

**EVALUASI PEMANFAATAN GEOAI UNTUK PEMODELAN
TIGA DIMENSI BANGUNAN PADA WILAYAH
PERKOTAAN DAN PERDESAAN**

SKRIPSI

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat Memperoleh Sebutan Sarjana Terapan
di Bidang Pertanahan pada Program Studi Diploma IV Pertanahan



Disusun oleh:

NAUFAL SULISTYANTO

NIT. 22314072

**KEMENTERIAN AGRARIA DAN TATA RUANG/
BADAN PERTANAHAN NASIONAL
POLITEKNIK AGRARIA STPN**

2026

ABSTRACT

The utilization of GeoAI for three-dimensional building modeling represents a technological breakthrough with significant potential to accelerate the provision of land geospatial data. However, in practice, there is a gap between the application of GeoAI technology and the accuracy achieved in 3D building modeling, influenced by differences in spatial characteristics between urban and rural areas, as mandated in the Terms of Reference for Aerial Photography and LiDAR Mapping to enhance 3D baseline data in 2024. This study aims to examine the process of 3D building modeling using GeoAI in both urban and rural areas, and to evaluate the dimensional accuracy of the resulting 3D models against the land base map.

This research employs a mixed-methods approach with a sequential exploratory design. The qualitative phase examines the 3D building modeling process utilizing GeoAI, analyzed using the Miles and Huberman model. The quantitative phase involves dimensional accuracy testing of the 3D models, with data analysis techniques including completeness testing, geometric accuracy testing, and validity testing on a sample of building distributions across two areas: the urban area of Gondang Village, Gondang Sub-district, and the rural area of Toyogo Village, Sambungmacan Sub-district, in Sragen Regency.

The findings reveal that the 3D building modeling process using GeoAI consists of building footprint extraction (LoD 0), building height identification, and extrusion of the building footprint against the height data. The quantitative results, validated against the 2024 Terms of Reference for Aerial Photography and LiDAR Mapping, show the following: the completeness test for the 3D model in the urban area was 94.62%, while in the rural area it was 89.33%; the geometric accuracy test (RMSE) was 0.116 meters for the urban area and 6.549 meters for the rural area; and the validity test of dimensions, for all sampled building points in both areas, showed p-values above the 0.05 significance level.

In conclusion, the utilization of GeoAI is effective and efficient for large-area 3D building modeling in both regions, with no statistically significant difference between the dimensions measured in the field and those represented by the 3D models produced using GeoAI technology. Recommendations include refining and repositioning building footprints to match actual ground positions, using supplementary LiDAR data in rural areas, conducting direct field measurements on buildings obscured by vegetation, and comparing SAM performance with other algorithms such as Mask R-CNN or YOLO.

Keywords: *GeoAI, 3D Building Modeling, Urban Areas, Rural Areas*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
MOTTO	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	v
<i>ABSTRACT</i>.....	vii
INTISARI.....	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Perumusan Masalah.....	6
C. Tujuan dan Kegunaan Penelitian	6
1. Tujuan Penelitian	6
2. Kegunaan Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	8
A. Kajian Literatur.....	8
B. Kajian Teori	28
1. Model Tiga Dimensi (3D).....	28
2. <i>Level of Detail</i> (LoD)	30
C. Kerangka Teoritis.....	34
1. Fotogrametri	34
2. Tapak Bangunan (<i>Building Footprint</i>)	39
3. GeoAI (<i>Geospatial Artificial Intelligence</i>).....	41

4.	Peta Dasar Pertanahan	49
5.	Wilayah Perkotaan dan Perdesaan.....	51
6.	Uji Akurasi.....	53
D.	Kerangka Pemikiran	55
E.	Hipotesis	57
BAB III METODE PENELITIAN.....		58
A.	Format Penelitian.....	58
B.	Lokasi Penelitian	59
C.	Fase Kualitatif	61
1.	Objek Penelitian	61
2.	Definisi Konseptual	62
3.	Tahap Penelitian	64
4.	Jenis Data, Sumber Data, dan Teknik Pengumpulan Data	66
5.	Teknis Analisis Data	66
D.	Fase Kuantitatif	68
1.	Populasi, Sampel, dan Teknik Pengambilan Sampel.....	68
2.	Variabel Penelitian.....	70
3.	Definisi Operasional.....	71
4.	Jenis dan Sumber Data	72
5.	Teknik Pengumpulan Data.....	74
6.	Analisis Data	74
E.	Tahapan Pelaksanaan	78
1.	<i>Filtering Point Cloud</i>	78
2.	Pembuatan Data DTM dan DSM.....	80
3.	Pembuatan Data OHM/nDSM.....	82
4.	Segmentasi Tapak Bangunan.....	85
5.	Pembuatan Model 3D Bangunan.....	87
6.	Pengukuran Uji Akurasi Geometri	89

7. Uji Akurasi Model 3D	94
BAB IV GAMBARAN UMUM WILAYAH PENELITIAN	106
A. Gambaran Umum	106
1. Desa Gondang	106
2. Desa Toyogo	107
B. Batas Wilayah Administrasi.....	108
1. Desa Gondang	108
2. Desa Toyogo	109
C. Klasifikasi Kewilayahan.....	110
D. <i>Area of Interest</i> (AoI) Penelitian	112
1. <i>Area of Interest</i> (AoI) Desa Gondang.....	114
2. <i>Area of Interest</i> (AoI) Desa Toyogo	119
E. Karakteristik Bangunan	123
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN	126
A. Hasil Penelitian Kualitatif	126
1. Ekstraksi <i>footprint</i> bangunan (LoD 0).....	127
2. Identifikasi Tinggi Bangunan	129
3. <i>Extrude</i> dan <i>Footprint</i> Bangunan terhadap Tinggi Bangunan.....	131
B. Hasil Penelitian Kuantitatif	134
1. Hasil Segmentasi Tapak Bangunan	134
2. Hasil Model 3 Dimensi Bangunan	135
3. Hasil Uji Akurasi Geometri 3 Dimensi	137
4. Hasil Uji Validitas Ukuran.....	140
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	142
A. Kesimpulan.....	142
B. Saran	143
DAFTAR PUSTAKA	145
LAMPIRAN	148

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Visualisasi 3D Sederhana pada Digital Twin	30
Gambar 2. 2	Ilustrasi Bentuk LoD Building	31
Gambar 2. 3	Bentuk Pemodelan 3D LoD 1	34
Gambar 2. 4	Fotogrametri	34
Gambar 2. 5	Alur Fotogrametri	36
Gambar 2. 6	Kenampakan Bangunan di Kawasan Solo Baru	39
Gambar 2. 7	Konsep GeoAI	43
Gambar 2. 8	Alur Analisis Model 3 Dimensi	54
Gambar 2. 9	Diagram Kerangka Pemikiran	56
Gambar 3. 1	Peta Lokasi Penelitian Desa Gondang	60
Gambar 3. 2	Peta Lokasi Penelitian Desa Toyogo	61
Gambar 3. 3	Cloth Simulation Filtering (CSF)	79
Gambar 3. 4	Gambaran Umum Algoritma Simulasi Kain	80
Gambar 3. 5	Build DEM	82
Gambar 3. 6	Data DSM dan DTM a) DSM b)DTM	83
Gambar 3. 7	Raster Analysis-Raster Calculator	84
Gambar 3. 8	Segmentasi Tapak Bangunan a) Orthophoto b) Hasil Segmentasi oleh Segment Anything Model (SAM)	86
Gambar 3. 9	Hasil Join and Relate data tapak bangunan dengan z_DTM dan z_nDSM .	88
Gambar 3. 10	Model 3D Bangunan (LoD1)	88
Gambar 3. 11	Cara Kerja REM Topcon	90
Gambar 3. 12	Cara Kerja MLM Topcon	91
Gambar 4. 1	Batas Administrasi Desa Gondang	106
Gambar 4. 2	Batas Administrasi Desa Toyogo	108
Gambar 4. 3	Peta Area of Interest (AoI) Desa Gondang	113
Gambar 4. 4	Peta Area of Interest (AoI) Desa Toyogo	118
Gambar 5. 1	Tapak Bangunan (LoD0)	129
Gambar 5. 2	Tinggi Bangunan (OHM / nDSM)	130
Gambar 5. 3	Pemodelan 3D Bangunan LoD1	131
Gambar 5. 4	Hasil Model 3D Bangunan	137

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Penelitian (Tahun Penelitian), Metode Penelitian, Judul, Hasil Penelitian.....	10
Tabel 2. 2 Perbedaan Wilayah Perkotaan dan Wilayah Perdesaan	52
Tabel 3. 1 Sebaran Populasi Bangunan Berdasarkan Strata dan Area of Interest (AoI)	69
Tabel 3. 2 Hasil Pengukuran Uji Akurasi Geometri Desa Gondang	91
Tabel 3. 3 Hasil Pengukuran Uji Akurasi Geometri Desa Toyogo	92
Tabel 3. 4 Perhitungan Matriks Konfusi Desa Gondang	96
Tabel 3. 5 Perhitungan Matriks Konfusi Desa Toyogo	96
Tabel 3. 6 Hasil perhitungan uji akurasi perbandingan model 3 Dimensi terhadap objek di Desa Gondang	99
Tabel 3. 7 Hasil perhitungan uji akurasi perbandingan model 3 Dimensi terhadap objek di Desa Toyogo	101
Tabel 4. 1 Batas Administrasi Desa Gondang.....	109
Tabel 4. 2 Batas Administrasi Desa Toyogo	110
Tabel 4. 3 Indikator Penetapan Wilayah	111
Tabel 4. 4 Indikator Penetapan Perkotaan dan Perdesaan.....	112
Tabel 4. 5 Sebaran AoI Penelitian Desa Gondang	116
Tabel 4. 6 Sebaran AoI Penelitian Desa Toyogo.....	121
Tabel 4. 7 Perbedaan Karakteristik Bangunan Desa Gondang dan Desa Toyogo	123

LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar Klasifikasi Desa Perkotaan / Perdesaan Tahun 2020	148
Lampiran 2. Lampiran PERDA Kab. Sragen Nomor 6 Tahun 2021	149
Lampiran 3. Matriks Uji Konfusi	150
Lampiran 4. Uji Akurasi Geometri Model 3D	151
Lampiran 5. Proses Pemodelan Tiga Dimensi Bangunan.....	152
Lampiran 6. Uji Kelengkapan Model 3D Desa Gondang.....	184
Lampiran 7. Uji Kelengkapan Model 3D Desa Toyogo	212
Lampiran 8. Hasil Perubahan GeoAI dari objek foto menjadi model 3 Dimensi pada Desa Gondang	226
Lampiran 9. Hasil Perubahan GeoAI dari objek foto menjadi model 3 Dimensi pada Desa Toyogo	234
Lampiran 10. Hasil Ukuran Bangunan di Lapangan di Desa Gondang dan Desa Toyogo	242
Lampiran 11. Hasil Model 3D Bangunan	250
Lampiran 12. Eliminasi data pada hasil perhitungan uji akurasi perbandingan model 3 Dimensi terhadap objek di Desa Toyogo	256
Lampiran 13. Perhitungan akhir proses eliminasi data pada hasil perhitungan uji akurasi perbandingan model 3 Dimensi terhadap objek di Desa Toyogo	260
Lampiran 14. Hasil perhitungan validitas model 3 Dimensi pada Desa Gondang	262
Lampiran 15. Hasil perhitungan validitas model 3 Dimensi pada Desa Toyogo.....	266
Lampiran 16. Surat Permohonan Izin Penelitian dan Pengambilan Data.....	270
Lampiran 17. Surat Balasan Permohonan Izin Penelitian dan Pengambilan Data	271

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Keakuratan model tiga dimensi bangunan dipengaruhi oleh letak bangunan pada dua klasifikasi wilayah yaitu wilayah perkotaan dan perdesaan. Wilayah perkotaan dan perdesaan memiliki karakteristik spasial yang berbeda. Wilayah perkotaan dicirikan oleh kepadatan bangunan yang tinggi, bentuk bangunan yang kompleks dan berdekatan, serta dinamika perubahan penggunaan lahan yang cepat. Kondisi tersebut tentunya dapat menimbulkan tantangan dalam pemodelan tiga dimensi bangunan yang disebabkan karena adanya tumpang tindih (*overlap*) antara bangunan dan heterogenitas struktur bangunan yang dapat menurunkan akurasi dari hasil pemodelan tiga dimensi bangunan tersebut (Fylaktos dkk., 2025). Sebaliknya, pada wilayah perdesaan dicirikan dengan kepadatan bangunan yang rendah, bentuk dari bangunan yang cenderung berjauhan satu dengan yang lain, dan penggunaan lahan yang didominasi oleh vegetasi misalnya tumbuhan (pohon). Kondisi tersebut tentunya menimbulkan suatu tantangan dari pemodelan tiga dimensi bangunan yang disebabkan karena kesalahan klasifikasi akibat bayangan, tumbuhan (pohon), dan variabilitas spektral vegetasi (Rai & Flores, 2021).

Salah satu daerah yang mencirikan wilayah perkotaan yaitu Desa Gondang, Kecamatan Gondang, Kabupaten Sragen dan untuk wilayah perdesaan yaitu Desa Toyogo, Kecamatan Sambungmacan, Kabupaten Sragen yang telah ditetapkan oleh Badan Pusat Statistik (BPS) RI melalui Peraturan Kepala Badan Pusat Statistik (Perka BPS) Nomor 120 Tahun 2020 tentang Klasifikasi Desa Perkotaan dan Perdesaan di Indonesia Tahun 2020. Kedua wilayah tersebut juga merupakan wilayah yang ditetapkan oleh Kantor Pertanahan Kabupaten Sragen sebagai lokasi PTSL (Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap) pada tahun 2025. Secara spasial, Desa Gondang pada Kecamatan Gondang memiliki struktur bangunan yang cenderung rapat dengan variasi tinggi bangunan yang beragam, didominasi oleh bangunan komersial dan permukiman padat, serta penggunaan lahan yang didominasi oleh permukiman atau lahan terbangunan. Sebaliknya, Desa Toyogo memiliki struktur bangunan yang tersebar dengan jarak antar bangunan yang cukup jauh, yang didominasi oleh sebagian besar bangunan permukiman dengan atap tertutupi oleh

kanopi pohon, serta penggunaan lahan yang didominasi oleh vegetasi dan lahan pertanian. Perbedaan karakteristik spasial yang kontras antara kedua desa tersebut menjadikannya lokasi yang tepat untuk mengevaluasi pemanfaatan GeoAI dalam pemodelan tiga dimensi bangunan pada wilayah perkotaan dan perdesaan.

Pemodelan tiga dimensi dilakukan dengan memanfaatkan suatu teknologi terkini dengan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) salah satunya adalah melalui GeoAI. GeoAI merupakan singkatan dari "*Geospatial Artificial Intelligence*" atau "*Artificial Intelligence* berbasis teknologi geospasial" (Muin dkk., 2023). GeoAI adalah gabungan antara teknologi geospasial dan teknologi kecerdasan buatan (AI), yang bertujuan untuk memanfaatkan data geospasial dan melakukan analisis cerdas untuk mengambil keputusan atau mengidentifikasi pola-pola tertentu terkait lokasi geografis (Janowicz dkk., 2020). Sedangkan menurut (Mai dkk., 2025a), teknologi GeoAI mengintegrasikan antara kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*), *big data*, serta komputasi berkinerja tinggi (*High Performance Computing/HPC*). Secara umum, GeoAI dapat diartikan sebagai penerapan berbagai metode serta teknik AI dalam pengolahan data, proses, model, dan aplikasi yang bersifat geospasial. Pada GeoAI, teknologi kecerdasan buatan dimanfaatkan untuk mengolah, menganalisis, serta menafsirkan data geospasial berskala besar secara lebih efisien dan presisi (Purbahapsari & Batoarung, 2022). Data geospasial meliputi informasi yang berhubungan dengan suatu lokasi atau area tertentu, seperti peta, citra satelit, data *drone*, data sensor, serta beragam data lain yang berkaitan dengan kondisi geografis dan topografi dari suatu wilayah (Sugandhi dkk., 2023).

Pemanfaatan GeoAI memberikan keunggulan dalam menganalisis data spasial yang kompleks dan memberikan pemahaman terkait wawasan secara mendalam terhadap pola-pola yang berkaitan dengan lokasi geografis (Liwan & Latue, 2023). Keunggulan tersebut mewujudkan transformasi digital pada sektor pertanian ditandai dengan beralihnya cara kerja manual menjadi digital yang berbasis data, lokasi, dan AI melalui salah satu komponen utama GeoAI yaitu *Deep Learning* (DL). *Deep learning* adalah bagian dari *machine learning* yang menggunakan *layers* pada jaringan saraf (*neural networks*) (Dong dkk., 2021). Hal tersebut sejalan dengan (Nuriddinova Nasibaxon Umidjon qizi, 2024), menyatakan bahwa *Deep Learning* adalah bidang dari *machine learning* yang berkaitan dengan algoritma yang didasarkan pada struktur dan fungsi otak sebagai jaringan saraf buatan (*artificial*

neural networks). *Deep Learning* merupakan salah satu aspek kemajuan dalam GeoAI, terutama pada domain pemrosesan citra, *monitoring* lingkungan, pemodelan spasial-temporal, dan integrasi berbagai jenis data spasial (Mai dkk., 2025b). *Deep Learning* mempunyai kemampuan untuk mengekstraksi dan menganalisis informasi dari data spasial seperti citra satelit dan foto udara, yang sangat berguna dalam pemetaan bidang tanah melalui metode fotogrametri dan teknik penginderaan jauh.

Pelatihan terhadap model *deep learning* menggunakan suatu *dataset* fotogrametri yang sudah diberi label, GeoAI dapat secara otomatis mampu melakukan klasifikasi, identifikasi, dan membuat model tiga dimensi bangunan dengan tingkat akurasi yang tinggi, dan memerlukan waktu yang lebih singkat dibandingkan dengan proses manual (Setiaji & Harintaka, 2019). Integrasi antara fotogrametri *modern* dan kecerdasan buatan (AI) berbasis *deep learning* menjadi pondasi utama dalam mendukung percepatan penyediaan data geospasial berkualitas tinggi untuk berbagai kebutuhan, seperti pada perencanaan wilayah, pengelolaan sumber daya alam (SDA), dan penyusunan Peta Dasar Pertanahan. Dengan mengintegrasikan suatu GeoAI ke dalam pemrosesan data fotogrametri *modern*, proses pemodelan 3D bangunan menjadi lebih cepat, efisien, dan akurat. Data terkait tapak bangunan (*building footprint*) diintegrasikan dengan *Digital Terrain Model* (DTM) hasil dari proses *filtering ground* pada *point cloud* dan OHM (*Object High Model*) yang dihasilkan melalui perhitungan dengan mengurangi nilai *Digital Surface Model* (DSM) dengan nilai *Digital Terrain Model* (DTM), yang mana data tersebut merupakan hasil kegiatan pemotretan foto udara melalui PUNA/UAV *drone* hingga menghasilkan suatu model 3D bangunan.

Kementerian ATR/BPN melalui Direktorat Jenderal Survei dan Pemetaan Pertanahan dan Ruang memiliki komitmen yaitu melalui suatu program pengelolaan dan pelayanan pertanahan, dalam mendukung terwujudnya pemodelan tiga dimensi bangunan. Komitmen oleh Direktorat Jenderal Survei dan Pemetaan Pertanahan dan Ruang dilakukan melalui Direktorat Pengukuran dan Pemetaan Dasar Pertanahan dan Ruang yang diimplementasikan ke dalam suatu Kerangka Acuan Kerja (KAK) Pemetaan Foto Udara dan LiDAR dengan tujuan untuk meningkatkan data dasar 3D tahun 2024. Dimana sasaran dari dokumen perencanaan kegiatan tersebut adalah tersedianya infrastruktur geospasial tematik pertanahan dan ruang melalui kegiatan pengelolaan infrastruktur dasar geospasial tematik pertanahan dan ruang. Hal

tersebut disebabkan adanya transformasi kadasater oleh Kementerian ATR/BPN, yang mana menuntut percepatan dan peningkatan kualitas data yang dibangun melalui penggunaan teknologi terkini, perangkat yang cerdas, dan prosedur yang efisien dalam pengumpulan data untuk mendukung visi kadaster *modern* yang mewajibkan kadaster tiga dimensi sebagai suatu keharusan.

Kerangka Acuan Kerja (KAK) Pemetaan Foto Udara dan LiDAR pada tahun 2024 mewajibkan untuk melakukan uji model 3D terhadap model LoD 1 bangunan hasil pemodelan tiga dimensi. Menurut Kolbe (2009) LoD 1 adalah model blok yang sudah dikenal secara umum, terdiri dari bangunan berbentuk prisma dengan struktur atap yang datar. Berdasarkan KAK Pemetaan Foto Udara dan LiDAR proses pembentukan model LoD 1 dilakukan dengan tiga tahapan utama yaitu ekstraksi *footprint* bangunan (LoD 0), identifikasi tinggi bangunan, dan *extrude* dari *footprint* bangunan terhadap tinggi bangunan. Pada tahap ekstraksi tapak bangunan (*image segmentation*) dilakukan dengan menggunakan GeoAI melalui teknologi *Deep Learning* (DL) dengan algoritma SAM (*Segment Anything Model*) pada kedua wilayah penelitian yaitu wilayah perkotaan di Desa Gondang, Kecamatan Gondang, Kabupaten Sragen dan wilayah perdesaan di Desa Toyogo, Kecamatan Sambungmacan, Kecamatan Sragen. Hasil dari pemodelan tiga dimensi oleh GeoAI pada kedua wilayah tersebut selanjutnya dilakukan uji model 3D yang terdiri dari uji kelengkapan model 3D (*completeness*), uji akurasi geometri model 3D (*accuracy of geometry*), dan uji validitas ukuran. Uji kelengkapan model 3D bertujuan untuk untuk menilai kelengkapan dan ketersediaan model 3D bangunan hasil pemodelan oleh GeoAI, yang dilakukan dengan membandingkan antara hasil pemodelan 3D bangunan pada masing-masing wilayah perkotaan dan perdesaan dengan objek bangunan yang teridentifikasi pada *orthophoto*. Selanjutnya adalah melakukan uji akurasi geometri model 3D dengan tujuan untuk menilai ketepatan geometri (*correctness of geometry*) dan dimensi dari model 3D LoD 1 pada masing-masing wilayah perkotaan dan perdesaan. Terakhir adalah melakukan uji validitas untuk menguji validitas hasil ukuran bangunan baik di lapangan maupun di model pada wilayah perkotaan dan perdesaan. Selanjutnya hasil model 3D LoD 1 pada kedua wilayah tersebut diunggah (*upload*) kedalam Peta Dasar Pertanahan Kementerian ATR/BPN.

Peta Dasar Pertanahan diatur didalam Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2019 tentang Peta Dasar Pertanahan. Menurut Pasal 1 Ayat 1 Permen ATR/K.BPN tersebut menjelaskan bahwa Peta Dasar Pertanahan adalah peta yang memuat informasi geospasial tematik yang digunakan sebagai dasar dalam rangka kegiatan pendaftaran tanah, tata ruang, dan penyediaan peta-peta tematik pertanahan lainnya, yang berupa peta foto atau citra dan/atau peta garis dari hasil pemetaan metode terestris maupun fotogrametris menggunakan foto udara dengan pesawat udara berawak atau pesawat udara nir awak (PUNA), dan citra satelit, dengan dilengkapi informasi dasar pertanahan hasil kegiatan survei informasi dasar. Berdasarkan Pasal 2 Ayat 1 menyatakan bahwa Pembuatan Peta Dasar Pertanahan mengacu pada sistem referensi geospasial nasional, yang mana didalam Peta Dasar Pertanahan berisikan komponen seperti peta garis yang terdiri dari unsur geografis dalam format vektor dan informasi dasar pertanahan. Sedangkan menurut Pasal 2 Ayat 3, komponen dari Peta Dasar Pertanahan berupa peta foto atau citra yang terdiri dari foto udara atau citra yang sudah ditegakkan, unsur geografis dalam format vektor, dan informasi dasar pertanahan. Setiap wilayah memiliki karakteristik masing-masing dengan dinamika penggunaan lahan yang berbeda, hal tersebut menandakan bahwa keberadaan dari model 3D bangunan menjadi suatu hal yang penting.

Berbagai penelitian terdahulu telah mengkaji terkait evaluasi pemanfaatan dari GeoAI untuk pemodelan tiga dimensi bangunan dari aspek algoritma *deep learning*, segmentasi citra, dan akurasi spasial yang dihasilkan. Beberapa kajian juga telah menyinggung tantangan pemodelan pada wilayah perkotaan dan perdesaan secara terpisah, seperti kepadatan bangunan, tumpang tindih (*overlap*) struktur bangunan, serta gangguan yang diakibatkan oleh vegetasi (pohon) dan bayangan. Namun demikian, kajian yang secara khusus membahas terkait dengan evaluasi dari pemanfaatan GeoAI pada wilayah perkotaan dan perdesaan untuk pemodelan 3D bangunan dengan mengkaji hasil uji akurasi dimensi model 3D bangunan terhadap kebijakan pertanahan masih relatif terbatas. Belum banyak penelitian yang secara komprehensif menganalisis bagaimana perbedaan karakteristik spasial antara perkotaan dan perdesaan memengaruhi tingkat kelengkapan model (*completeness*), akurasi geometri (*geometric accuracy*), serta validitas ukuran bangunan hasil pemodelan tiga dimensi menggunakan GeoAI berdasarkan Kerangka Acuan Kerja

(KAK) Pemetaan Foto Udara dan LiDAR tahun 2024. Kesenjangan terhadap kajian tersebut semakin nyata pada wilayah perkotaan di Desa Gondang, Kecamatan Gondang, Kabupaten Sragen dan wilayah perdesaan di Desa Toyogo, Kecamatan Sambungmacan, Kabupaten Sragen, yang mana menunjukkan perbedaan karakteristik spasial antara wilayah perkotaan dan perdesaan yang berupa kepadatan bangunan, penggunaan lahan, dan tingkat kesulitan ekstraksi *footprint* bangunan. Hingga penelitian ini disusun, belum terdapat penelitian yang secara spesifik mengevaluasi pemanfaatan GeoAI untuk pemodelan 3D bangunan, khususnya menggunakan algoritma SAM (*Segment Anything Model*), dalam menghasilkan model LoD 1 bangunan pada kedua klasifikasi wilayah tersebut dengan menggunakan uji model 3D yang komprehensif untuk penyusunan Peta Dasar Pertanahan Kementerian ATR/BPN. Oleh karena itu, penelitian ini penting dilakukan untuk mengisi kesenjangan tersebut melalui penelitian yang berjudul "**Evaluasi Pemanfaatan GeoAI Untuk Pemodelan Tiga Dimensi Bangunan Pada Wilayah Perkotaan dan Perdesaan**". Berdasarkan hal tersebut, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengembangan kebijakan percepatan penyediaan data geospasial tiga dimensi bangunan di seluruh wilayah Indonesia, baik perkotaan maupun perdesaan.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan untuk menjawab dua pokok persoalan utama :

1. Bagaimana proses pemodelan tiga dimensi bangunan dengan menggunakan GeoAI pada wilayah perkotaan dan perdesaan ?
2. Berapa hasil uji akurasi dimensi model 3D hasil pemodelan tiga dimensi bangunan menggunakan GeoAI pada wilayah perkotaan dan perdesaan tersebut pada peta dasar pertanahan ?

C. Tujuan dan Kegunaan Penelitian

1. Tujuan Penelitian

Merupakan hal-hal yang ingin dicapai, oleh karena itu tujuan penelitian utamanya adalah supaya peneliti mendapatkan pengetahuan baru. Berikut ini merupakan tujuan yang hendak dicapai dari penelitian “Evaluasi Pemanfaatan

GeoAI Untuk Pemodelan Tiga Dimensi Bangunan Pada Wilayah Perkotaan dan Perdesaan” yaitu sebagai berikut :

- a) Untuk mengetahui bagaimana proses pemodelan tiga dimensi bangunan dengan menggunakan GeoAI pada wilayah perkotaan dan perdesaan.
- b) Untuk mengetahui hasil uji akurasi dimensi model 3D hasil pemodelan tiga dimensi bangunan menggunakan GeoAI pada wilayah perkotaan dan perdesaan tersebut pada peta dasar pertanahan.

2. Kegunaan Penelitian

Penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat bagi instansi Kementerian ATR/BPN dari segi akademis atau ilmiah, segi sosial, dan segi praktis dengan manfaat sebagai berikut :

a) Manfaat Akademis

- 1) Memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan kajian terkait GeoAI (*Geospatial Artificial Intelligence*) khususnya dalam penerapan *Deep Learning* untuk pembentukan Model 3D Bangunan melalui ArcGIS Pro.
- 2) Menunjukkan integrasi antara metode fotogrametris, sistem informasi geografis (SIG), dan teknologi AI sebagai pendekatan inovatif dalam pembentukan Model 3D Bangunan.
- 3) Menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang membahas pemanfaatan teknologi kecerdasan buatan (AI) untuk kepentingan praktis di masa depan dalam bidang pemetaan dan pengelolaan data spasial.

b) Manfaat Praktis

- 1) Memberikan percepatan atas pekerjaan pembentukan Model 3D Bangunan dengan menggunakan kecanggihan teknologi GeoAI sebagai bentuk efektivitas dan efisiensi terhadap proses pembentukan model 3 Dimensi Bangunan.
- 2) Menyediakan hasil analisis spasial yang dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk memutuskan suatu kebijakan berdasarkan hasil pemetaan atas bidang tanah tersebut.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berikut ini merupakan kesimpulan terkait dengan pemanfaatan GeoAI untuk pemodelan tiga dimensi bangunan pada wilayah perkotaan di Desa Gondang dan wilayah perdesaan di Desa Toyogo adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan KAK Pemetaan Foto Udara dan LiDAR Tahun 2024 bahwa proses pemodelan tiga dimensi bangunan menggunakan GeoAI pada wilayah perkotaan dan perdesaan dilakukan mengikuti prosedur operasional yang terdiri dari tiga tahapan utama, yaitu ekstraksi *footprint* bangunan (LoD 0) secara otomatis memanfaatkan teknologi GeoAI dengan algoritma *Segment Anything Model* (SAM) pada *orthophoto* dengan tahapan meliputi segmentasi objek, pemisahan tapak bangunan dari objek lain, serta regularisasi poligon untuk menyempurnakan bentuk geometri bangunan. Kedua, identifikasi tinggi bangunan melalui pembentukan OHM/nDSM yang dihasilkan dari pengurangan data DSM dengan DTM. Ketiga, proses *extrude* dilakukan dengan mengintegrasikan *footprint* bangunan yang telah terekstraksi dengan data tinggi bangunan dari OHM/nDSM untuk menghasilkan model bangunan LoD 1. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemanfaatan GeoAI efektif dan efisien untuk pemodelan 3D bangunan dalam cakupan wilayah yang luas di kedua wilayah, namun masih memerlukan koreksi secara manual pada bangunan yang tertutup oleh kanopi pohon (vegetasi) atau terganggu bayangan, yang lebih banyak dijumpai di wilayah perdesaan.
2. Hasil uji akurasi dimensi model 3D pada kedua wilayah perkotaan dan perdesaan divalidasi dengan KAK Pemetaan Foto Udara dan LiDAR Tahun 2024. Hasil menunjukkan uji kelengkapan model 3D (*completeness*) pada wilayah perkotaan sebesar 94.62% dan wilayah perdesaan sebesar 89.33 % yang artinya kedua wilayah menunjukkan nilai *overall accuracy* dari tapak bangunan yang dihasilkan diatas ambang batas 80%, menandakan bahwa tingkat kesesuaian model dan kondisi nyata tergolong tinggi. Selanjutnya uji akurasi geometri model 3D (*Accuracy of Geometry*) dengan tujuan untuk menilai ketepatan

geometri dan dimensi dari model 3D LoD1 menunjukkan perbedaan hasil pada wilayah perkotaan dan perdesaan, dimana pada wilayah perkotaan RMSE yang dihasilkan adalah 0.116 meter, sedangkan di wilayah perdesaan RMSE sebesar 6.549 meter. Artinya, uji akurasi geometri model 3D pada wilayah perkotaan telah memenuhi standar geometri yang dapat diterima, sedangkan wilayah perdesaan tidak memenuhi standar geometri yang disebabkan karena faktor atap bangunan yang tertutup oleh kanopi pohon (*vegetasi*). Kemudian, uji validitas ukuran untuk menguji validitas hasil ukuran di lapangan dan di model, hasil menunjukkan untuk wilayah perkotaan dan perdesaan pada seluruh titik sampel bangunan menunjukkan nilai *p-value* berada di atas taraf signifikansi 0.05, artinya bahwa tidak terdapat perbedaan secara statistik antara dimensi bangunan hasil pengukuran di lapangan dengan dimensi yang direpresentasikan oleh model 3D hasil pemanfaatan teknologi GeoAI.

B. Saran

Berikut ini merupakan saran yang diberikan oleh peneliti terhadap hasil penelitian terkait dengan pemanfaatan GeoAI untuk pembentukan model 3 dimensi bangunan pada wilayah perkotaan di Desa Gondang dan wilayah perdesaan di Desa Toyogo :

1. Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan oleh peneliti, didapatkan hasil pada wilayah perkotaan yang mana terdapat tapak bangunan hasil segmentasi oleh GeoAI yang tumpang tindih (*overlap*) dan terdapat celah kosong (*gap*) karena faktor kompleksitas dari *orthophoto* disebabkan bangunan terlalu rapat (kepadatan tinggi). Oleh karena itu, dapat disarankan untuk merapikan dan mengatur ulang posisi tapak bangunan sesuai dengan posisi sebenarnya, namun perlu digaris bawahi bahwa tidak mengubah ukuran geometri hasil pengolahan dengan menggunakan GeoAI dengan tujuan untuk menjaga keaslian data hasil pengolahan.
2. Pada penelitian didapatkan hasil bahwa terdapat perbedaan antara hasil uji akurasi (RMSE) dan uji validitas (*p-value*) pada wilayah perdesaan, dapat disarankan supaya penerapan GeoAI untuk pemodelan 3D bangunan membedakan tujuan evaluasi sesuai karakteristik wilayah. Model 3D dinyatakan valid secara statistik di kedua wilayah, sehingga teknologi GeoAI layak digunakan secara umum. Namun, karena akurasi geometri rendah di wilayah

perdesaan disarankan untuk menggunakan data tambahan berupa LiDAR (*Light Detection and Ranging*) untuk mengidentifikasi wilayah yang tertutup pepohonan sebelum dilakukan segmentasi tapak bangunan (*building footprint*).

3. Pengukuran langsung di lapangan pada bangunan yang tertutup vegetasi (pepohonan) disarankan sebagai acuan atas koreksi pasca-pemodelan dengan GeoAI. Data pengukuran langsung berperan sebagai *ground truth* untuk memperbaiki dimensi panjang, lebar, dan tinggi bangunan yang terdistorsi akibat pepohonan. Oleh karena itu, peneliti selanjutnya yang menerapkan GeoAI di kawasan dengan tutupan pohon rapat disarankan untuk melakukan survei lapangan terukur pada bangunan di bawah kanopi pepohonan, sehingga model 3D yang dihasilkan tidak hanya valid secara statistik tetapi juga akurat secara geometris.
4. Penelitian selanjutnya disarankan untuk membandingkan kinerja algoritma *Segment Anything Model* (SAM) dengan algoritma segmentasi lainnya, seperti Mask R-CNN atau YOLO, untuk mengevaluasi keunggulan masing-masing algoritma dalam segmentasi tapak bangunan (*building footprint*) pada berbagai kondisi lingkungan, baik di wilayah perkotaan dengan kepadatan tinggi maupun rural perdesaan dengan tutupan vegetasi lebat.

DAFTAR PUSTAKA

- Artha, D. M. R., Sunaryo, D. K., & Arafah, F. (2017). PEMBUATAN MODEL 3D BANGUNAN GEDUNG DENGAN MEMANFAATKAN DATA FOTO UDARA. *Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang*.
- Atkinson, K. B. (2003). Introduction to Modern Photogrammetry. *The Photogrammetric Record*, 18(104). https://doi.org/10.1046/j.0031-868x.2003.024_01.x
- Brooks, R., Nelson, T., Amolins, K., & Hall, G. B. (2015). Semi-automated building footprint extraction from orthophotos. *Geomatica*, 69(2), 231–244. <https://doi.org/10.5623/cig2015-206>
- BUHUR, S., ULUĞTEKİN, N., GÜMÜŞAY, M. Ü., & MUSAOĞLU, N. (2023). Turistik amaçlı mekânsal sanal ortamların oluşturulması: Tarihi Yarımada Örneği. *Geomatik*, 8(2). <https://doi.org/10.29128/geomatik.1133484>
- Cheng, Y. (2023). Methods of 3D modeling in GIS. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3660395.3660453>
- Colomina, I., & Molina, P. (2014). Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. Dalam *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* (Vol. 92). <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2014.02.013>
- Dabove, P., Daud, M., & Olivotto, L. (2024). Revolutionizing urban mapping: deep learning and data fusion strategies for accurate building footprint segmentation. *Scientific Reports*, 14(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64231-0>
- Dong, S., Wang, P., & Abbas, K. (2021). A survey on deep learning and its applications. Dalam *Computer Science Review* (Vol. 40). <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2021.100379>
- Fylaktos, P., Petropoulos, G. P., & Lemesios, I. (2025). A Deep Learning Method for the Automated Mapping of Archaeological Structures from Geospatial Data: A Case Study of Delos Island. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(6). <https://doi.org/10.3390/ijgi14060220>
- Janowicz, K., Gao, S., McKenzie, G., Hu, Y., & Bhaduri, B. (2020). GeoAI: spatially explicit artificial intelligence techniques for geographic knowledge discovery and beyond. Dalam *International Journal of Geographical Information Science* (Vol. 34, Nomor 4, hlm. 625–636). Taylor and Francis Ltd. <https://doi.org/10.1080/13658816.2019.1684500>
- Kraus, K. (2014). Photogrammetry Geometry from Images and Laser Scans. Dalam *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis* (Vol. 53, Nomor 9).
- Kreinovich, V. (2016). *Mathematical Structures and Modeling*.

- Leaman, A., & Bordass, B. (1999). Productivity in buildings: The “killer” variables. *Building Research and Information*, 27(1). <https://doi.org/10.1080/096132199369615>
- Li, Y., Yang, J., Zhang, S., Li, Y., Ye, S., Qin, Z., & Guan, Y. (2025). Semantic Digital Twin Modeling of Urban Elements: Methods and Applications in Smart Cities. *Transactions in GIS*, 29(7). <https://doi.org/10.1111/tgis.70144>
- Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (1979). Remote sensing and image interpretation. *Remote sensing and image interpretation*. <https://doi.org/10.2307/634969>
- Liwan, S., & Latue, P. C. (2023). Analisis Spasial Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kota Kupang Menggunakan Pendekatan Geospasial Artificial Intelligence (GeoAI). *Buana Jurnal Geografi, Ekologi dan Kebencanaan*, 1(1), 14–20. <https://doi.org/10.56211/buana.v1i1.343>
- Mai, G., Xie, Y., Jia, X., Lao, N., Rao, J., Zhu, Q., Liu, Z., Chiang, Y. Y., & Jiao, J. (2025a). Towards the next generation of Geospasial Artificial Intelligence. Dalam *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* (Vol. 136). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104368>
- Mai, G., Xie, Y., Jia, X., Lao, N., Rao, J., Zhu, Q., Liu, Z., Chiang, Y. Y., & Jiao, J. (2025b). Towards the next generation of Geospasial Artificial Intelligence. Dalam *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* (Vol. 136). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104368>
- Mharzi Alaoui, H., Radoine, H., Chenal, J., Hajji, H., & Yakubu, H. (2022). DEEP BUILDING FOOTPRINT EXTRACTION FOR URBAN RISK ASSESSMENT - REMOTE SENSING AND DEEP LEARNING BASED APPROACH. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 48(4/W3-2022), 83–86. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W3-2022-83-2022>
- Muin, A., Rakuasa, H., & Kunci, K. (2023). Pemanfaat Geographic Artificial Intelligence (Geo-AI) Untuk Identifikasi Daerah Rawan Banjir Di Kota Ambon. *Gudang Jurnal Multidisiplin Ilmu*, 1(2), 58–63. <https://doi.org/10.59435/gjmi.v1i2.24>
- Nuriddinova Nasibaxon Umidjon qizi, J. J. J. qizi, M. M. K. (2024). Nuriddinova+Nasibaxon+Umidjon+qizi. *International Multidisciplinary Research in Academic Science (IMRAS)*, 7(1), 198–202. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10530440>
- Nwodo, M. N., & Anumba, C. J. (2019). A review of life cycle assessment of buildings using a systematic approach. Dalam *Building and Environment* (Vol. 162). <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2019.106290>
- Purbahapsari, A. F., & Batoarung, I. B. (2022). Geospasial Artificial Intelligence for Early Detection of Forest and Land Fires. *KnE Social Sciences*. <https://doi.org/10.18502/kss.v7i9.10947>

- Rai, N., & Flores, P. (2021). Leveraging transfer learning in ArcGIS Pro to detect “doubles” in a sunflower field. *American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting, ASABE 2021*, 3, 1905–1912. <https://doi.org/10.13031/aim.202100742>
- Setiaji, D., & Harintaka, H. (2019). Ekstraksi Fitur Bangunan Secara Cepat pada Foto UAV Menggunakan Metode Deep Residual Neural Network Berbasis FCN. *Elipsoida : Jurnal Geodesi dan Geomatika*, 2(01). <https://doi.org/10.14710/elipsoida.2019.4883>
- Shahidan, M. F., Jones, P. J., Gwilliam, J., & Salleh, E. (2012). An evaluation of outdoor and building environment cooling achieved through combination modification of trees with ground materials. *Building and Environment*, 58. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.07.012>
- Sugandhi, N., Rakuasa, H., Zainudin, Wahab, W. A., Kamiludin, Jaelani, A., Ramdhani, & Rinaldi, M. (2023). Pemodelan Spasial Limpasan Genangan Banjir dari DAS Ciliwung di Kel. Kebon Baru dan Kel. Bidara Cina DKI Jakarta. *Ulil Albab : Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 2(5).
- Wolf, P., & Dewitt, A. (2000). Elements of Photogrammetry, with Application in GIS, McGraw Hill. Dalam *Boston, MA*.