

PENERAPAN FOTOGRAMETRI JARAK DEKAT UNTUK PEMODELAN 3D DALAM GEDUNG DENGAN MENGGUNAKAN KAMERA *SMARTPHONE*

WULANDARI MAHA REZA¹, SUMARNO², TEDY IMANUEL SELAN³

1. Program Studi Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional – Bandung
2. Program Studi Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional – Bandung
3. Pusat Kajian Kebijakan Geospasial

Email: wulandmr33@gmail.com

ABSTRAK

Tingginya kebutuhan akan data dan teknologi untuk akuisisi data yang mampu merepresentasikan model 3D dalam gedung agar dapat menunjang kebutuhan layanan aplikasi SIG di dalam gedung, maka dibutuhkan alternatif metode atau teknologi yang mampu melakukan akuisisi data dengan lengkap dan akurat. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk akuisisi data 3D dalam gedung adalah fotogrametri jarak dekat. Penggunaan kamera smartphone untuk akuisisi data pemodelan 3D dapat menjadi solusi baru untuk teknologi akuisisi data yang praktis dan berbiaya murah. Pemodelan hasil akuisisi data dapat dilakukan dengan menggunakan algoritma SfM pada perangkat lunak Pix4D Mapper. Hasil penerapan fotogrametri jarak dekat untuk pemodelan 3D dalam gedung dengan menggunakan kamera smartphone yang dilakukan di masjid Nurul Hidayah menunjukkan bahwa data hasil akuisisi mampu merepresentasikan objek dengan bentuk, tekstur, dan detail yang cukup baik, serta memiliki akurasi geometri sebesar 0.160 meter. Hasil pemodelan 3D dengan metode fotogrametri jarak dekat menggunakan kamera smartphone dapat memenuhi standar LoD 4 sesuai dengan akurasi geometri yang dihasilkan dan standar LoD 3 sesuai dengan kelengkapan representasi objek yang dihasilkan.

Kata kunci: Aplikasi SIG, Fotogrametri Jarak Dekat, Kamera Smartphone. Pemodelan 3D Dalam Gedung, SfM.

1. PENDAHULUAN

Seiring dengan semakin berkembangnya aktifitas manusia di dalam gedung, penggunaan aplikasi sistem informasi geografis (SIG) di dalam gedung menjadi sangat populer. Sistem berbasis aplikasi SIG digunakan untuk menyediakan berbagai layanan di dalam gedung seperti navigasi dalam ruang, simulasi virtual atau manajemen fasilitas (Jung dkk., 2016). Untuk dapat menyediakan layanan tersebut, dibutuhkan data atau teknologi yang mampu melakukan akuisisi data yang dapat merepresentasikan model tiga dimensi (3D) dalam gedung dengan detail dan akurasi tinggi. Teknologi pemetaan yang dapat digunakan untuk melakukan akuisisi data 3D dalam gedung seperti *laser scanner* (Bayuaji dkk., 2015), SLAM (Chen dkk., 2018), kamera digital (Dlesk dkk., 2019). Meskipun teknologi akuisisi data 3D dalam gedung yang saat ini

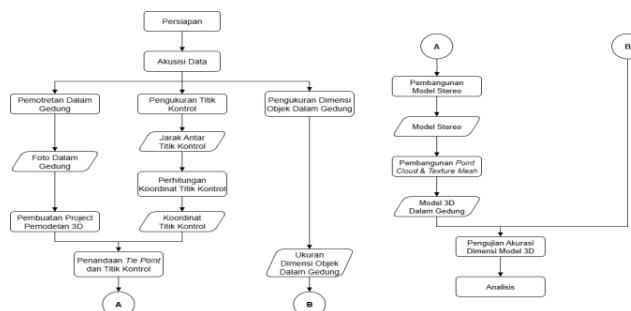
digunakan memberikan akurasi data yang sangat tinggi, tetapi membutuhkan biaya yang sangat mahal, sangat mempertimbangkan keselamatan alat, dan membutuhkan tenaga kerja yang terampil (Pradhan dkk., 2018). Salah satu metode atau teknologi pemetaan yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah di atas adalah metode fotogrametri jarak dekat. Seiring dengan perkembangan teknologi, kamera *smartphone* telah dikembangkan sehingga dapat menghasilkan foto dengan kualitas yang sangat mirip dengan kamera *single-lens reflexes* (SLR) atau sistem kamera fotografi lainnya (Blahnik & Schindelbeck, 2021).

Oleh karena itu, dalam penelitian ini diterapkan metode fotogrametri jarak dekat menggunakan kamera *smartphone* untuk melakukan pemodelan 3D dalam gedung. Penelitian akan dilakukan di dalam gedung masjid Nurul Hidayah, Kelurahan Cisaranten Endah dengan menggunakan kamera dari *smartphone* Samsung A52s. Hasil pemotretan akan digunakan untuk membangun model 3D dalam gedung dengan menggunakan perangkat lunak Pix4D yang mana merupakan salah satu perangkat lunak fotogrametri yang menerapkan algoritma *SfM*. Model yang telah dibangun akan diuji kualitas representasi visual dan geometri sesuai dengan standar *Level of Detail* (LoD) model 3D dalam gedung yang diusulkan oleh Jung (2016). Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi solusi alternatif untuk akuisisi dan pemodelan 3D dalam gedung yang murah dan akurat.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam pelaksanaan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang di akuisisi langsung dari lokasi penelitian. Adapun data yang digunakan dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Penelitian

No.	Data	Sumber
1.	Foto objek dalam gedung	Akuisisi dengan menggunakan kamera <i>smartphone</i>
2.	Pengukuran jarak	Dengan menggunakan distometer
3.	Pengukuran dimensi objek	Dengan menggunakan distometer

2.3 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Masjid Nurul Hidayah yang berlokasi di Jalan Dirgantara No.1, Kelurahan Cisaranten Endah, Kecamatan Arcamanik, Kota Bandung. Lokasi penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sketsa dan Tampak Depan Gedung Masjid Nurul Hidayah

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Perhitungan

Hasil perhitungan koordinat setiap titik kontrol dengan metode trilaterasi dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Perhitungan Titik Kontrol

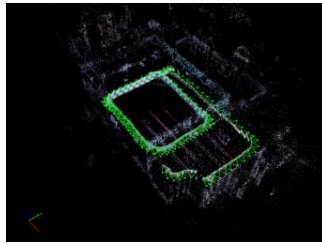
Titik	Koordinat		
	X (m)	Y (m)	Z (m)
RP-01	100.000	100.000	100.000
RP-02	109.187	100.000	100.000
RP-03	100.000	96.859	100.000
RP-04	109.191	96.874	99.954
RP-05	100.000	100.000	99.907
CP-01	106.080	92.993	100.949
CP-02	111.661	94.606	100.046
CP-03	109.245	99.931	102.573
CP-04	99.980	96.864	102.302
CP-05	113.029	96.858	102.259

Tabel 2 menampilkan informasi koordinat 3D dari titik referensi (RP) dan titik kontrol (CP) dengan RP-01 sebagai titik *origin* yang koordinatnya ditetapkan dengan koordinat lokal. RP-02, RP-03, RP-05 merupakan titik referensi yang posisinya segaris dan sejajar dengan sumbu X, Y, Z dari titik *origin* dan didapatkan melalui hasil pengukuran jarak. Sedangkan, RP-04 dan CP-01 sampai dengan CP-05 didapatkan melalui pengukuran trilaterasi. Semua titik selain RP-05 akan digunakan sebagai titik kontrol dalam proses pembangunan model 3D dalam gedung.

3.2 Hasil Pemodelan 3D Dalam Gedung

3.2.1 Hasil Pembentukan Model Stereo

Hasil pembentukan model stereo pada 160 foto dalam gedung dengan menggunakan perangkat lunak Pix4D Mapper menghasilkan 720.820 *keypoints* yang di ekstraksi secara otomatis dengan 302.107 *tie point* yang digunakan setelah optimasi. Visualisasi hasil pembentukan model stereo seperti yang ditampilkan pada Gambar 3.

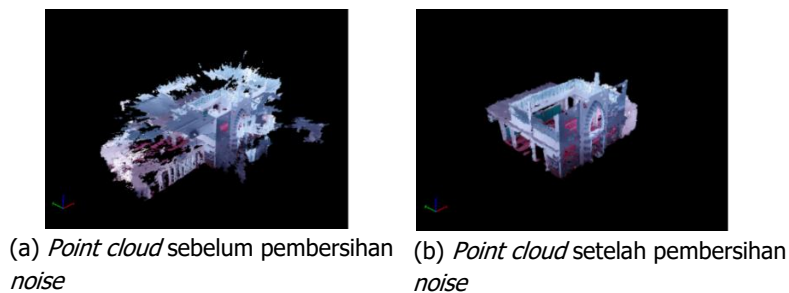


Gambar 3 Hasil Pembentukan Model Stereo

Hasil perhitungan akurasi geometri model 3D dalam gedung ditunjukkan pada Tabel 3 dengan Hasil perhitungan akurasi model 3D menunjukkan bahwa nilai *RMS Error* rata-rata yang didapatkan adalah sebesar 0.064 meter.

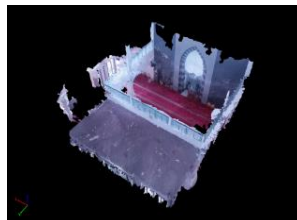
3.2.1 Hasil Pembentukan *Point Cloud* dan *Textured Mesh*

Sesuai dengan parameter yang telah diterapkan dalam pembentukan *point cloud* pada perangkat lunak Pix4D, diperoleh *point cloud* sebanyak 12.924.621 titik dengan kerapatan sebesar 114.465 titik per m³. *Point cloud* yang tersisa setelah proses pembersihan berjumlah 10.002.600 titik. Visualisasi sebaran data point cloud sebelum dan setelah pembersihan *noise* dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Pembersihan Noise Pada Point Cloud

Berdasarkan hasil pembersihan *point cloud*, *textured mesh* dibentuk untuk mendapatkan representasi model 3D yang lebih realistis dan detail. Berdasarkan data *point cloud* dan parameter yang diterapkan dalam perangkat lunak Pix4D Mapper didapatkan *mesh* dengan jumlah jaring segitiga yang terbentuk sebanyak 999.999 jaring. Visualisasi hasil pembentukan *textured mesh* dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Hasil Textured Mesh Dalam Gedung

3.2.2 Analisis Geometri Model 3D

Ketelitian geometri dari model 3D dalam gedung dilakukan dengan membandingkan dimensi dari objek yang terbentuk pada model dengan dimensi objek sebenarnya. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa nilai *RMS Error* dari model yang dihasilkan adalah sebesar 0.160 meter. Mengacu pada usulan standar representasi geometrik model LoD dalam gedung pada CityGML yang diusulkan oleh Jung (2016), akurasi yang dihasilkan oleh model 3D ini memenuhi standar LoD 4 dengan akurasi representasi geometrik minimal 0.2 meter.

3.2.3 Analisis Visual Model 3D

Visual hasil pemodelan 3D dalam gedung dilakukan untuk menilai sejauh mana model 3D yang dihasilkan dapat merepresentasikan objek-objek dalam gedung dengan tingkat detail yang sesuai dengan kondisi nyata.



Gambar 6 Model yang Terbentuk Dengan Baik

Gambar (a) merupakan hasil pemodelan 3D dari gambar (b). Hasil tersebut menunjukkan bahwa model 3D mampu merepresentasikan bentuk, tekstur, dan detail objek yang relatif sama dengan kenyataan.



Gambar 7 Model Yang Terbentuk Kurang Baik

Gambar (a) merupakan hasil pemodelan 3D dari gambar (b). Kegagalan yang terjadi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 8 dapat diakibatkan karena cahaya. Cahaya adalah salah satu faktor terpenting dalam rekonstruksi 3D dari gambar karena dapat mempengaruhi visual model 3D (Rangelov dkk., 2025). Selain itu, resolusi kamera yang digunakan dalam akuisisi data fotogrametri mempengaruhi densitas dan akurasi dari data *point cloud* yang dibangun, semakin tinggi resolusi kamera yang digunakan maka semakin banyak dan akurat *point cloud* yang dihasilkan.



Gambar 8 Hasil Rekonstruksi Objek Yang Tidak Sempurna

Gambar (a) merupakan hasil pemodelan 3D dari gambar (b). Pembentukan model 3D objek yang tidak sempurna juga yang diakibatkan oleh jarak kamera yang terlalu dekat dengan objek pada saat pemotretan.

Jika menilai secara keseluruhan bentuk, tekstur, dan detail dari hasil pemodelan 3D dalam gedung memenuhi standar LoD 3 karena mampu merepresentasikan bentuk objek dalam ruangan dengan cukup baik, tetapi detail dan tekstur yang dihasilkan masih belum sesuai dengan realita. Model hanya berhasil membentuk objek dengan detail dan tekstur yang sederhana seperti tembok, lemari, dan sejenisnya.

4. KESIMPULAN

Fotogrametri jarak dekat dengan menggunakan kamera dapat menjadi solusi untuk digunakan dalam pemetaan dan pemodelan 3D dalam gedung karena mampu menghasilkan *point cloud* dan *textured mesh* dengan akurasi model yang ditunjukkan dengan nilai RMS *Error* sebesar 0.064 meter. Pengujian akurasi geometri model 3D menunjukkan bahwa nilai RMS *Error* untuk dimensi objek adalah 0.160 meter yang menunjukkan bahwa model 3D yang dihasilkan memenuhi standar LoD 4 untuk model 3D dalam gedung yang diusulkan dalam standar CityGML. Analisis kualitas representasi visual objek menunjukkan bahwa hasil pemodelan 3D dalam gedung mampu merepresentasikan objek dengan bentuk, tekstur, dan detail yang cukup baik dan memenuhi standar LoD 3 untuk representasi objek model 3D dalam gedung sesuai yang diusulkan dalam standar CityGML. Penerapan fotogrametri jarak dekat dengan menggunakan kamera *smartphone* untuk pemodelan 3D dalam gedung masih mengalami kegagalan dalam merepresentasikan objek secara lengkap karena kekurangan foto pada beberapa bagian bangunan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada Pusat Kajian Kebijakan Geospasial yang telah memberikan dukungan terhadap penelitian yang dilakukan.

DAFTAR RUJUKAN

- Bayuaji, A. R., Suprayogi, A., & Sasmito, B. (2015). Aplikasi Fotogrametri Jarak Dekat Untuk Pemodelan 3D Greja Bleduk Semarang. *Jurnal Geodesi Undip*, 4(2).
- Blahnik, V., & Schindelbeck, O. (2021). *Smartphone imaging technology and its applications*. 10(3), 145–232. <https://doi.org/doi:10.1515/aot-2021-0023>
- Chen, Y., Tang, J., Jiang, C., Zhu, L., Lehtomäki, M., Kaartinen, H., Kaijaluoto, R., Wang, Y., Hyypä, J., Hyypä, H., Zhou, H., Pei, L., & Chen, R. (2018). *The Accuracy Comparison of*

- Three Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)-based Indoor Mapping Technologies. Sensors (Switzerland), 18(10).* <https://doi.org/10.3390/s18103228>
- Dlesk, A., Vach, K., & Holubec, P. (2019). *Analysis of Possibilities of Low-Cost Photogrammetry for Interior mapping. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, 42(5/W3), 27–31.* <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-5-W3-27-2019>
- Jung, H.-J., Kang, H., & Lee, J. (2016, Mei 2). *The Concepts of Level of Detail in 3D Indoor Models. FIG Working Week.*
- Pradhan, S., Baig, G., Mao, W., Qiu, L., Chen, G., & Yang, B. (2018). *Smartphone-Based Acoustic Indoor Space Mapping. Proceedings of the ACM on Interactive, Mobile, Wearable and Ubiquitous Technologies, 2(2), 1–26.* <https://doi.org/10.1145/3214278>
- Rangelov, D., Waanders, S., Waanders, K., Keulen, M. van, & Miltchev, R. (2025). *3D Reconstruction Techniques and the Impact of Lighting Conditions on Reconstruction Quality: A Comprehensive Review.* <https://doi.org/10.20944/preprints202504.0129.v1>