



Analisis Kepadatan Titik dan Geometri Mesh 3D pada Bangunan Gedung Gebouw Van Padangsche Spaarbank

Ikhlasul Amal¹, Fajrin Fajrin², Defwaldi Defwaldi³

¹⁻³Fakultas Teknik, Institut Teknologi Padang, Padang, Indonesia

Korespondensi penulis : ikhlasulamall2002@gmail.com

Abstract Cultural heritage archiving by collecting and managing archives that include documents, archiving using the Close Range Photogrammetry method by analyzing the density of points and making a 3D model of the Gebouw Van Padangsche Spaarbank building by taking overlapping photo data from different camera angles. The purpose of this study is to analyze the point density and geometry of the 3D mesh to create an archive, improving efficiency in information management. In this study, the results of 3D modeling of the Gebouw Van Padangsche Spaarbank building with a close-range photogrammetry technique were obtained, resulting in 157 photos used to make 3D models. The flying altitude of the drone is not more than 20 m with the height of each line varies, for Line 1 is at the top line at an altitude of 17 m, Line 2 is at an altitude of 10 m, Line 3 is at an altitude of 17 m, height is 7 m and for Line 4 at an altitude of 3 m The results obtained from this analysis are 94,869 tie points from the results of 144,764, thick clouds 15,393,722, and faces 529,237. The results of the comparison of the dimensional accuracy test of the 3D model building to the actual size in the field resulted in an average distance of 0.1408 m.

Keywords : Close Range, Archiving, Modeling

Abstrak Pengarsipan warisan budaya dengan cara mengumpulkan dan mengelola arsip-arsip yang meliputi dokumen, pengarsipan menggunakan metode Close Range Photogrammetry dengan menganalisis kepadatan titik dan membuat model 3D gedung Gebouw Van Padangsche Spaarbank dengan mengambil data foto tumpang tindih dari sudut kamera yang berbeda. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis kepadatan titik dan geometri mesh 3D untuk membuat arsip, meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan informasi. Pada penelitian ini diperoleh hasil pemodelan 3D gedung Gebouw Van Padangsche Spaarbank dengan teknik fotogrametri jarak dekat, sehingga menghasilkan 157 foto yang digunakan untuk membuat model 3D. Ketinggian terbang drone tidak lebih dari 20 m dengan ketinggian tiap garisnya berbeda-beda, untuk Jalur 1 berada di garis paling atas pada ketinggian 17 m, Jalur 2 berada pada ketinggian 10 m, Jalur 3 berada pada ketinggian 17 m, ketinggian 7 m dan untuk Jalur 4 pada ketinggian 3 m Hasil yang diperoleh dari analisa ini adalah titik ikat sebanyak 94.869 titik dari hasil 144.764, awan tebal 15.393.722, dan wajah 529.237. Hasil perhitungan perbandingan uji ketelitian dimensi bangunan model 3D terhadap ukuran sebenarnya di lapangan menghasilkan jarak rata-rata sebesar 0,1408 m.

Kata Kunci ; Close Range, Pengarsipan, pemodelan

1. PENDAHULUAN

Seiring berjalannya waktu, pengetahuan tentang peninggalan sejarah didasarkan pada berbagai metode topografi yang kurang lebih dasar, yang dapat merancang, mengatur, dan membangun bangunan dengan menggunakan instrumen sederhana dan teknik penyusunan. Menggunakan berbagai alat penyusunan dan kartografi dengan baik (Moyano dkk., 2020). Warisan budaya harus dilestarikan, karena pada kenyataannya masih banyak yang belum memiliki kesadaran untuk menjaga warisan budaya sebagai warisan budaya bangsa. (Prastyo & Sumiyatun, 2020).

Di sisi lain, warisan budaya dapat dilestarikan dengan memanfaatkan teknologi yang berkembang saat ini, seperti Building Information Modeling (BIM). BIM muncul sebagai

Received Juli 30, 2024; Revised Agustus 29, 2024; Accepted September 15, 2024; Online Available September 17, 2024

paradigma baru dalam industri konstruksi, yang dapat memfasilitasi integrasi kepentingan konstruksi. Integrasi ini memastikan keselarasan dan efisiensi konstruksi (**Januar Pantiga & Soekiman, 2021**). Saat ini BIM merupakan representasi digital dari ciri fisik dan fungsional suatu bangunan, baik berupa bangunan maupun struktur lainnya, yang berisi seluruh informasi mulai dari tahap desain hingga pembongkaran (**Saputra dkk., 2022**). Semua contoh ini menunjukkan bahwa informasi geometris sangat diperlukan dalam konstruksi model 3D (**Emondino dkk., 2014**).

Sementara itu model 3 Dimensi dapat diperoleh dari beberapa gambar yang tumpang tindih menggunakan metode *Structure from Motion* (SfM) dengan prinsip dasar yang sama dengan *fotogrametri konvensional*. (**Putra, 2016**). SfM merupakan metode yang memungkinkan pencatatan peninggalan sejarah dalam format 3D. Metode pencitraan berdasarkan fotogrametri, pemindaian laser 3D, pengukuran video, dan penginderaan jauh adalah alat yang paling efektif. Selain itu, SfM tidak diragukan lagi telah mengubah cara para arkeolog dan arsitek memodelkan situs warisan budaya dalam 3D (**Moyano dkk., 2020**). Sementara itu, pengetahuan tentang bangunan bersejarah dan komponennya juga ditingkatkan melalui kegiatan seperti penyelidikan pendahuluan, interpretasi data metrologi, dan analisis material. Dalam hal pemodelan 3D dalam arsitektur dan arkeologi, terdapat algoritma *Structure from Motion/Multi-View-Stereo* (SfM/MVS) baru yang membuat pemodelan lebih mudah daripada survei foto atau video. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis kepadatan titik dan geometri mesh 3D untuk membuat arsip, meningkatkan efisiensi dalam pengelolaan informasi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan untuk pengarsipan yang menggunakan metode *Close Range* dengan cara menganalisis kerapatan titik dan membuat model 3D pada bangunan gedung Gebouw Van Padangsche Spaarbank dengan pengambilan data foto yang tumpang tindih dari sudut kamera yang berbeda. *Close range* melibatkan pengukuran dan menganalisis objek menggunakan foto dua dimensi yang diambil dari jarak dekat, yang bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang bentuk, ukuran, dan posisi objek tiga dimensi berdasarkan representasinya dalam gambar (**Brahmantara, 2017**).

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Jalan Batang Arau Nomor 5, Kampung Pondok, Padang Barat, Padang, Sumatera Barat yang berada pada koordinat $0^{\circ}57'47.2''\text{LS}$ $100^{\circ}21'46.3''\text{BT}$. Untuk lokasi penelitian sendiri dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Gebouw Van Padangsche Spaarbank

(Sumber: Penulis, 2024)

Alat dan Data Penelitian

Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**.

Tabel 1. Peralatan Survei

No	Nama Alat	Fungsi Alat
1	Drone DJI Phantom 4 Pro	Sebagai alat untuk mengambil data foto bangunan
2	<i>Total Station</i> Topcon OTS 102N	Sebagai alat untuk mendapatkan nilai koordinat ICP

Tabel 2. Perangkat Lunak

No	Nama Alat	Fungsi Alat
1	Laptop	Sebagai hardware pengolah data
	<i>Agisoft Metashape</i>	Software Untuk Pengolahan Data Foto
2	<i>Software Microsoft Office</i>	Pembuatan laporan dan pengolahan data Total Station

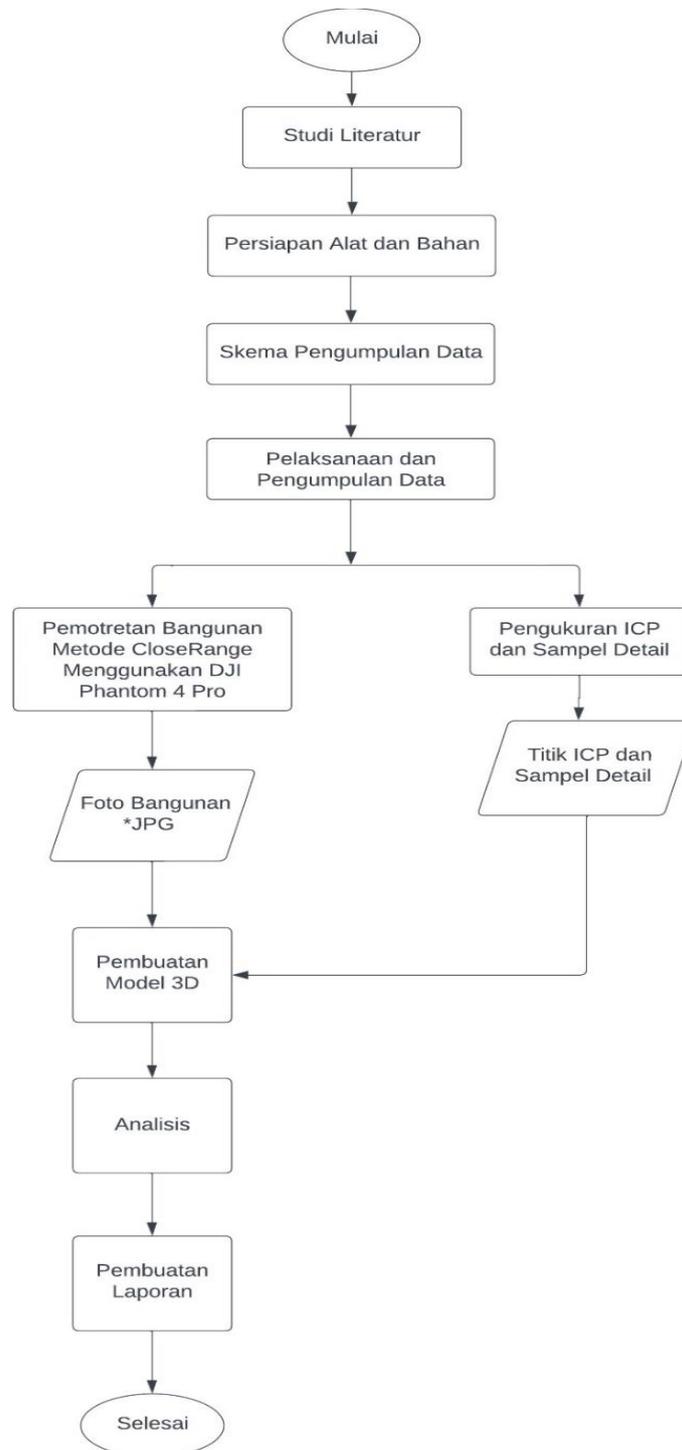
Data Penelitian

Data yang digunakan untuk penelitian ini yaitu data Foto dan Nilai Koordinat *Independent Control Point* (ICP) yang diperoleh dari pengambilan data dilapangan yang dapat dilihat pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Data Yang Digunakan Untuk Penelitian

No	Nama	Kegunaan	Sumber
1	Closerange Drone DJI Phantom	Digunakan untuk mempertahankan bentuk dan warna	Akuisisi Lapangan Tahun 2024
2	Koordinat ICP	Digunakan untuk mempertahankan ukuran	Akuisisi Lapangan Tahun 2024

Adapun tahapan penelitian yang di ikuti digambarkan sebagaimana pada **Gambar 2.**

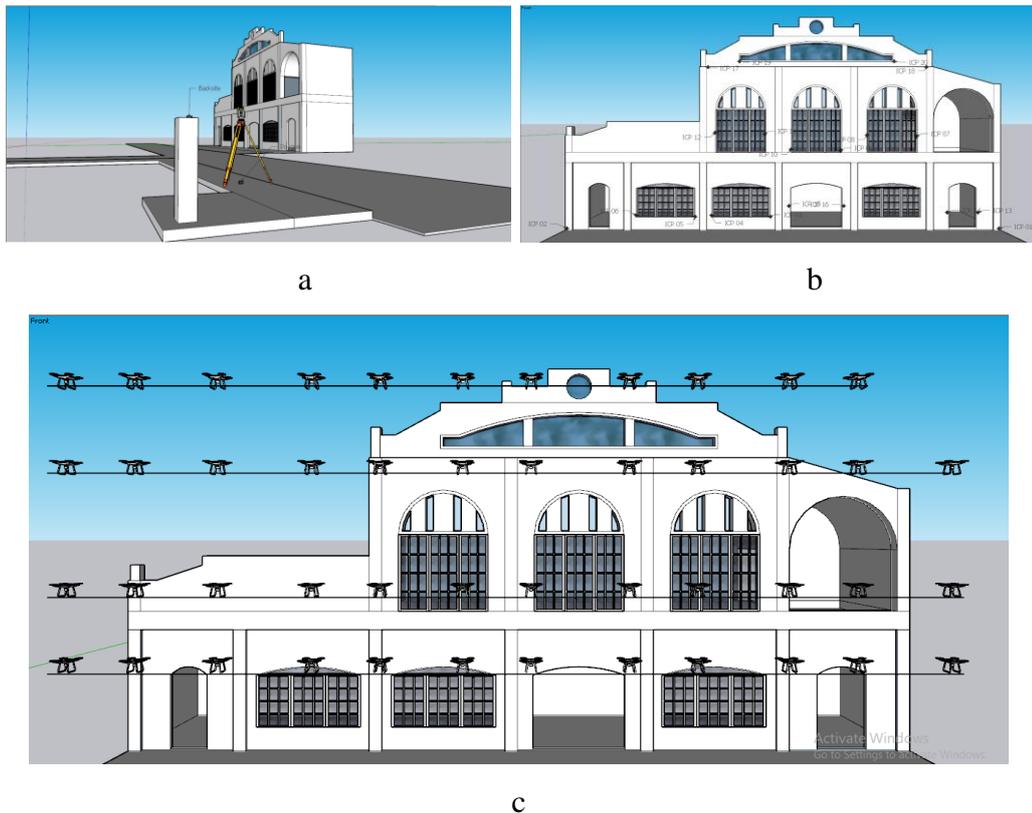


Gambar 2. Diagram Alir

Tahapan Penelitian

1. Persiapan

Tujuan dari studi literatur untuk memperkuat teori dalam menyelesaikan permasalahan yang sedang di teliti mengenai kepadatan titik dan geometri mesh 3D agar dapat diselesaikan dengan baik dan sempurna. Yang dilakukan selanjutnya yaitu persiapan alat dan bahan, peralatan yang akan digunakan untuk menunjang dalam pelaksanaan tujuan penelitian. Alat yang digunakan pada penelitian tersebut adalah satu unit Drone DJI Phantom 4 Pro dan satu paket *Total Station* OTS 102N. Pada saat sebelum pengumpulan informasi hal yang harus diperhatikan adalah skema pengumpulan informasi. Skema pengumpulan informasi merupakan kegiatan untuk mengetahui rencana sistematis untuk mengumpulkan informasi atau informasi dalam penelitian agar memudahkan kita untuk memadukan lokasi yang akan diukur, bagaimana keadaan lokasi, posisi dan bentuk bangunan, skema pengumpulan data dapat dilihat pada **Gambar 3** pada gambar a. itu adalah pengukuran menggunakan alat *Total Station*, b. persebaran titik ICP pada fasad bangunan dan c. persebaran lintasan Drone.



Gambar 3. a. Pengukuran menggunakan *Total Station*, b. Persebaran titik ICP, c. Persebaran lintasan Drone

(Sumber: Penulis, 2024)

2. Pengumpulan Data

Dalam penelitian terdapat dua metode pengumpulan informasi, Pertama adalah pengambilan titik koordinat *Independen Control Point* (ICP) menggunakan alat *Total Station*. Metodologinya didasarkan pada perhitungan jarak antara laser dan objek. Metode tersebut melakukan sapuan seluruh permukaan dengan menangkap beberapa titik dalam sistem koordinat (x,y,z) sehingga diperoleh *range cloud*. Kedua menggunakan metode *close range* dengan menggunakan instrumen Drone. Metodologinya pada saat pengambilan informasi menggunakan instrumen Drone dengan pengambilan informasi foto dengan jarak 5-6 meter di depan bangunan yang akan diteliti.

3. Pembuatan Model 3D

1) Manajemen Foto

Manajemen foto adalah Menyusun atau mensortir foto yang akan diolah pada program komputer *Agisoft Metashape*. Kegunaannya sendiri ialah memudahkan peneliti untuk mengolah informasi, jika terdapat kekurangan foto pada saat pengambilan informasi maka akan ditambahkan kembali untuk scene foto itu sendiri, jadi kegunaannya ialah mempermudah peneliti melihat hasil foto yang layak untuk di olah dan yang tidak layak untuk diolah.

2) *Add Photos*

Tahap ini merupakan tahap paling awal dalam memulai pemrosesan, dimana disini foto hasil pemotretan di *Import* pada *software Agisoft Metashape*.

3) *Align Photos*

Proses penyesuaian foto pada *Agisoft Metashape* mengintegrasikan gambar-gambar 2D menjadi tampilan 3D. Setelah mengimpor gambar, *Metashape* secara otomatis mencocokkan fitur-fitur visual di berbagai gambar, menyusunnya dalam kerangka waktu yang sama. Dapat menyesuaikan pengaturan dan memanfaatkan informasi *Global Positioning System* (GPS). Setelah proses penyesuaian selesai, dapat melakukan optimasi dan memeriksa hasilnya sebelum membuat model 3D. Proses ini krusial untuk akurasi dan detail tampilan yang dihasilkan, dan *Metashape* memberikan kemampuan untuk membuat tampilan tekstur.

4) *Build Dense Cloud*

Proses build cloud pada *Agisoft Metashape* melibatkan konstruksi model awan padat 3D yang lebih detail dari model awal berbasis foto. *Metashape* menggunakan informasi yang sudah di-align untuk menghasilkan titik-titik 3D yang padat dan

merinci objek yang direkonstruksi. Ini melibatkan estimasi posisi dan orientasi titik-titik dalam ruang 3D. Pengguna dapat mengatur kepadatan awan padat, tingkat detail, dan metode pemrosesan yang digunakan, seperti perhitungan stereo atau fotogrametri multi-view. Proses ini penting untuk meningkatkan akurasi dan detail model 3D yang dihasilkan dari gambar-gambar 2D.

5) *Build Mesh*

Proses *build mesh* pada *Agisoft Metashape* adalah tahap kritis dalam pembuatan model 3D. *Metashape* menggunakan titik-titik yang diperoleh dari *dense cloud* untuk membuat permukaan yang padat dan merinci. Setelah proses selesai, *mesh* dapat dilihat secara visual dan digunakan untuk analisis atau pemrosesan lanjutan, seperti pembuatan tekstur. Proses ini penting karena mengubah titik-titik 3D menjadi representasi permukaan yang akurat dari objek yang direkonstruksi.

6) *Import Koordinat Independent Control Point (ICP)*

Proses import koordinat *Independent Control Point* pada *Agisoft Metashape* melibatkan pembaruan posisi titik kontrol *independen* yang diperoleh dari sumber lain ke dalam proyek *Metashape*. Ini berguna untuk meningkatkan akurasi registrasi dan orientasi model 3D. Dengan mengimpor koordinat kontrol *independen*, *Metashape* dapat menggunakan informasi tambahan ini untuk memperbaiki hasil pemodelan dan pemetaan, serta memastikan konsistensi posisi antara model 3D dan titik kontrol yang sudah diketahui.

4. Analisis

Analisis akurasi keakuratan koordinat model 3D menggunakan titik ICP dari hasil pengukuran *total station* dan perbandingan dengan koordinat model 3D. Hasil *total station* dikurangi dengan hasil koordinat model 3D. Bandingkan dan analisa dimensi elevasi depan bangunan dari model 3D dengan dimensi sebenarnya di lapangan. Perbandingan ini dimaksudkan untuk menunjukkan nilai kesalahan dimensi model 3D jika dibandingkan dari beberapa jarak.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Hasil Foto Metode Close Range Photogrammetry

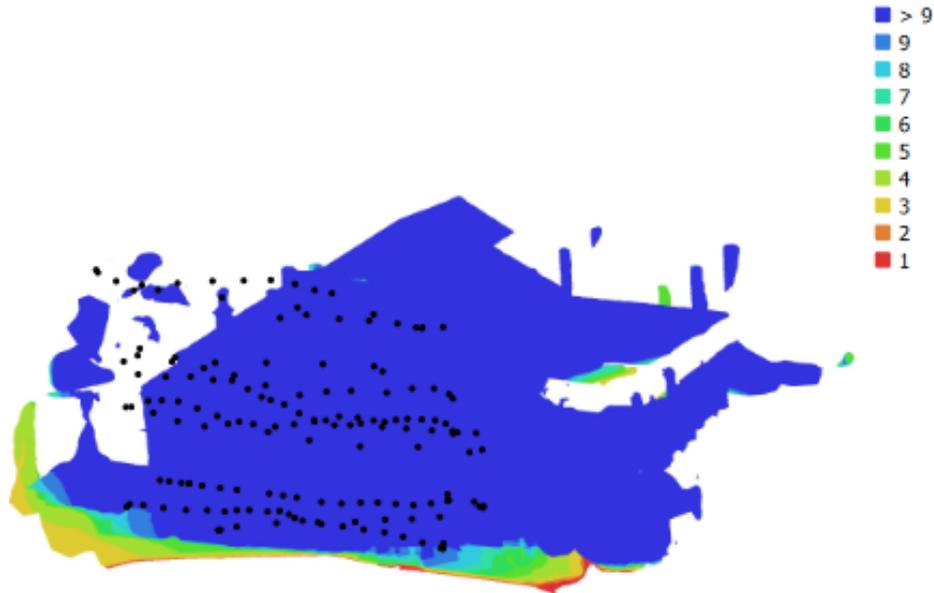
Foto yang diambil dengan kamera drone DJI Phantom 4 Pro diambil menggunakan metode jarak dekat yang ditunjukkan pada **Gambar 4**. Meski sampel fotonya hanya empat, namun total foto udara yang digunakan untuk pengolahan sebanyak 157.



Gambar 4. Hasil Foto Bangunan Gebeouw Van Padangsche Spaarbank

(Sumber: Penulis, 2024)

Gambar 5 merupakan sebaran lokasi fotografi drone gedung Gebouw Van Padansche Sparkbank. Saat mengambil foto, drone memiliki lintasan horizontal yang langsung memotret objek pada ketinggian berbeda yang diabgi dalam beberapa jalur terbang. Jalur ini dibagi menjadi empat jalur sebagai jalur drone: Jalur 1 berada 17 m di atas permukaan tanah, Jalur 2 berada 10 m di atas permukaan tanah, dan Jalur 3 berada 7 m di atas permukaan tanah. Jalur 4 memiliki ketinggian penerbangan 3 meter di atas permukaan tanah. Jarak saat memotret sebuah bangunan ± 5 m dari depan bangunan. Hamparan foto objek yang terbentuk lebih dari 90% yang ditandai dengan >9 sehingga memungkinkan pemodelan objek yang baik.



Gambar 5. Persebaran Lokasi dan Pertampalan Kamera

(Sumber: Penulis, 2024)

Hasil Align Photos

Pada pengolahan foto keselarasan diperoleh hasil pengolahan dari foto yang diambil dengan instrumen drone, sehingga diperoleh total 157 adegan foto. Saat melakukan pengeditan ini, penting untuk memastikan setiap foto diposisikan dengan benar dibandingkan foto lainnya. Hasilnya adalah titik ikat yang membentuk model 3D yang akurat dan detail yang dapat dilihat pada **Gambar 6**.



Gambar 6. Hasil Align Photos

(Sumber: Penulis, 2024)

Pada bagian *Align Photos* terdapat beberapa bagian penting. Pertama jumlah *point* yang dihasilkan saat proses *align photos* sebanyak 94.869 dari 144.764 *point* dan untuk *point colors* terdapat 3 *bands* 8 *unit*. Kedua, kesalahan proyeksi *RMS* sebesar 0,155762 (1,63905 *pix*). Sedangkan kesalahan proyeksi *MAX* sebesar 0,501019 (74,7473 *pix*) dan *mean key point size* pada tahapan *align photos* sebesar 8,24078 *pix*. Dan yang terakhir rata-rata titik ikat *multiplicity* sebesar 3,30911. Untuk *alignment parameter* akurasi yang digunakan yaitu medium dan referensi pemilihan awal dengan tipe *source* serta *limit key point per MPX* sebesar 1000, dengan waktu *alignment* 36 detik, hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Tampilan Informasi *Align Photos*

Property	Value
Point	94.869 of 144.764
Point Colors	3 bands, uint 8
Key Point	No
RMS reprojection error	0,155762 (1,63905 <i>pix</i>)
Max reprojection error	0,501019 (74,7473 <i>pix</i>)
Mean Key Point Size	8,24078 <i>pix</i>
Average tie point multiplicity	3,30911 point
Acuracy	Medium
Reference Preselection	Source
Key Point Limit per Mpx	1000
Aligment Time	36 second

(Sumber: Penulis, 2024)

Hasil Build Dense Cloud

Pada saat pengolahan *build dense cloud* hasil yang digunakan untuk melanjutkan pengolahan ialah dari hasil *align photos* dan bisa dilihat pada **Gambar 7** adalah hasil yang telah dilakukan *build dense cloud*. Keuntungan dari proses konstruksi awan padat adalah menghasilkan model atau objek 3D yang akurat dan mudah dipetakan, ini berguna untuk pemetaan arsitektur.



Gambar 7. Hasil *Build Dense Cloud*

(Sumber: Penulis, 2024)

Setelah dilakukan proses *Dense Cloud* terdapat penambahan *point*, pada awalnya sebanyak 94.869 sehingga menjadi 15.393.722 *point*. Sedangkan *point colors* masih terdapat 3 *bands* 8 *uint* dan kualitas medium serta filter mode *mild* dengan nilai *max neighbors* 16 dengan waktu proses 1 menit 32 detik untuk yang bagian *Depth maps*, sedangkan untuk waktu proses pada *Dense cloud* adalah 3 menit 2 detik, hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 5**.

Tabel 5. Tampilan Informasi *Build Dense Cloud*

Property	Value
Point	15.393.722
Point Colors	3 bands, uint 8
Quality	Medium
Filtering Mode	Mild
Max Neighbors	16
Processing Time	1 minute 32 second

(Sumber: Penulis, 2024)

Hasil *Build Mesh*

Hasil build mesh ditunjukkan pada **Gambar 8**. Build mesh tercipta dari hasil pemrosesan build dense cloud yang padat. Build mesh sendiri digunakan untuk mengarsipkan dan mendokumentasikan model 3D gedung Gebouw Van Padangsche Spaarbank. Proses ini

memungkinkan pembuatan model 3D objek yang dipetakan lebih realistis. Build mesh menyediakan bingkai untuk menambahkan tekstur, warna, dan detail visual lainnya.



Gambar 8. Hasil *Build Mesh*

(Sumber: Penulis)

Pada hasil *Build Mesh* terdapat jumlah *face* sebanyak 529.237 dan *vertices* 265.724 serta *vertex color* sebanyak 3 bands 8 uint. Dengan kualitas *medium* serta *filtering mode mild* dengan nilai *MAX neighbors* nya 16 dengan waktu proses 1 menit 32 detik pada bagian *depth maps*. Untuk *reconstruction parameters* menggunakan *surface* tipe *arbitrary* dengan *source data* menggunakan tipe *Depth Maps* serta *interpolation enabled* (diaktifkan), untuk waktu pemrosesan nya 1 menit 0 detik, hasilnya dapat dilihat pada **Tabel 6**.

Tabel 6. Tampilan Informasi *Build Mesh*

Property	Value
Faces	529.237
Vertices	265.724
Vertex Colors	3 bands, 8 uint
Depth Maps	
Quality	Medium
Filtering Mode	Mild
Max Neighbors	16
Processing Time	1 minute 32 second
Recontruction Parameters	
Surface Type	Arbitrary
Source Data	Depth Maps
Interpolation	Enabled
Processing Time	1 minute 0 second

(Sumber: Penulis, 2024)

Hasil Akuisisi *Independent Control Point (ICP)* menggunakan *Total Station*

Hasil Akuisisi ICP menggunakan alat *total station* dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Akuisisi ICP menggunakan *total station*

Name	Ground Northing	Ground Easting	Elevation	Code
P1	9893514	651606	0.2	PL
BS	9893514.664	651603.339	0.352	PL
1	9893515.286	651632.39	1.529	LB
2	9893525.352	651652.176	1.437	LB
3	9893520.802	651643.498	2.011	JD
4	9893521.669	651645.184	2.027	JD
5	9893522.688	651647.105	2.047	JD
6	9893520.792	651643.48	2.028	JD
7	9893520.716	651643.376	7.523	JD
8	9893521.699	651644.997	7.797	JD
9	9893518.822	651639.74	6.92	JD
10	9893519.878	651641.374	7.195	JD
11	9893517.725	651637.455	11.341	JD
12	9893520.734	651643.279	11.449	JD
13	9893515.532	651633.618	1.881	PT
14	9893516.063	651634.44	1.888	PT
15	9893519.769	651646.809	4.39	PT
16	9893519.87	651641.505	4.042	PT
17	9893516.309	651634.279	10.712	PC
18	9893522.592	651646.136	10.97	PC
19	9893518.081	651637.987	14.919	PC
20	9893522.462	651646.008	12.166	PC

Dari hasil pengukuran *Independent Control Point (ICP)* didapat dari pengambilan data dilapangan menggunakan alat *total station* yang digunakan untuk control kualitas dari objek bangunan model 3D. Metode pengambilan titik ICP yaitu menggunakan dua titik poligon dengan koordinat acuan dari UTM. Posisi ICP yang di bidik ada beberapa bagian seperti jendela, pintu, lebar bangunan, tinggi bangunan. Untuk detail bagian pintu yang diambil yaitu pintu utama dengan no titik 16 dan 15 serta pintu dengan no titik 13 dan 14. Untuk detail bagian jendela diambil sekitar 5 bagian jendela dengan 2 jendela di lantai pertama dan 3 jendela di lantai ke dua. Untuk detail selanjutnya itu pada lebar bangunan dengan no titik 1 dan 2. Untuk detail bagian puncak bangunan yang diambil sebanyak 4 titik dengan no titik 17, 18, 19, 20. Cara mendapatkan hasil pada tabel diatas yaitu dengan berdiri alat pada titik poligon yang sudah di backsite sebelumnya, lalu membidik objek pada fasad bangunan. Tujuan bidik ke bagian tersebut ialah untuk memudahkan saat menganalisis antara jarak dilapangan dengan jarak pada aplikasi untuk melihat seberapa besar jarak kesalahan yang di timbulkan saat

perbandingan jarak di lapangan dengan jarak pada aplikasi, persebaran titik ICP pada mesh 3D dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Persebaran Koordinat ICP

(Sumber: Penulis, 2024)

Pengambilan titik koordinat ICP pada gambar diatas memiliki hal penting seperti saat menggunakan titik ICP dapat melakukan koreksi geometri dan skala pada model bangunan. Penting untuk memastikan bahwa model yang dihasilkan akurat secara geometris dan sesuai dengan ukuran sebenarnya.

Hasil Perbandingan Dimensi Bangunan

Hasil perbandingan dimensi bangunan dapat dilihat pada **Tabel 8**. untuk hasil perbandingan jarak, **Tabel 9**. untuk hasil perbandingan tinggi, **Tabel 10**. untuk hasil posisi kamera *horizontal* dan **Tabel 11** untuk hasil posisi kamera *vertikal*. Dengan menggunakan teknik fotogrametri jarak dekat menggunakan aplikasi *Agisoft Metashape*, dilakukan analisis dimensi untuk mengetahui seberapa sesuai hasil model 3D dengan hasil ukuran sebenarnya di lokasi. Analisis dilakukan dengan mengambil beberapa sampel dimensi bangunan termasuk jarak, panjang dan lebar, serta tinggi bangunan dari model 3D.

Tabel 8. Hasil Perbandingan Jarak

No Titik	Kode Titik	Hasil Pengukuran (meter)		Selisih (meter)
		Jarak Dilapangan	Jarak di Software	
1 dan 2	LB	22.22	22.10	0.12
3 dan 4	JD	2.304	2.19	0.11
5 dan 6	JD	3.384	3.27	0.11
7 dan 8	JD	1.9	2.05	0.15
9 dan 10	JD	1.95	2.16	0.21
11 dan 12	JD	6.56	6.69	0.13
13 dan 14	PT	1.10	1.28	0.18
15 dan 16	PT	3.20	3.05	0.15
17 dan 18	PC	13.42	13.20	0.22
19 dan 20	PC	9.14	9.16	0.02
Jumlah Selisih				1.408
RMSE				0.1408

Rumus untuk mencari selisih dari ke dua hasil pengukuran yaitu mengurangi Jarak dilapangan dengan jarak di *software*. Berdasarkan hasil kontrol kualitas didapatkan selisih antara jarak foto dan ICP, Selisish pada titik 1 dan 2 yaitu pada lebar bangunan dengan jarak yang dilapangan 22,22 m dan jarak pada *software* 22,10 m dengan selisih 0,12 m. Pada titik 3 dan 4 yaitu dengan kode jendela yang ada pada lantai 1 dengan jarak dilapangan 2,304 m dan jarak di *software* 2,19 m dengan selisih 0,11 m. Pada titik 5 dan 6 dengan kode jendela yang juga berada pada lantai 1 dengan jarak dilapangan 3,384 m dan jarak di *software* 3,27 m dengan selisih diantara kedua jarak tersebut 0,11 m. Pada titik 7 dan 8 yaitu Selisih Terbesar berada pada jendela pada lantai 2 bangunan dengan jarak dilapangan 1,90 m dan jarak pada *software* 2,05 m dengan selisih 0,15 m. Pada titik 9 dan 10 yaitu pada jendela pada lantai 2 bangunan dengan jarak dilapangan 1,95 m dan jarak pada *software* 2,16 m dengan selisih 0,21 m. Pada titik 11 dan 12 yaitu pada jendela pada lantai 2 bangunan dengan jarak dilapangan 6,56 m dan jarak pada *software* 6,69 m dengan selisih 0,13 m. Pada titik 13 dan 14 yaitu pada pintu bagian kanan bangunan dengan jarak dilapangan 1,10 m dan jarak pada *software* 1,28 m dengan selisih 0,18 m. Pada titik 15 dan 16 yaitu pada pintu utama bangunan dengan jarak dilapangan 3,20 m dan jarak pada *software* 3,05 m dengan selisih 0,15 m. Pada titik 17 dan 18 yaitu pada puncak bangunan dengan jarak dilapangan 13,42 m dan jarak pada *software* 13,20 m dengan selisih 0,22 m. Pada titik 19 dan 20 yaitu pada puncak bangunan dengan jarak dilapangan 9,14 m dan jarak pada *software* 9,16 m dengan selisih 0,02 m. Dari semua selisih yang didapatkan itu rumus yang digunakan untuk mendapatkan selisih itu adalah jarak terbesar dikurangi dengan jarak terkecil lalu didapatkanlah selisih diantara kedua jarak tersebut. Dan untuk jumlah selisih untuk keseluruhan detail bangunan didapatkan 1,408 cm, cara mendapatkan nilai tersebut

adalah jumlahkan nilai keseluruhan dari selisih yang didapatkan lalu bagi dengan 10 lalu didapatkan lah hasilnya yaitu 1,408 cm.

Tabel 9. Hasil Perbandingan Tinggi

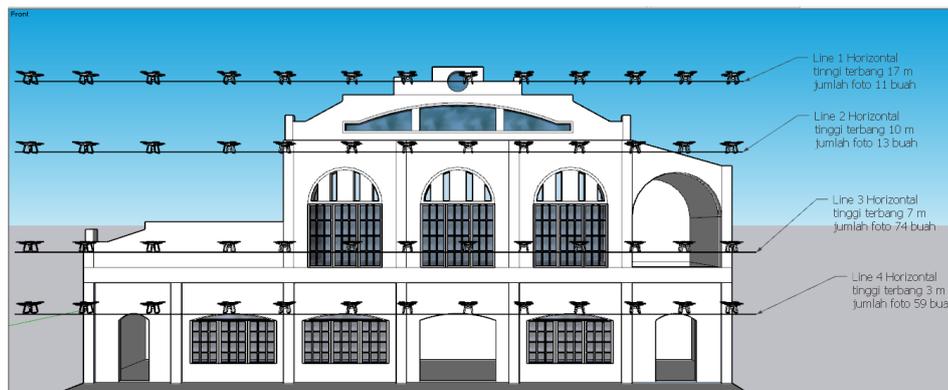
No Titik	Kode Titik	Hasil Pengukuran (meter)		Selisih (meter)
		Tinggi Bangunan Dilapangan	Tinggi Bangunan di Software	
19	PC	14.919	14.70	0.219

Berdasarkan hasil kontrol kualitas didapatkan selisih antara Tinggi bangunan dilapangan dengan Tinggi bangunan di *software*, dengan Selisih pada titik 19 pada puncak bangunan dengan jarak dilapangan 14,919 m dan jarak pada *software* 14,70 m dengan selisih 0,219 m.

Tabel 10. Hasil Posisi Kamera *Horizontal*

Mission	Jumlah Foto	Posisi	Ketinggian
Line 1	11	Horizontal	17
Line 2	13	Horizontal	10
Line 3	74	Horizontal	7
Line 4	59	Horizontal	3
Total Foto	157		

Berdasarkan hasil kontrol kualitas didapatkan Kontrol kualitas untuk melihat seberapa kerapatan foto secara horizontal, untuk kerapatan paling besar ada pada line 3 dengan jumlah 74 foto dan untuk paling kecil pada line 1 dengan jumlah 11 foto. Pada gambar 8. dapat dilihat tampilan dari persebaran foto saat pengambilan data menggunakan Drone DJI Phantom 4 Pro, dengan pengambilan foto secara horizontal dengan *interval* 2 detik, pada **Gambar 10** dapat dilihat hasil persebaran foto secara horizontal dengan jumlah empat *line* dengan tinggi *line* satu 17 m, *line* dua 10 m, *line* tiga 7 m, *line* empat 3 m.



Gambar 10. Persebaran Foto *Horizontal*

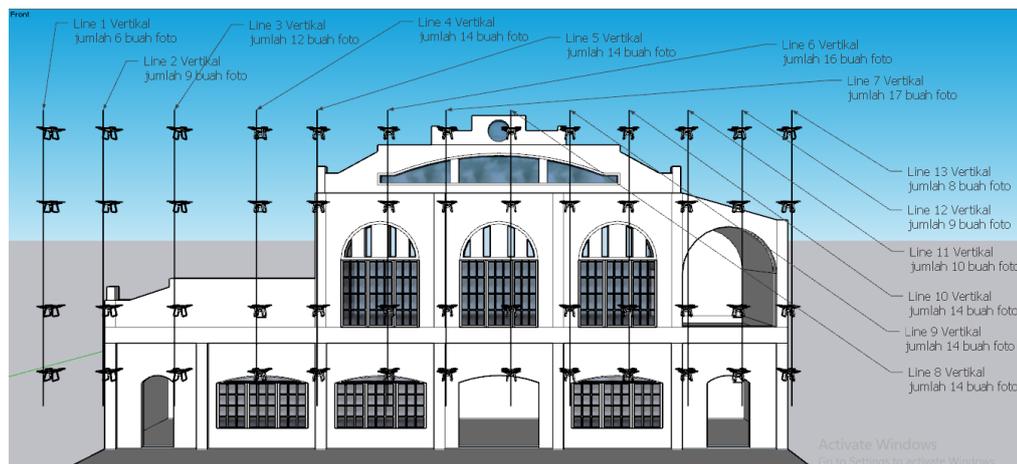
(Sumber: Penulis, 2024)

Berdasarkan hasil kontrol kualitas didapatkan Kontrol kualitas untuk melihat seberapa kerapatan foto secara vertikal, untuk kerapatan paling besar ada pada line 7 dengan jumlah 17 foto dan untuk paling kecil pada line 1 dengan jumlah 6 foto.

Tabel 11 Hasil Posisi Kamera Vertikal

Mission	Jumlah Foto	Posisi
Line 1	6	Vertikal
Line 2	9	Vertikal
Line 3	12	Vertikal
Line 4	14	Vertikal
Line 5	14	Vertikal
Line 6	16	Vertikal
Line 7	17	Vertikal
Line 8	14	Vertikal
Line 9	14	Vertikal
Line 10	14	Vertikal
Line 11	10	Vertikal
Line 12	9	Vertikal
Line 13	8	Vertikal
Total Foto	157	

Pada **Gambar 11**, dapat dilihat tampilan dari persebaran foto saat pengambilan data menggunakan Drone DJI Phantom 4 Pro, dengan pengambilan foto menggunakan 13 line secara vertikal dengan interval 2 detik.



Gambar 11. Persebaran Foto Vertikal

(Sumber: Penulis, 2024)

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat menerapkan metode *Close Range Photogrammetry* untuk pemodelan 3D bangunan Gebouw Van Padangsche Spaarbank sehingga metode ini dapat digunakan dalam upaya pendokumentasian bentuk tiga dimensi bangunan dengan menghasilkan detail yang baik dan lebih efisien, dalam pelaksanaan pada penelitian ini telah menghasilkan kesimpulan bahwa hasil pemodelan 3D bangunan Gedung Gebouw Van Padangsche Spaarbank dengan teknik *closerange photogrammetry* dari data 157 foto yang digunakan untuk bangunan yang menghasilkan jumlah *tie point* 94.869 dari hasil 144.764, *dense cloud* 15.393.722, dan menghasilkan 529.237 *faces*. Hasil perhitungan perbandingan uji akurasi ukuran dimensi bangunan model 3D terhadap ukuran sebenarnya di lapangan menghasilkan rata-rata jarak sebesar 0,1408 m. Pada bagian kontrol kualitas posisi kamera untuk ketinggian terbang pesawat beragam, pada bagian *Line 1* yang berada pada *line* paling atas dengan ketinggian 17 m, *Line 2* pada ketinggian 10 m, *Line 3* pada ketinggian 7 m dan untuk *Line 4* pada ketinggian 3 m.

DAFTAR PUSTAKA

- Brahmantara. (2017). Metode foto rentang dekat (Close Range Photogrammetry) dan aerial untuk pendokumentasian tiga dimensi cagar budaya. *Jurnal Konservasi Cagar Budaya*, 11(2), 76–88. <https://doi.org/10.33374/jurnalkonservasicagarbudaya.v11i2.177>
- Emondino, F. R., Pera, M. G. S., Ocerino, E. N., Enna, F. M., & Ex, F. N. (2014). State of the art in high density image matching. *Photogrammetric Record*, 29(June), 144–166. <https://doi.org/10.1111/phor.12063>
- Januar Pantiga, & Soekiman, A. (2021). Kajian implementasi building information modeling (BIM) di dunia konstruksi Indonesia. *Rekayasa Sipil*, 15(2), 104–110. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2021.015.02.4>
- Moyano, J., Nieto-Julián, J. E., Bienvenido-Huertas, D., & Marín-García, D. (2020). Validation of close-range photogrammetry for architectural and archaeological heritage: Analysis of point density and 3D mesh geometry. *Remote Sensing*, 12(21), 1–23. <https://doi.org/10.3390/rs12213571>
- Prastyo, A. B., & Sumiyatun. (2020). Potensi cagar budaya peninggalan masa penjajahan Belanda sebagai sumber belajar sejarah lokal di Kecamatan Bekri Kabupaten Lampung Tengah. *Historia: Jurnal Pendidikan Sejarah*, 6(2), 62–67. <http://eprints.ummetro.ac.id/238/>
- Putra, A. R. (2016). 3D modelling using structure from motion and terrestrial laser scanning (Case study: Singosari Temple, Malang). *Proceedings of the International Conference on Civil Engineering and Sustainable Development*, 2016, 9–10.

Saputra, A., Husni, H. R., Bayzoni, & Siregar, A. M. (2022). Penerapan building information modeling (BIM) pada bangunan gedung menggunakan software Autodesk Revit (Studi kasus: Gedung 5 RSPTN Universitas Lampung). *Journal Rekayasa Sipil dan Desain (JRSDD)*, 10(1), 15–26. <https://journal.eng.unila.ac.id/index.php/jrsdd/article/view/2321>