dikatakan efisien.
5. Jika hasil pencapaian dibawah 60%, maka dikatakan sangat efisien

$$Efisiensi = \frac{Output}{Input} \times 100\% \quad (1)$$

Kriteria perhitungan efisiensi menggunakan rumus (1) dengan target lama total waktu yang ditempuh selama 7 jam atau 420 menit merujuk pada penelitian terdahulu mendapatkan hasil bahwa metode FRD masuk kedalam kriteria “Cukup efisien” karena memiliki nilai presentase sebesar 88% sedangkan metode

videogrametri masuk kedalam kriteria “Efisien” karena memiliki nilai presentase sebesar 78%

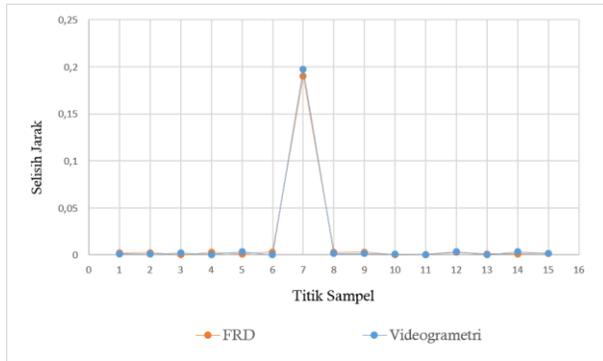
3.1.3 Parameter Akurasi

Parameter akurasi yang dianalisis adalah kesalahan posisi koordinat titik uji dan selisih jarak antara kedua metode. Histogram dari Gambar 4. menunjukkan bahwa sampel selisih jarak dari dua metode memiliki nilai yang sama pada sampel yang telah disebar pada model yang digunakan. Tidak ada perbedaan bentuk histogram seperti pada objek non-reflektif, yang menunjukkan bahwa sampel yang disebar pada model 3 dimensi objek reflektif berada pada posisi yang tidak jauh berbeda.

Hasil uji *paired* t-test yang telah dilakukan peneliti menggunakan bantuan software R studio didapatkan nilai uji t adalah -0,24275. nilai p untuk statistik uji ini dengan 14 derajat kebebasan (df) adalah 0,8117 dengan interval kepercayaan 95% untuk perbedaan rata rata adalah ( -0,0015 ; 0,0012 ). Perbedaan rata rata antara skor untuk variabel x dan variabel y adalah -0,001558548.

Tabel 3. Tabel kriteria efisiensi permodelan 3 dimensi objek pertama

Akuisisi (Menit)	Pengolahan (Menit)	Presentase	Target (420)
60	310	88%	FRD
1	325	78%	Videogrametri



Gambar 4. Histogram selisih jarak kedua metode objek pertama

Karena nilai p peneliti lebih dari tingkat signifikansi 0,05 maka uji ini menerima  $H_0$  dan menolak  $H_a$  bahwa kedua variabel tidak terdapat perbedaan rata-rata secara signifikan secara statistik. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan rata-rata antara sampel jarak dari metode FRD dan metode videogrametri.

### 3.2 Kajian Objek Kedua

#### 3.2.1 Parameter Efektifitas

Hasil model 3D objek kedua yang dapat dilihat pada Gambar 6. Perekaman tekstur dari objek penelitian terlihat lebih detil metode FRD dibandingkan dengan metode videogrametri, *Mesh* yang dihasilkan pada metode FRD yang pengolahannya dibantu menggunakan *software cloudcompare* didapatkan hasil sebanyak 10.589.427 *faces* sedangkan pada metode videogrametri jumlah *mesh* yang dihasilkan sebanyak 742.012 *faces*.

Perbedaan kualitas *mesh* dapat terlihat pada Tabel 5, pada gambar A1 dan C1 yang dibandingkan dengan B1, dapat dilihat bahwa metode FRD pada gambar A1 yang memiliki kualitas *mesh* dengan tekstur yang menyerupai objek B1 dibandingkan dengan metode videogrametri pada gambar C1 memiliki kualitas tekstur yang buruk, lalu pada C4 terlihat bahwa bagian urat kaki pada objek kedua patung sapi ini tidak



(a)



(b)

Gambar 6. a) 3D model FRD b) 3D model videogrametri

```
> t.test(uns$DeltaX,uns$DeltaY, paired = TRUE)
```

```
Paired t-test
data: uns$DeltaX and uns$DeltaY
t = -0.24275, df = 14, p-value = 0.8117
alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.001532886  0.001221176
sample estimates:
mean difference
-0.0001558548
```

Gambar 5. Hasil uji *paired* t-test objek pertama

terbentuk, tidak seperti *mesh* metode FRD pada A4 yang dibandingkan dengan objek asli pada gambar B4.

Dapat dilihat pada Tabel 5. Di Gambar A2, A5, dan A4 bahwa perbedaan *mesh* yang paling banyak ada pada bagian belakang patung dan atas patung, dan dapat dilihat pada Gambar A2 dan A3 pada bagian antar kaki terdapat banyak *mesh* yang berada di bagian tersebut yang seharusnya sesuai dengan objek asli bagian tersebut tidak ada, dan *mesh* yang berada pada bagian antar kaki tersebut dihasilkan oleh metode videogrametri, pada objek penelitian kedua ini distorsi dari rekonstruksi model 3 dimensi lebih banyak di buat oleh metode videogrametri dibandingkan dengan metode FRD.

#### 3.2.2 Parameter Efisiensi

Kriteria perhitungan efisiensi menggunakan rumus (1) dengan target lama total waktu yang ditempuh selama 7 jam atau 420 menit merujuk pada penelitian terdahulu mendapatkan hasil bahwa metode FRD masuk kedalam kriteria “Kurang efisien” karena memiliki nilai presentase sebesar 92% sedangkan metode videogrametri masuk kedalam kriteria “Efisien” karena memiliki nilai presentase sebesar 63%.

#### 3.2.3 Parameter Akurasi

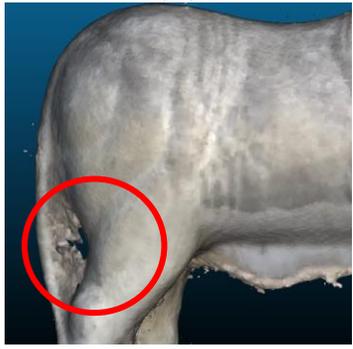
Gambar 7. Menunjukkan bahwa selisih jarak antar metode FRD dan videogrametri tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan, perbedaan hasil selisih dari dua metode hampir sama dan sedikit berbeda selisih jarak pada metode videogrametri pada titik sampel 11 sampai 13, hal ini terjadi dikarenakan perbedaan *mesh* dari kedua model yang dihasilkan.

Hasil uji *paired t-test* yang telah dilakukan peneliti menggunakan bantuan software R studio didapatkan nilai uji t adalah 0,77215. nilai p untuk statistik uji ini dengan 14 derajat kebebasan (df) adalah 0,4529 dengan interval kepercayaan 95% untuk

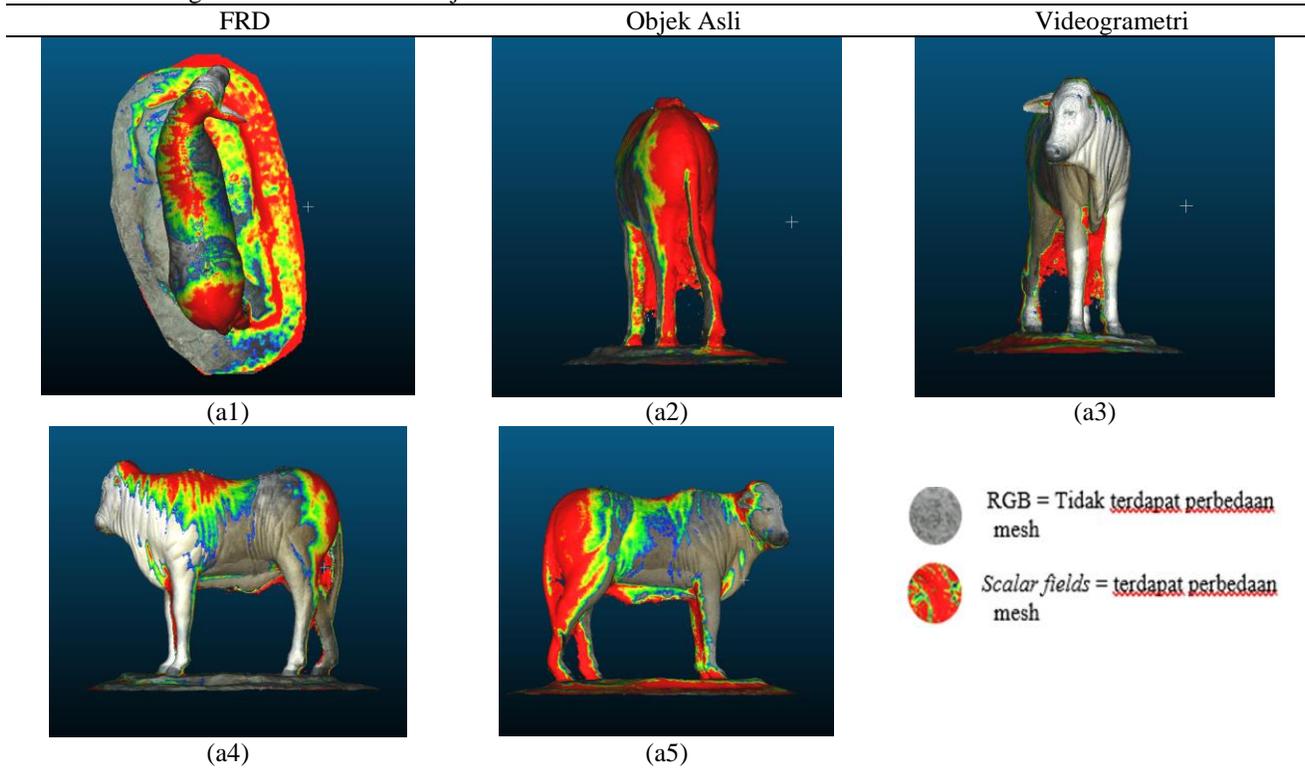
perbedaan rata rata adalah (-0,005 ; 0,010). Perbedaan rata rata antara skor untuk variabel x, variabel y, dan variabel z adalah 0,002887093.

Karena nilai p peneliti lebih dari tingkat signifikansi 0,05 maka uji ini menerima  $H_0$  dan menolak

**Tabel 4.** Komparasi *mesh* objek kedua

No.	FRD	Objek Asli	Videogrametri
1	 (a1)	 (b1)	 (c1)
2	 (a2)	 (b2)	 (c2)
3	 (a3)	 (b3)	 (c3)
4	 (a4)	 (b4)	 (c4)

Tabel 5. Gabungan *mesh* dua metode objek kedua



Ha bahwa kedua variabel tidak terdapat perbedaan rata-rata secara signifikan secara statistik. Maka dapat diambil kesimpulan bahwa tidak ada perbedaan rata-rata antara sampel jarak dari metode FRD dan metode Videogrametri.

3.3 Kajian Metode FRD

3.3.1 Komparasi Efektifitas

Karakteristik *mesh* dari masing-masing model jika dibandingkan dengan objek asli, metode FRD memiliki tingkat kepadatan *mesh* yang lebih untuk mencakup keseluruhan objek asli, hal ini dapat dilihat dari jumlah *faces* dari metode FRD baik pada objek pertama maupun objek kedua sebagaimana *mesh* tersebut merepresentasikan objek aslinya.

Kualitas tekstur daripada model 3 dimensi yang dihasilkan terdapat perbedaan terutama dikarenakan permukaan dari objek itu sendiri, dapat dilihat pada Gambar 10 bahwa metode FRD pada objek pertama memiliki tekstur model 3 dimensi yang cenderung kasar sedikit distorsi dari objek asli.

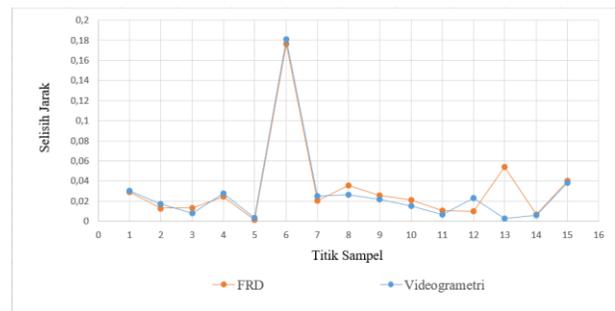
Tabel 6. Tabel kriteria efisiensi permodelan 3 dimensi objek kedua

Akuisisi (Menit)	Pengolahan (Menit)	Presentase	Target (420)
21	367	92%	FRD
3	260	63%	Videogrametri

Sedangkan, pada objek kedua dapat disimpulkan bahwa kualitas tekstur pada *mesh* model 3 dimensi tergolong sangat baik, dengan tingkat ketajaman dan kejelasan yang tinggi, serta memiliki tingkat detail yang cukup tinggi sehingga dapat merepresentasikan objek asli dengan baik. seperti yang dapat dilihat pada Gambar 10.

3.3.2 Komparasi Efisiensi

Tabel 8 menunjukkan hasil dari perhitungan nilai efisiensi dari implementasi metode FRD terhadap 2 objek, didapatkan hasil bahwa metode FRD secara efisiensi memiliki tingkat efisiensi yang dapat digolongkan ke kategori “Cukup Efisien” dan “Kurang Efisien” dikarenakan memiliki nilai presentase 92%



Gambar 7. Histogram selisih jarak kedua metode objek kedua

untuk objek pertama dan 88% untuk objek kedua.

3.3.3 Komparasi Akurasi

Analisis akurasi posisi di penelitian ini dihitung menggunakan nilai RMSE dari kesalahan posisi koordinat titik uji dari TS dan titik uji yang diambil dari koordinat 3D model yang telah dilakukan proses *georeferencing*. Hasil dari nilai RMSE untuk metode FRD memiliki nilai 0.085918 m untuk objek pertama dan 0.088446 m untuk objek kedua, maka dari itu parameter LOD yang digunakan pada penelitian ini adalah LOD 3, metode FRD sudah masuk kedalam kategori LOD 3, bahkan jika hanya parameter akurasi posisi 3D saja yang dipertimbangkan, metode FRD sanggup masuk kedalam parameter LOD 4.

3.4 Kajian Metode Videogrametri

3.4.1 Komparasi Efektifitas

Karakteristik *mesh* dari masing masing model jika dibandingkan dengan objek asli, metode videogrametri memiliki tingkat kepadatan *mesh* yang

```
> t.test(uns$Deltax,uns$Deltay, paired = TRUE)

Paired t-test

data: uns$Deltax and uns$Deltay
t = 0.77215, df = 14, p-value = 0.4529
alternative hypothesis: true mean difference is not equal to 0
95 percent confidence interval:
 -0.005132311  0.010906497
sample estimates:
mean difference
 0.002887093
```

Gambar 8. Hasil uji *paired* t-test objek kedua

rendah untuk mencakup keseluruhan objek asli, hal ini dapat dilihat dari jumlah *faces* dari metode videogrametri baik pada objek pertama maupun objek kedua sebagaimana *mesh* tersebut merepresentasikan objek aslinya.

Kualitas tekstur daripada model 3 dimensi yang dihasilkan dari metode videogrametri baik dari kedua objek memiliki tekstur yang cenderung sama yaitu memiliki tekstur yang cenderung blur dan tidak tajam,



(a)



(b)

Gambar 9. a) Model FRD objek pertama , b) Model FRD objek kedua



(a)



(b)

Gambar 10. a) Kualitas tekstur objek pertama, b) Kualitas tekstur objek kedua



(a)



(b)

Gambar 11. a) Model videogrametri objek pertama , b) Model videogrametri objek kedua

**Tabel 7.** Komparasi nilai efisiensi metode FRD

Akuisisi (Menit)	Pengolahan (Menit)	Presentase	Target (420)
21	367	92%	Objek 1
60	310	88%	Objek 2

warna kontras dari model 3 dimensi videogrametri memiliki kontras yang rendah dibandingkan warna asli dari objek itu sendiri.

#### 3.4.2 Komparasi Efisiensi

Tabel 9 menunjukkan hasil dari perhitungan nilai efisiensi dari metode videogrametri yang di implementasikan terhadap 2 objek, didapatkan hasil bahwa metode videogrametri secara efisiensi memiliki tingkat efisiensi yang dapat digolongkan ke kategori “Efisien” dikarenakan memiliki nilai presentase 78% untuk objek pertama dan 63% untuk objek kedua.

#### 3.4.3 Komparasi Akurasi

Analisis akurasi posisi di penelitian ini dihitung menggunakan nilai RMSE dari kesalahan posisi koordinat titik uji dari TS dan titik uji yang diambil dari koordinat 3D model yang telah dilakukan proses *georeferencing*. Hasil dari nilai RMSE untuk metode videogrametri memiliki nilai 0.047552 m untuk objek pertama dan 0.087800 m untuk objek kedua, maka dari itu parameter LOD yang digunakan pada penelitian ini adalah LOD 3, metode FRD sudah masuk kedalam kategori LOD 3, bahkan jika hanya parameter akurasi posisi 3D saja yang dipertimbangkan, metode FRD sanggup masuk kedalam parameter LOD 4.

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa metode Fotogrametri Jarak Dekat (FRD) memiliki keunggulan dalam efektivitas ketika menghasilkan model 3D dengan kualitas yang lebih baik, terutama dalam hal kepadatan dan tekstur yang terperinci. Dalam hal akurasi, tidak ada perbedaan yang signifikan antara data sampel metode FRD dan videogrametri dan hasil uji akurasi menunjukkan akurasi posisi yang lebih baik daripada standar akurasi model yang telah ditetapkan. Dalam hal efisiensi, metode FRD secara efisiensi memiliki tingkat efisiensi yang dapat digolongkan ke kategori “Cukup Efisien” dan “Kurang Efisien” dikarenakan memiliki nilai presentase 92% untuk objek pertama dan 88% untuk objek kedua, di sisi lain metode videogrametri secara efisiensi memiliki tingkat efisiensi yang dapat digolongkan ke kategori “Efisien” dikarenakan memiliki nilai presentase 78% untuk objek pertama dan 63% untuk objek kedua. Oleh karena itu, ketika memilih metode yang paling sesuai, perlu dipertimbangkan prioritas antara efektivitas model, akurasi, dan efisiensi yang diinginkan.

**Tabel 8.** Komparasi nilai efisiensi metode videogrametri

Akuisisi (Menit)	Pengolahan (Menit)	Presentase	Target (420)
1	325	78%	Objek 1
3	260	63%	Objek 2

### Daftar Pustaka

- Alexander, S. (2019, September 6). The Digital Twin in Aircraft Construction.
- Atkinson, K. (1980). *Developments in close range photogrammetry*, London: Elsevier.
- Basuki, S. (2012). Ilmu Ukur Tanah (Edisi Revisi). Yogyakarta: 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.
- Gruen, A. (1997). Fundamentals of videogrammetry — A review. *Human Movement Science*, 16(2–3), 155–187.
- 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.
- 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.
- Hidayat, A. (2014). Pengertian Dan Rumus Uji Saphiro Wilk–Cara Hitung. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, (Online), tersedia: <https://www.statistikian.com/2013/01/saphiro-wilk.html>, diunduh, 12.
- Kazdhan, 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.
- Mahami, H., Nasirzadeh, F., Hosseininaveh 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.

- Mahmudi. (2007). *Manajemen Kinerja Sektor Publik* (Ed. rev.). Unit Penerbit dan Percetakan Akademi Manajemen Perusahaan YKPN.
- Mardiasmo. (2002). *Akuntansi sektor publik*. Yogyakarta: 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).
- 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.
- Santoso, S. (2014). *Statistik non parametrik : konsep dan aplikasi dengan SPSS*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- 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*. University Of Colorado.
- Thomas, L., Stuart, R., Stephen, K., dan Ian, H. (2011). *Close Range Photogrammetry. Photogrammetric Record* (Vol. 30, Nomor 151). Whittles Publishing.
- 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.