

PEMODELAN 3D *CADASTRE* MENGGUNAKAN FOTO UDARA DRONE BERBASIS *POINT CLOUD* DAN *nDSM* (Studi Kasus: Kelurahan Sukapura, Kota Cirebon)

RYVALDHI DZACKY ANDYTI SUDRAJAT¹, SONI DARMAWAN²

1. Institut Teknologi Nasional Bandung¹

2. Institut Teknologi Nasional Bandung²

Email: ryvaldhi.dzacky@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Sistem administrasi pertanahan di Indonesia masih berbasis dua dimensi (2D) yang belum mampu menggambarkan kepemilikan secara vertikal, sehingga pengembangan sistem 3D cadastre menjadi kebutuhan penting. Penelitian ini bertujuan membangun model 3D bangunan berbasis point cloud dan normalized Digital Surface Model (nDSM) dari foto udara drone serta mengevaluasi ketelitiannya. Data diperoleh dari drone tipe fixed-wing di Kelurahan Sukapura, Kota Cirebon, kemudian diolah menggunakan Agisoft Metashape dan ArcGIS Pro. Pemodelan berbasis point cloud dilakukan dengan tool LAS Building Multipatch, sedangkan nDSM diperoleh dari selisih DSM dan DTM yang diekstrusi berdasarkan footprint bangunan. Uji akurasi dilakukan dengan membandingkan tinggi model terhadap hasil pengukuran lapangan menggunakan total station, dianalisis dengan Root Mean Square Error (RMSE). Hasil penelitian menunjukkan RMSE point cloud sebesar 1,403 m dan nDSM sebesar 1,429 m. Point cloud memenuhi LOD 2, sedangkan nDSM lebih sesuai pada LOD 1.

Kata Kunci: 3D Cadastre, Point Cloud, nDSM, foto udara drone, RMSE

1. PENDAHULUAN

Administrasi pertanahan memiliki peran penting dalam pengelolaan sumber daya lahan dan kepastian hukum bagi pemilik tanah. Sistem ini digunakan untuk mencatat kepemilikan, mengatur penggunaan tanah, serta mengurangi potensi konflik pertanahan (Heliani dkk., 2013). Namun, sistem yang digunakan saat ini masih berbasis 2D cadastre, yang hanya merepresentasikan informasi kepemilikan dalam bentuk peta datar. Pendekatan ini memiliki keterbatasan dalam mencatat informasi vertikal, terutama di wilayah dengan bangunan bertingkat dan infrastruktur bawah tanah, sehingga rentan terhadap tumpang tindih kepemilikan lahan. Selain itu, sistem proyeksi yang digunakan dalam peta kepemilikan tanah dan perpajakan masih belum seragam antarinstansi, yang semakin memperumit pengelolaan administrasi pertanahan (Suhari dkk., 2020).

Sebagai sistem yang lebih maju, 3D cadastre memungkinkan pencatatan kepemilikan tidak hanya dalam dimensi horizontal tetapi juga vertikal, sehingga lebih sesuai dengan kebutuhan pengelolaan ruang perkotaan yang kompleks (Heliani dkk., 2013). Dengan adanya sistem ini, pendaftaran tanah tidak hanya mencatat hak kepemilikan secara lebih akurat, tetapi juga membantu dalam pengelolaan tata ruang dan pemanfaatan lahan secara lebih efektif, terutama

pada kawasan perkotaan yang semakin padat. Oleh karena itu, penerapan 3D cadastre di Indonesia merupakan suatu kebutuhan yang mendesak, agar sistem administrasi pertanahan lebih modern dan adaptif terhadap perkembangan tata ruang (Suhari dkk., 2020).

Teknologi pemetaan berbasis *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) berperan penting dalam mendukung implementasi 3D cadastre karena memiliki berbagai keunggulan dibandingkan metode pemetaan konvensional. UAV memungkinkan akuisisi data geospasial dengan resolusi tinggi dalam bentuk *point cloud*, *digital surface model* (DSM), *digital terrain model* (DTM), dan ortofoto, yang dapat digunakan untuk membangun model tiga dimensi secara lebih akurat (Rachma dkk., 2018). Dibandingkan dengan teknologi LiDAR yang memiliki biaya operasional tinggi, UAV menawarkan solusi yang lebih fleksibel dan ekonomis (Wallace dkk., 2016).

Dalam konteks pemodelan 3D cadastre, penggunaan data elevasi seperti DSM, DTM, dan *normalized Digital Surface Model* (nDSM) sangat penting untuk menghasilkan representasi yang akurat dari permukaan bumi dan objek di atasnya (Koçan, 2021). *Normalized DSM* sangat berguna untuk menentukan tinggi relatif objek, terutama bangunan, dengan menghitung selisih antara DSM dan DTM (Firdaus, 2020). Perkembangan perangkat lunak pemetaan seperti Agisoft Metashape dan ArcGIS Pro semakin mendukung otomatisasi dalam pemodelan 3D cadastre, yang memungkinkan ekstraksi footprint bangunan menjadi model tiga dimensi (Borisov dkk., 2022).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan membangun dua model 3D bangunan berbasis *point cloud* dan nDSM dari data foto udara drone serta mengevaluasi tingkat ketelitiannya dengan pengukuran lapangan. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan gambaran mengenai pendekatan yang paling sesuai dalam mendukung pengembangan sistem 3D *cadastre* di Indonesia.

2. METODOLOGI

2.1 Data

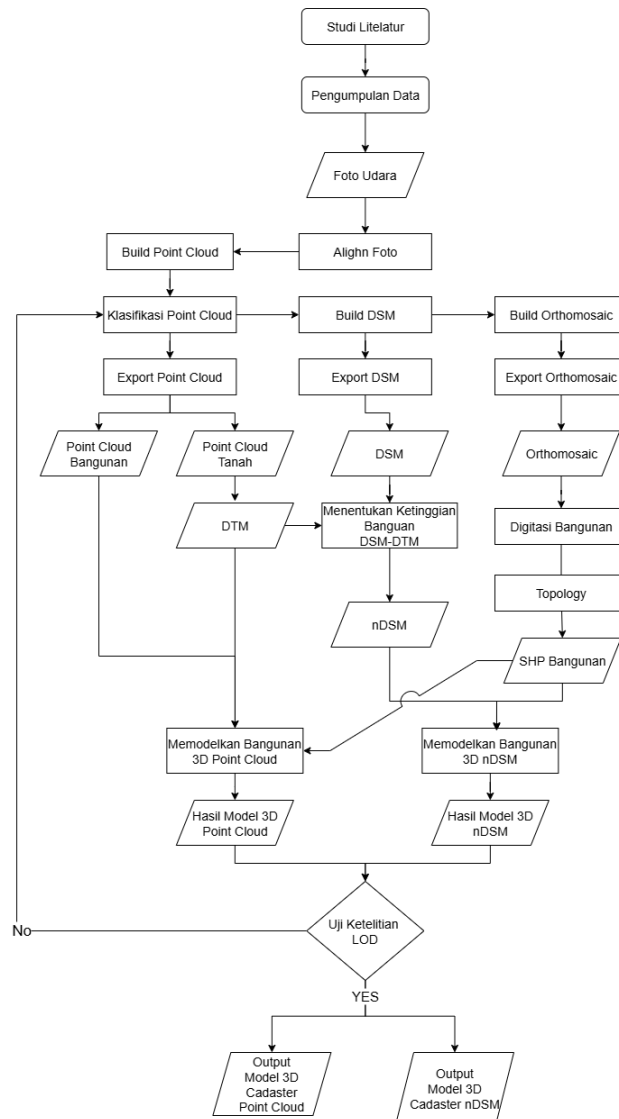
Data penelitian berupa 2.670 foto udara hasil akuisisi drone fixed-wing SKYDRONE 160 UAV VTOL, serta 10 titik sampel tinggi bangunan hasil pengukuran total station di Kelurahan Sukapura, Kota Cirebon. Data foto udara diolah dengan Agisoft Metashape, sedangkan pemodelan 3D dilakukan di ArcGIS Pro.

2.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian diawali dengan pengumpulan data berupa foto udara hasil pemotretan dari drone UAV fixed-wing SKYDRONE 160 VTOL, serta data tinggi bangunan hasil pengukuran total station. Foto udara kemudian diproses di Agisoft Metashape melalui tahapan *align photos*, pembentukan *point cloud*, klasifikasi titik, pembuatan DSM, DTM, serta orthomosaic yang digunakan sebagai dasar pemodelan 3D.

Tahap berikutnya adalah pembuatan *footprint* bangunan melalui digitasi pada orthomosaic. *Footprint* yang diperoleh dicek kembali melalui validasi topologi agar tidak terjadi celah atau tumpang tindih poligon. Pemodelan dilakukan dengan dua pendekatan, yaitu berbasis *point cloud* menggunakan tool LAS Building Multipatch di ArcGIS Pro serta berbasis nDSM yang diperoleh dari selisih DSM–DTM untuk ekstrusi bangunan. Dengan dua pendekatan ini diperoleh perbandingan model 3D yang berbeda dari sisi bentuk dan ketelitian.

Tahap akhir adalah evaluasi akurasi model. Tinggi bangunan hasil pemodelan dibandingkan dengan data lapangan, kemudian dianalisis menggunakan metode *Root Mean Square Error* (RMSE). Nilai RMSE yang diperoleh dijadikan acuan penilaian ketelitian, sekaligus menentukan kesesuaian model terhadap standar *Level of Detail* (LOD) CityGML.



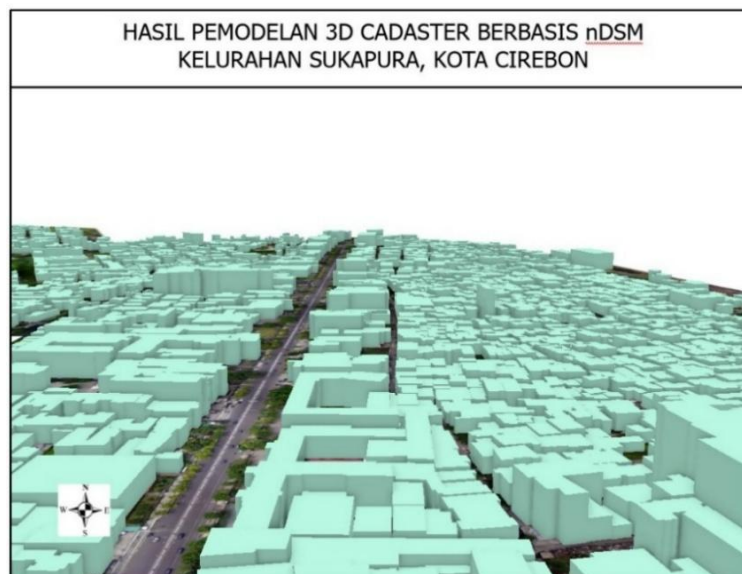
Gambar 1. Diagram Alir

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pemodelan 3D berbasis *point cloud* ditunjukkan pada Gambar 2. Model multipatch yang dihasilkan mampu merepresentasikan bangunan dengan detail cukup baik, terutama pada bagian atap yang terlihat jelas bentuknya. Variasi ketinggian antar bangunan juga dapat teridentifikasi, sehingga memberikan gambaran visual yang lebih realistis dibandingkan metode lainnya. Kelebihan utama model *point cloud* adalah tingkat detail yang tinggi, yang membuatnya sesuai untuk kebutuhan sistem 3D *cadastre*.



Gambar 2. Hasil model 3D berbasis *Point Cloud*



Gambar 3. Hasil model 3D berbasis nDSM

Sementara itu, hasil pemodelan berbasis nDSM ditunjukkan pada Gambar 3. Bangunan yang dihasilkan melalui metode ekstrusi nDSM tampak lebih sederhana, hanya berupa bentuk blok dengan tinggi yang disesuaikan dari hasil perhitungan DSM–DTM. Kelebihan pendekatan ini adalah prosesnya lebih cepat dan sederhana, tetapi keterbatasannya adalah pada visualisasi yang tidak seakurat model *point cloud*.

Evaluasi akurasi model dilakukan dengan mengacu pada kriteria *Level of Detail* (LOD) CityGML seperti pada Tabel 1. Acuan ini digunakan karena CityGML merupakan standar internasional yang banyak dipakai dalam pemodelan 3D, sehingga memberikan batasan yang jelas mengenai tingkat detail geometri bangunan dan toleransi ketelitian tinggi

Tabel 1. Kriteria LOD CityGML dan Akurasi Tinggi

Kriteria LOD	Deskripsi Model	Toleransi Ketinggian
LOD 1	Blok bangunan polos tanpa detail atap	< 5 m
LOD 2	Bangunan dengan atap	≤ 2 m
LOD 3	Bangunan detail penuh	$\leq 0,5$ m
LOD 4	Bangunan dengan interior	$\leq 0,2$ m

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa model *point cloud* memiliki nilai RMSE sebesar 1,403 m (Tabel 2). Nilai ini berada dalam ambang toleransi LOD 2, sehingga model dapat dikategorikan pada LOD 2 CityGML. Selain memenuhi ketelitian ketinggian, model *point cloud* juga mampu menampilkan bentuk atap dengan lebih rinci sehingga memberikan representasi yang lebih realistis.

Tabel 2. Hitungan RMSE *Point Cloud*

Nama	Tinggi Bangunan	Tinggi Model	ΔZ	ΔZ^2
S1	11,446	13,492	-2,046	4,187
S2	9,411	7,295	2,116	4,477
S3	7,052	5,579	1,473	2,171
S4	10,151	7,936	2,215	4,906
S5	7,985	6,938	1,047	1,096
GD	10,320	9,732	0,588	0,345
PS	4,746	4,787	-0,041	0,002
R1	6,199	6,241	-0,042	0,002
R2	6,310	7,500	-1,190	1,417
R3	7,852	8,892	-1,040	1,081
			RMSE	1,403

Sementara itu, model nDSM menghasilkan nilai RMSE sebesar 1,429 m (Tabel 3). Nilai tersebut juga masih memenuhi kriteria akurasi LOD 2. Namun, secara bentuk geometri, hasil visualisasi nDSM cenderung menyerupai blok sederhana tanpa detail atap. Oleh karena itu, meskipun secara numerik dapat dimasukkan ke dalam LOD 2, dari sisi representasi bentuk model ini lebih mendekati LOD 1.

Tabel 3. Hitungan RMSE nDSM

Nama	Tinggi Bangunan	Tinggi Model	ΔZ	ΔZ^2
S1	11,446	13,872	-2,426	5,886
S2	9,411	7,922	1,489	2,217
S3	7,052	5,817	1,235	1,525
S4	10,151	7,746	2,405	5,782
S5	7,985	6,703	1,282	1,643
GD	10,320	9,482	0,838	0,702
PS	4,746	4,718	0,029	0,001
R1	6,199	6,875	-0,676	0,457
R2	6,310	7,673	-1,364	1,860
R3	7,852	8,440	-0,588	0,346
			RMSE	1,429

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, pemodelan 3D *cadastre* dari foto udara drone dapat dilakukan dengan dua pendekatan utama, yaitu berbasis *point cloud* dan nDSM. Model *point cloud* yang dihasilkan melalui tool LAS Building Multipatch pada ArcGIS Pro menunjukkan nilai RMSE sebesar 1,403 m dengan visualisasi bangunan yang lebih detail, termasuk bentuk atap. Hasil ini menempatkan model *point cloud* pada klasifikasi LOD 2 CityGML karena mampu merepresentasikan geometri bangunan. Sebaliknya, model berbasis nDSM menghasilkan nilai RMSE sebesar 1,429 m dengan bentuk bangunan berupa blok sederhana tanpa detail atap, sehingga lebih tepat dikategorikan sebagai LOD 1 meskipun akurasinya masih berada dalam toleransi LOD 2.

Perbandingan kedua metode menunjukkan bahwa *point cloud* lebih unggul dalam hal detail geometri, sehingga direkomendasikan untuk kebutuhan sistem pertanahan. Sementara itu, pendekatan nDSM lebih praktis dan efisien untuk pemetaan cepat, meskipun detail bangunan tidak tergambarkan dengan baik. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa foto udara drone dapat menjadi sumber data yang efektif, fleksibel, dan relatif terjangkau dalam mendukung pengembangan sistem 3D *cadastre* di Indonesia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Inovamap yang telah melakukan pengambilan data foto udara dengan drone di lokasi penelitian. Data yang diperoleh tersebut sangat bermanfaat dalam mendukung proses penyusunan penelitian ini hingga dapat terselesaikan dengan baik.

DAFTAR RUJUKAN

- Borisov, M., Radulović, V., Ilić, Z., Petrović, V. M., & Rakićević, N. (2022). An automated process of creating 3D city model for monitoring urban infrastructures. *Journal of Geographical Research*, 5(2), 1–10.
- Firdaus, Z. M. (2020). Pemodelan kota tiga dimensi menggunakan data LiDAR dan foto udara dengan metode semi-otomatis. *Jurnal Geomatika dan Geospasial*, 6(2), 45–56.
- Heliani, L. S., Putriningtias, M. E., & Widjajanti, N. (2013). Sistem tinggi dalam realisasi kadaster 3D di Indonesia: Tantangan, permasalahan dan alternatif solusi. *Bhumi*, 38(12), 243–252.
- Koçan, Y. (2021). *Digital terrain model extraction from high-resolution point clouds by using a multi-resolution planarity-based approach* (Master's thesis). Middle East Technical University.
- Rachma, Y. S., Prasetyo, Y., & Yuwono, B. D. (2018). Analisis akurasi ketelitian vertikal menggunakan foto udara hasil pemotretan pesawat tanpa awak 44 Institut Teknologi Nasional untuk pembentukan digital terrain model (DTM). *Jurnal Geodesi Undip*, 7(4), 244–254.
- Suhari, K. T., Leksono, B. E., Meilano, I., Gunawan, P. H., & Saputra, N. R. M. (2020). Implementation of 4D cadastre concept for land dispute potential and solution of post natural disaster in Palu, Indonesia. In *FIG Working Week 2020: Smart Surveyors for Land and Water Management*.
- Wallace, L., Lucieer, A., Malenovsky, Z., Turner, D., & Vopěnka, P. (2016). Assessment of Forest Structure Using Two UAV Techniques: A Comparison of Airborne Laser Scanning and Structure from Motion (SfM) Point Clouds. *Forests*, 7(62).