



Pemanfaatan Data Lidar untuk Pembuatan Digital Terrain Model (DTM) dan Analisis Slope pada Perencanaan Pembangunan Villa

Puja Kharisma^{1*}, Fajrin², Defwaldi³, Ilham Armi⁴

¹⁻⁴Institut Teknologi Padang, Indonesia

*Penulis Korespondensi : pjkrsm@gmail.com

Abstract. Planning villa development in complex topographic areas requires accurate and detailed terrain information to ensure safety, construction efficiency, and environmental sustainability. This study aims to utilize LiDAR data to generate a Digital Terrain Model (DTM) and conduct slope analysis to support villa development planning in Budo Village, Wori District, North Minahasa Regency. The research employed a quantitative applied approach using LiDAR point cloud data processed through classification, filtering, and interpolation to produce a DTM, followed by slope analysis using GIS. The results show that the study area has elevation variations between ± 73 and ± 173 meters above sea level with a vertical RMSE accuracy of 0.487 meters, classified as very good. Slope classification indicates that flat (0–8%) and gentle (8–15%) areas dominate the central region and are highly suitable for villa development due to low geotechnical risk and minimal earthwork requirements. Steeper areas require engineering treatment, while very steep zones are not recommended for construction. The integration of LiDAR-based DTM and slope analysis provides reliable spatial information to support data-driven and sustainable land-use planning.

Keywords: Digital Terrain Model; LiDAR; Slope Analysis; Spatial Planning; Villa Development.

Abstrak. Perencanaan pembangunan villa pada wilayah bertopografi kompleks memerlukan informasi topografi yang akurat dan detail guna menjamin aspek keamanan, efisiensi konstruksi, dan keberlanjutan lingkungan. Penelitian ini bertujuan memanfaatkan data LiDAR untuk membentuk Digital Terrain Model (DTM) serta melakukan analisis kemiringan lereng (slope) sebagai dasar perencanaan pembangunan villa di Desa Budo, Kecamatan Wori, Kabupaten Minahasa Utara. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif terapan dengan pengolahan data point cloud LiDAR melalui proses klasifikasi, filtering, dan interpolasi untuk menghasilkan DTM, kemudian dilakukan analisis slope menggunakan perangkat lunak SIG. Hasil penelitian menunjukkan bahwa elevasi wilayah berkisar antara ± 73 hingga ± 173 meter di atas permukaan laut dengan nilai RMSE vertikal sebesar 0,487 meter yang tergolong sangat baik. Klasifikasi kemiringan menunjukkan dominasi kelas datar (0–8%) dan landai (8–15%) yang paling sesuai untuk pembangunan villa karena memiliki risiko geoteknik rendah dan kebutuhan pekerjaan tanah minimal. Integrasi DTM dan analisis slope berbasis LiDAR terbukti efektif dalam menyediakan informasi spasial yang akurat untuk mendukung perencanaan pembangunan yang aman dan berkelanjutan.

Kata Kunci: Analisis Kemiringan Lereng; Digital Terrain Model; LiDAR; Pembangunan Villa; Perencanaan Spasial.

1. LATAR BELAKANG

Perencanaan pembangunan villa pada wilayah bertopografi kompleks memerlukan analisis geoteknik yang mendalam untuk memitigasi risiko longsor dan ketidakstabilan tanah (Dharmayasa et al., 2024). Kajian terhadap akomodasi wisata di lereng curam menunjukkan bahwa aspek perencanaan ruang dan hazard mapping menjadi faktor penting dalam menjamin keamanan dan keberlanjutan pembangunan (Supadmi, 2025). Selain itu, analisis kerentanan bencana terhadap sektor pariwisata mempertegas bahwa daerah dengan topografi terjal harus diidentifikasi secara spasial untuk penentuan lokasi yang aman dan strategi mitigasi yang efektif (Landslide Disaster Vulnerability Analysis, 2025).

Wilayah Budo memiliki topografi berbukit dengan kemiringan lereng yang signifikan, sehingga analisis stabilitas dan kerentanan longsor menjadi langkah penting sebelum pembangunan villa dilakukan (Shu et al., 2025). Pemetaan kerentanan longsor menggunakan pendekatan geospasial dan model multivariat juga diperlukan untuk menilai potensi risiko berdasarkan tutupan lahan dan parameter fisik lereng (Joshi, 2025). Selain itu, kombinasi faktor seperti kemiringan, geologi, curah hujan dan penggunaan lahan memberikan gambaran holistik mengenai potensi longsor di daerah tropis berbukit seperti yang ditunjukkan oleh Putra & Rekan (2025).

Salah satu teknologi yang mampu menyediakan data topografi beresolusi tinggi adalah LiDAR (Light Detection and Ranging). LiDAR merupakan sistem penginderaan jauh aktif berbasis laser yang menghasilkan data point cloud tiga dimensi dengan tingkat ketelitian tinggi. Data tersebut dapat diolah menjadi Digital Terrain Model (DTM) yang merepresentasikan permukaan tanah asli setelah menghilangkan unsur vegetasi dan bangunan. Berbeda dengan Digital Elevation Model (DEM) yang hanya menyajikan elevasi, DTM memberikan informasi morfologi permukaan tanah yang lebih akurat dan relevan untuk analisis teknis pembangunan.

Keunggulan LiDAR terletak pada kemampuannya menembus tutupan vegetasi, memungkinkan pemetaan permukaan tanah secara presisi, terutama di wilayah dengan vegetasi lebat dan medan terjal. Penelitian oleh Kang et al. (2026) menunjukkan bahwa pemodelan Digital Terrain Model (DTM) dengan LiDAR menghasilkan data topografi yang sangat akurat, bahkan di area vegetasi lebat, menggunakan algoritma filter yang meningkatkan ketelitian dan menghadirkan representasi medan permukaan tanah yang konsisten. LiDAR juga dapat menangkap variasi permukaan tanah yang halus dan detail, yang sangat penting dalam pemetaan kontur dan analisis topografi untuk lingkungan yang kompleks (Michalski, 2026). Selain itu, Sierra dan Rekecewicz (2026) mengungkapkan bahwa kepadatan titik LiDAR yang lebih tinggi dapat meningkatkan akurasi model topografi, memberikan representasi medan yang lebih baik dan lebih detail, terutama di area berbukit dengan vegetasi variatif.

Dalam konteks perencanaan pembangunan villa, analisis kemiringan lereng (slope) yang diturunkan dari DTM menjadi parameter penting dalam menentukan kestabilan lereng, kesesuaian lokasi, serta mitigasi risiko longsor. Selain itu, DTM berbasis LiDAR juga mendukung perencanaan infrastruktur pendukung seperti jalan akses, sistem drainase, dan pengelolaan air hujan secara lebih optimal dan berkelanjutan. Dibandingkan metode fotogrametri udara konvensional, LiDAR terbukti memberikan hasil yang lebih presisi dan detail pada wilayah dengan tutupan vegetasi kompleks.

Dengan demikian, pemanfaatan data LiDAR untuk pembuatan Digital Terrain Model dan analisis slope di wilayah Budo menjadi langkah strategis dalam mendukung perencanaan pembangunan villa yang aman, efisien, dan berkelanjutan. Akurasi tinggi serta kemampuan penetrasi vegetasi yang dimiliki LiDAR memungkinkan pengambilan keputusan berbasis data spasial yang lebih tepat dalam pembangunan pada wilayah berbukit.

2. KAJIAN TEORITIS

Bagian ini menguraikan teori-teori relevan yang mendasari topik penelitian dan memberikan ulasan tentang beberapa penelitian sebelumnya yang relevan dan memberikan acuan serta landasan bagi penelitian ini dilakukan. Jika ada hipotesis, bisa dinyatakan tidak tersurat dan tidak harus dalam kalimat tanya.

Studi Terdahulu

Pemanfaatan data LiDAR dalam pemodelan topografi telah banyak dikaji dalam berbagai penelitian. Novita Duantari dan Agung Budi Cahyono (2017) membahas penggunaan data LiDAR dan foto udara dalam pembuatan model kota 3D, termasuk Digital Terrain Model (DTM). Hasil penelitian menunjukkan bahwa LiDAR mampu menghasilkan data elevasi dengan akurasi 15–20 cm sehingga efektif untuk pemetaan topografi dan bangunan tinggi tanpa memerlukan survei lapangan tambahan.

Martiana et al. (2016) meneliti metode filtering dalam pembentukan DTM dari data LiDAR dengan membandingkan algoritma Cloth Simulation Filtering (CSF) dan Slope Based Filtering (SBF). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode filtering yang tepat mampu menghasilkan DTM dengan nilai Root Mean Square Error (RMSE) kurang dari 1 meter, sehingga mendukung perencanaan tata ruang dan pembangunan infrastruktur.

Penelitian di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) menggunakan LiDAR dan orthophoto untuk pemodelan bangunan 3D Level of Detail (LOD) 2.0. Data LiDAR terbukti mampu menghasilkan DTM dan Digital Surface Model (DSM) yang detail dan akurat untuk analisis topografi dan perencanaan pembangunan.

Novita Duantari (2018) membandingkan ketelitian DTM hasil LiDAR dan foto udara, dengan hasil menunjukkan nilai LE90 LiDAR sebesar 0,571 m dan foto udara sebesar 1,099 m. Hal ini menegaskan bahwa LiDAR memiliki ketelitian lebih tinggi dalam pemodelan topografi.

Sya'bana (2023) membandingkan metode Progressive TIN Densification (PTD) dan Cloth Simulation Filtering (CSF) pada data LiDAR UAV. Kedua metode menghasilkan DTM dengan RMSE sekitar 0,422 m dan memenuhi standar Badan Informasi Geospasial (BIG),

menunjukkan pentingnya pemilihan metode filtering yang tepat dalam meningkatkan akurasi model terrain.

LiDAR (Light Detection and Ranging)

LiDAR (Light Detection and Ranging) merupakan teknologi penginderaan jauh aktif berbasis laser yang digunakan untuk mengukur jarak objek melalui pulsa cahaya (Smith, 2008). Prinsip kerjanya adalah memancarkan sinar laser ke permukaan objek dan mengukur waktu tempuh pantulan kembali ke sensor untuk menghitung jarak dan elevasi.

LiDAR menggunakan gelombang Near Infrared (NIR) dengan panjang gelombang ± 1500 nm untuk pemetaan daratan, sedangkan gelombang hijau (500–550 nm) digunakan pada hydrographic LiDAR untuk penetrasi perairan dangkal (Burtch, 2001; Alif, 2010). Keunggulan utama LiDAR adalah kemampuan multiple returns, yaitu merekam beberapa pantulan dalam satu pulsa, sehingga dapat membedakan vegetasi, bangunan, dan permukaan tanah (Shuckman et al., 2009).

Proses akuisisi data dilakukan dengan integrasi laser scanner, GPS, dan INS pada wahana udara untuk merekam posisi dan orientasi sensor selama pemindaian (Ferdiansyah, 2016). Teknologi ini banyak digunakan dalam bidang geomatika, geografi, geologi, dan perencanaan wilayah karena menghasilkan resolusi spasial yang sangat tinggi (Young, 2008).

Point Cloud

Point cloud merupakan kumpulan titik koordinat tiga dimensi (X, Y, Z) yang merepresentasikan bentuk dan geometri suatu objek (Abdulhussein, 2017). Data ini dapat diperoleh dari Terrestrial Laser Scanner (TLS) maupun Airborne LiDAR. Kepadatan point cloud menentukan resolusi model 3D yang dihasilkan; semakin tinggi kerapatan, semakin detail model yang terbentuk.

Data point cloud umumnya disimpan dalam format LAS/LAZ dan dapat mengandung informasi tambahan seperti intensitas pantulan dan jumlah return (Dwi Harintaka, 2019; Virtanen et al., 2017). Proses registrasi antar titik dilakukan melalui metode surface matching untuk menghasilkan model spasial yang akurat.

Digital Terrain Model (DTM)

DTM merupakan representasi digital permukaan tanah dalam sistem koordinat X, Y, Z yang menggambarkan elevasi dan morfologi topografi (Linkwitz, 1970). Berbeda dengan Digital Elevation Model (DEM), DTM hanya merepresentasikan permukaan tanah tanpa vegetasi dan bangunan.

DTM dapat dibentuk melalui metode grid, Triangulated Irregular Network (TIN), maupun kontur. Data pembentuk DTM dapat diperoleh dari survei lapangan, fotogrametri, InSAR, dan LiDAR. Aplikasi DTM meliputi pemetaan topografi, analisis geomorfologi dan hidrologi, pembuatan ortofoto, pemodelan kualitas udara, serta analisis kehutanan.

Analisis Slope

Analisis slope merupakan turunan dari DTM yang digunakan untuk menghitung kemiringan lereng dalam persen atau derajat. Parameter ini penting dalam perencanaan pembangunan karena berkaitan dengan kestabilan tanah dan risiko longsor.

Penelitian Agustina et al. (2024) menunjukkan bahwa slope yang dihitung dari DTM hasil foto udara memiliki korelasi baik dengan pengukuran lapangan dengan RMSE < 8%. Filtering seperti SBF dan CSF berperan penting dalam meningkatkan akurasi slope (Putri, 2023). Pemodelan deterministik infinite slope juga memanfaatkan DTM LiDAR resolusi tinggi untuk menghitung faktor keamanan lereng, dengan RMSE vertikal sangat kecil (0,12 cm), sehingga handal dalam analisis kerawanan longsor.

Klasifikasi kemiringan lereng umumnya dibagi menjadi lima kelas: datar (0–8%), landai (8–15%), agak curam (15–25%), curam (25–40%), dan sangat curam (>40%).

Pemanfaatan LiDAR dalam Perencanaan Pembangunan

LiDAR banyak digunakan dalam proyek pembangunan infrastruktur seperti jalan tol dan kawasan perkotaan. Studi pada ruas Tol Aceh–Sigli menunjukkan DTM LiDAR memiliki RMSE < 1 meter dan memenuhi standar ketelitian peta dasar nasional. LiDAR juga digunakan dalam evaluasi ketinggian bangunan dengan akurasi 15–20 cm serta dalam survei topografi UAV LiDAR pada proyek jalan tol Trans Sumatera.

Keunggulan LiDAR dalam perencanaan pembangunan meliputi:

- a. Penyediaan data topografi detail tanpa survei lapangan intensif
- b. Efisiensi waktu dan biaya
- c. Mendukung analisis spasial dan pemodelan 3D
- d. Mengurangi risiko kesalahan perencanaan akibat ketidaktepatan data medan

Konsep Villa

Villa merupakan rumah peristirahatan yang terletak di luar kota dan digunakan secara berkala untuk tujuan rekreasi (KBBI, 1992). Secara modern, villa merujuk pada hunian pedesaan atau pinggiran kota dengan fungsi rekreasi (Cyril, 1975; Encyclopedia Britannica, 1961). Villa umumnya memiliki kenyamanan lebih tinggi dibanding rumah tinggal biasa dan sering berlokasi di kawasan berhawa sejuk seperti pegunungan atau pantai.

Menurut Endy (2008), karakteristik villa mencakup segmen pasar wisatawan, lokasi dengan potensi alam, dan fasilitas pendukung. Villa dapat berupa private villa maupun resort villa. Konsep resort sebagai kawasan rekreasi juga dijelaskan oleh Hornby (1974) dan Chuck (1988), dengan karakteristik lokasi, fasilitas, dan arsitektur adaptif (Kurniasih, 2009). Orientasi bangunan terhadap potensi alam menjadi pertimbangan penting dalam perancangan (Soetiadi, 1986).

CoProcess dalam Pengolahan LiDAR

CoProcess merupakan perangkat lunak pengolahan data LiDAR yang digunakan untuk klasifikasi point cloud, filtering ground, serta pembentukan DTM dan DSM. Tahapan klasifikasi dan filtering sangat menentukan akurasi representasi terrain (Meng et al., 2010). Pemisahan titik ground dan non-ground menjadi faktor utama dalam pembentukan DTM yang presisi (Sithole & Vosselman, 2004).

Otomatisasi filtering LiDAR terbukti meningkatkan efisiensi pemodelan terrain dibanding metode manual (Axelsson, 2000). DTM yang dihasilkan kemudian digunakan dalam analisis slope, di mana resolusi tinggi LiDAR memberikan hasil yang lebih akurat dalam pengambilan keputusan perencanaan wilayah (Liu, 2008).

3. METODE PENELITIAN

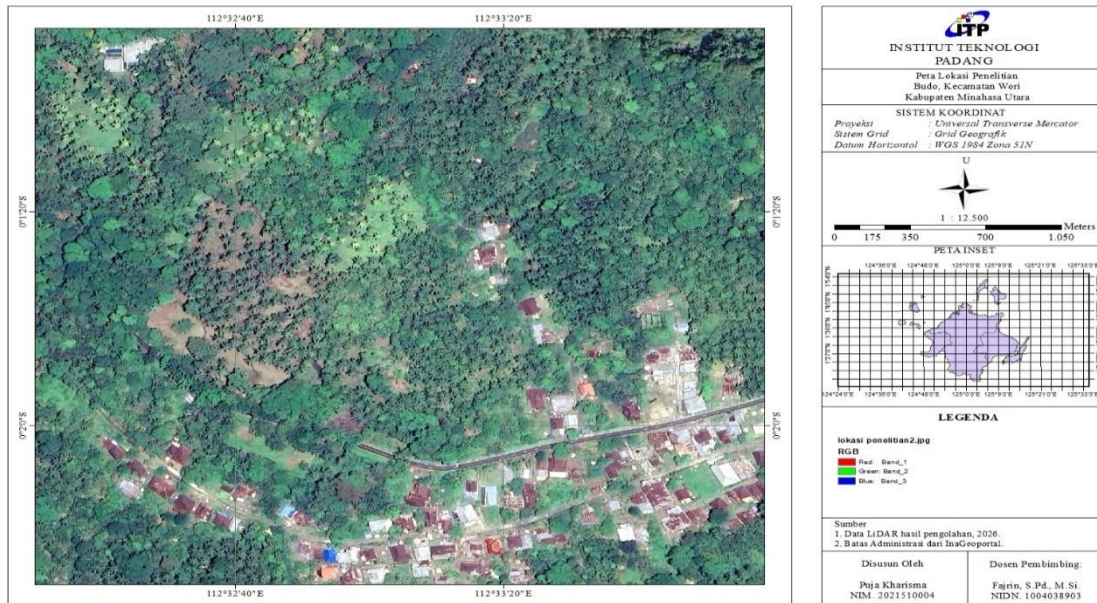
Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif terapan dan analitik yang berfokus pada pengolahan serta analisis data LiDAR untuk menghasilkan Digital Terrain Model (DTM) dan peta kemiringan lereng (slope) sebagai dasar perencanaan pembangunan villa. Penelitian bersifat mandiri karena menggunakan data LiDAR sebagai sumber utama tanpa integrasi data eksternal lainnya.

Pendekatan yang digunakan meliputi tahapan preprocessing point cloud (filtering dan klasifikasi), pembentukan model permukaan tanah, serta analisis spasial kemiringan lereng menggunakan perangkat lunak pengolahan LiDAR dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Evaluasi dilakukan secara kuantitatif berdasarkan ketelitian model topografi yang dihasilkan serta kesesuaiannya dalam mendukung rekomendasi teknis pembangunan.

Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Desa Budo, Kecamatan Wori, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. Secara geografis, lokasi penelitian berada pada koordinat 1°37'48.15" LU dan 124°53'4.74" BT. Wilayah ini memiliki karakteristik topografi berbukit dengan variasi kemiringan lereng yang signifikan sehingga relevan untuk analisis kestabilan lahan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian.

Data dan Perangkat Penelitian

Data utama yang digunakan adalah data LiDAR berbentuk point cloud tiga dimensi (format LAS/LAZ) yang diperoleh melalui akuisisi menggunakan UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Data tersebut memuat informasi koordinat (X, Y, Z) dan intensitas pantulan laser.

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian meliputi:

- Perangkat lunak pengolahan LiDAR (CoProcess) untuk klasifikasi dan filtering point cloud.
- Perangkat lunak SIG untuk analisis spasial dan visualisasi hasil DTM serta slope.

Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan diagram alir penelitian yang menggambarkan tahapan-tahapan pelaksanaan penelitian secara sistematis, mulai dari tahap awal hingga diperolehnya hasil akhir:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian dilakukan secara sistematis sebagai berikut:

1) Studi Literatur

Tahap awal dilakukan dengan mengkaji teori dan penelitian terdahulu terkait LiDAR, DTM, serta analisis slope guna memperkuat landasan metodologis dan menentukan parameter pengolahan data.

2) Akuisisi Data LiDAR

Data dikumpulkan menggunakan sensor LiDAR yang dipasang pada UAV. Hasil akuisisi berupa point cloud tiga dimensi dengan resolusi tinggi yang merepresentasikan kondisi topografi dan objek permukaan.

3) Preprocessing Data

a. Proses Blocking

Data point cloud dibagi ke dalam beberapa tile (blok) untuk meningkatkan efisiensi komputasi, mempermudah manajemen data, serta menjaga konsistensi parameter pengolahan.

b. Filtering dan Klasifikasi

Tahap ini bertujuan untuk:

- Menghilangkan noise atau titik outlier.
- Memisahkan titik ground dan non-ground (vegetasi, bangunan, objek lainnya).
- Mempertahankan bentuk alami permukaan tanah.

Metode yang digunakan adalah Cloth Simulation Filtering (CSF) untuk mengekstraksi titik tanah secara optimal.

4) Pembentukan Model TIN

Titik ground hasil klasifikasi diinterpolasi menjadi model Triangulated Irregular Network (TIN) guna membentuk representasi permukaan tanah secara kontinu.

5) Pembuatan Digital Terrain Model (DTM)

Model TIN dikonversi ke dalam bentuk raster DTM dengan resolusi grid tertentu (misalnya 0,5–1 meter). Proses tambahan meliputi smoothing dan pengisian nilai kosong (null values) agar model siap untuk analisis spasial.

6) Analisis Kemiringan Lereng (Slope)

Slope dihitung berdasarkan perubahan elevasi antar piksel pada DTM. Nilai kemiringan dinyatakan dalam derajat atau persen dan diklasifikasikan ke dalam beberapa kelas (datar, landai, agak curam, curam, sangat curam).

Analisis ini bertujuan untuk:

- Mengidentifikasi zona layak dan tidak layak pembangunan.
- Menentukan tingkat risiko geoteknik seperti longsor atau erosi.

7) Interpretasi dan Rekomendasi

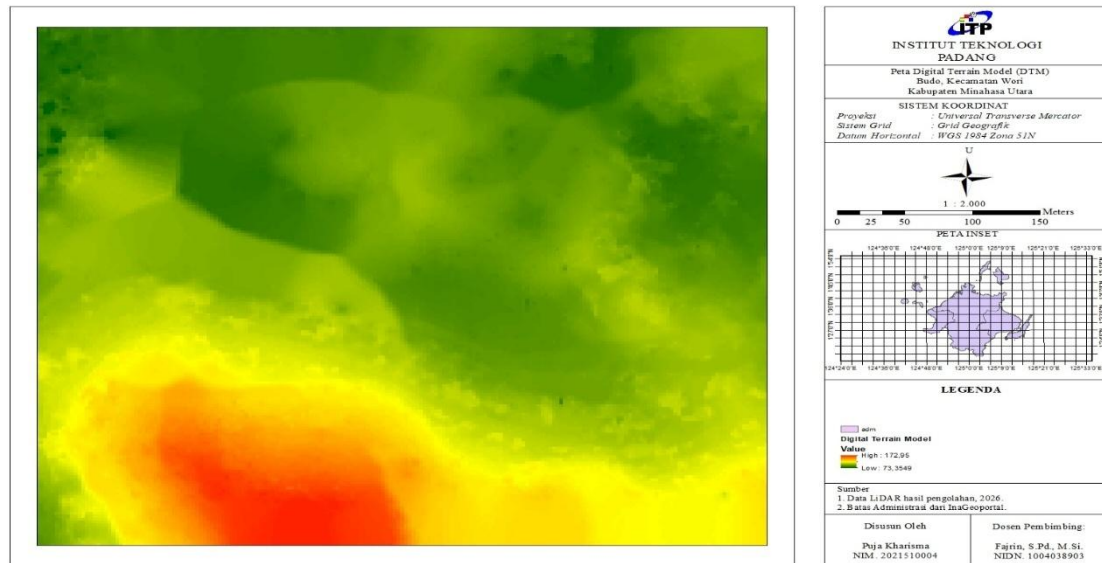
Tahap akhir dilakukan interpretasi spasial terhadap peta DTM dan slope untuk:

- Menentukan zona aman pembangunan villa.
- Memberikan rekomendasi tata letak bangunan dan infrastruktur pendukung.
- Mengidentifikasi area dengan potensi risiko tinggi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pembentukan Digital Terrain Model (DTM)

Digital Terrain Model (DTM) dibangun dari data point cloud LiDAR yang diproses menggunakan perangkat lunak CoProcess. Tahapan pengolahan meliputi klasifikasi titik ground, filtering noise, serta interpolasi menjadi model permukaan berbasis raster. Proses ini bertujuan untuk menghasilkan representasi permukaan tanah aktual tanpa pengaruh vegetasi dan bangunan.



Gambar 3. Peta Hasil DTM.

Hasil DTM menunjukkan bahwa elevasi wilayah penelitian berkisar antara ± 73 meter hingga ± 173 meter di atas permukaan laut, dengan perbedaan ketinggian sekitar 100 meter. Variasi elevasi ini mengindikasikan bahwa wilayah studi memiliki morfologi bergelombang hingga berbukit. Area dengan elevasi tinggi terkonsentrasi pada punggung dan perbukitan, sedangkan elevasi rendah mengikuti pola lembah dan jalur aliran alami.

Uji Akurasi Vertikal DTM

Evaluasi akurasi dilakukan dengan membandingkan elevasi DTM terhadap Ground Control Point (GCP). Hasil perhitungan menunjukkan nilai Root Mean Square Error (RMSE) vertikal sebesar 0,487 meter.

Berdasarkan klasifikasi akurasi model elevasi (Liu, 2008), nilai RMSE $< 0,5$ m termasuk kategori sangat baik. Hal ini menunjukkan bahwa model terrain yang dihasilkan memiliki ketelitian tinggi dan mampu merepresentasikan kondisi topografi aktual.

Akurasi elevasi yang tinggi menjadi faktor krusial dalam analisis slope, karena kesalahan elevasi secara langsung mempengaruhi nilai kemiringan. Dengan RMSE 0,487 m, maka:

- Model terrain layak digunakan sebagai dasar analisis spasial,
- Nilai slope yang dihasilkan memiliki reliabilitas tinggi,
- Rekomendasi lokasi pembangunan memiliki tingkat keandalan yang baik.

Temuan ini sejalan dengan Meng et al. (2010) yang menyatakan bahwa DTM berbasis LiDAR dengan RMSE < 1 meter telah memenuhi standar analisis perencanaan wilayah dan konstruksi.

Karakteristik Topografi Berdasarkan DTM

Visualisasi DTM menunjukkan bahwa wilayah penelitian didominasi oleh kombinasi lahan bergelombang dan berbukit. Perubahan elevasi yang signifikan dalam jarak spasial pendek menunjukkan adanya peralihan morfologi yang tajam, terutama di sekitar lembah dan tebing alami.

Wilayah dengan kontur halus dan perubahan elevasi gradual menunjukkan kondisi topografi yang relatif stabil. Sebaliknya, zona dengan kontras elevasi tinggi memiliki potensi kemiringan lereng yang besar dan risiko erosi lebih tinggi.

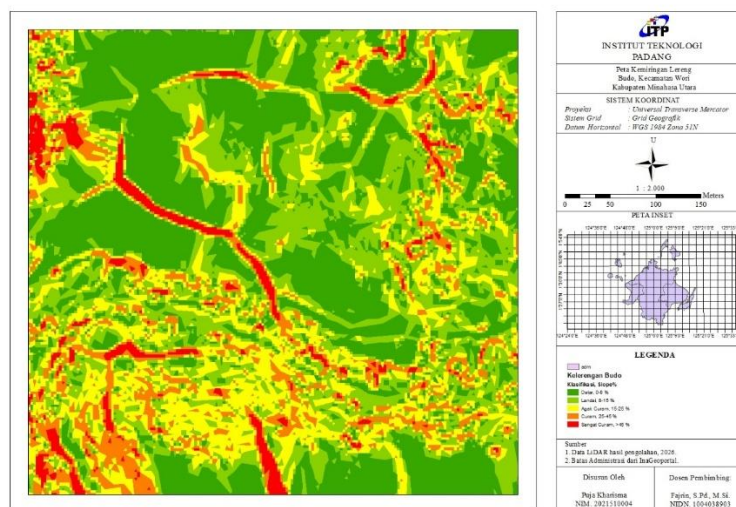
Secara geomorfologis, kondisi ini menunjukkan bahwa perencanaan pembangunan harus mempertimbangkan variasi morfologi lokal untuk menghindari zona dengan risiko ketidakstabilan lereng.

Hasil Analisis Kemiringan Lereng (Slope)

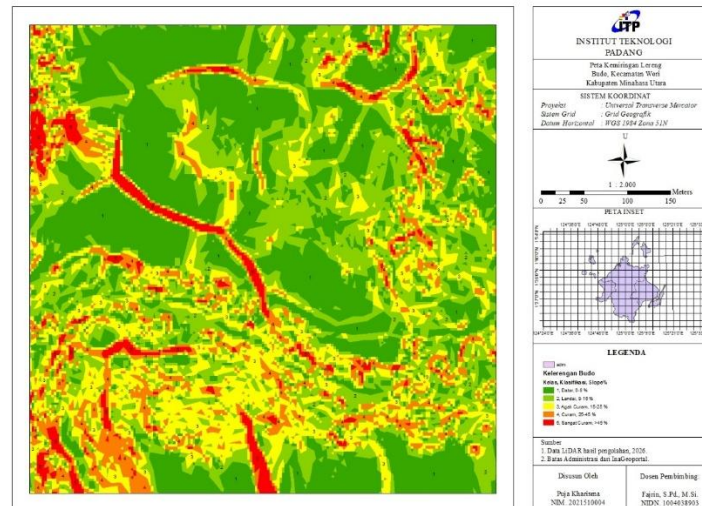
Analisis slope dihitung dari DTM menggunakan metode perhitungan perubahan elevasi antar grid. Kemiringan lereng diklasifikasikan ke dalam lima kelas berdasarkan standar perencanaan wilayah:

Tabel 1. Evaluasi Kesesuaian Lahan untuk Pembangunan Villa Berdasarkan Kemiringan Lereng.

Kelas Lereng (%)	Kesesuaian Villa	Risiko Utama	Mitigasi
0-8 (Datar)	Sangat Sesuai	Rendah erosi	Standar pondasi
8-25 (Landai-edang)	Sesuai	Sedang longsor	Terasering, drainase
25-45 (Curam)	Kurang Sesuai	Tinggi erosi/longsor	Perkuatan beton/geoteknik
>45 (Sangat Curam)	Tidak Sesuai	Sangat tinggi	Hindari pembangunan



Gambar 4. Peta Hasil Kemiringan Lereng.



Gambar 5. Peta Hasil Slope Berdasarkan Kelas.

Hasil pemetaan menunjukkan bahwa wilayah penelitian didominasi oleh kelas datar hingga landai, terutama pada bagian tengah area studi. Zona agak curam hingga sangat curam terkonsentrasi di sekitar lembah, tebing, dan area dengan perbedaan elevasi signifikan.

Interpretasi Kesesuaian Lahan

Kelas Datar (0–8%) – Sangat Sesuai

Zona ini paling ideal untuk pembangunan villa karena stabilitas tanah tinggi, risiko longsor rendah, serta kebutuhan pekerjaan cut and fill minimal.

Kelas Landai (8–15%) – Sesuai

Masih layak dikembangkan dengan desain adaptif terhadap kontur. Sistem drainase menjadi faktor penting dalam perencanaan.

Kelas Agak Curam (15–25%) – Bersyarat

Memerlukan rekayasa tambahan seperti terasering, perkuatan fondasi, dan pengendalian erosi. Biaya konstruksi meningkat dibanding zona landai.

Kelas Curam (25–45%) – Kurang Sesuai

Risiko longsor meningkat, pekerjaan tanah kompleks, serta membutuhkan intervensi geoteknik signifikan.

Kelas Sangat Curam (>45%) – Tidak Sesuai

Zona ini berisiko tinggi terhadap longsor dan degradasi lingkungan, sehingga tidak direkomendasikan untuk pembangunan dan lebih tepat dipertahankan sebagai kawasan lindung.

Pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi data LiDAR dalam pembentukan DTM dan analisis slope memberikan dasar spasial yang kuat untuk perencanaan pembangunan. Akurasi DTM yang tinggi memastikan bahwa analisis kemiringan lereng merefleksikan kondisi lapangan secara realistis.

Dominasi area datar hingga landai menunjukkan potensi pengembangan yang cukup besar untuk pembangunan villa tanpa memerlukan rekayasa geoteknik yang kompleks. Namun, keberadaan zona curam dan sangat curam menjadi faktor pembatas yang harus dipertimbangkan dalam tata letak kawasan.

Penggunaan LiDAR memungkinkan identifikasi mikro-topografi yang tidak dapat diperoleh melalui survei konvensional. Hal ini meningkatkan presisi dalam penentuan zona layak bangun dan meminimalkan risiko kegagalan konstruksi akibat kesalahan interpretasi medan.

Secara keseluruhan, hasil analisis menegaskan bahwa pendekatan berbasis LiDAR efektif untuk:

- 1) Mengidentifikasi karakteristik topografi secara detail,
- 2) Menentukan zona kesesuaian pembangunan secara objektif,
- 3) Mendukung pengambilan keputusan berbasis data spasial,
- 4) Mengurangi risiko teknis dan lingkungan dalam pembangunan villa.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa pengolahan data LiDAR menggunakan perangkat lunak CoProcess mampu menghasilkan Digital Terrain Model (DTM) dengan tingkat akurasi yang baik dalam merepresentasikan kontur permukaan tanah. Proses klasifikasi titik ground menjadi faktor kunci dalam memastikan kualitas model elevasi yang selanjutnya digunakan dalam analisis spasial.

DTM yang dihasilkan kemudian dimanfaatkan dalam analisis kemiringan lereng (slope) menggunakan ArcGIS, yang mengungkapkan variasi topografi wilayah penelitian dari kategori datar hingga sangat curam. Berdasarkan hasil klasifikasi, zona dengan kemiringan datar dan landai merupakan area paling sesuai untuk pembangunan villa karena memiliki risiko geoteknik rendah serta kebutuhan pekerjaan tanah yang minimal. Area dengan kemiringan agak curam masih memungkinkan untuk dikembangkan dengan penerapan rekayasa teknis tertentu, sedangkan zona curam dan sangat curam tidak direkomendasikan karena berpotensi meningkatkan risiko longsor serta biaya konstruksi.

Secara keseluruhan, integrasi DTM dan analisis slope berbasis data LiDAR terbukti efektif dalam menyediakan informasi spasial yang akurat dan komprehensif, sehingga dapat menjadi dasar yang andal dalam perencanaan tata ruang dan evaluasi kelayakan lahan pembangunan.

DAFTAR REFERENSI

- Agustina, F. D., Tjahjadi, M. E., & Zulhan, I. (2024). Uji akurasi slope gradient digital terrain model hasil pemotretan foto udara (Studi kasus: Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang). *Jurnal Geosaintek*, 10(1), 1-10. <https://doi.org/10.12962/j25023659.v10i1.19469>
- Axelsson, P. (2000). DEM generation from laser scanner data using adaptive TIN models. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 33(B4), 110-117.
- Chen, Q., Gong, P., Baldocchi, D., & Xie, G. (2017). Filtering airborne LiDAR data with morphological methods. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 73(2), 175-185. <https://doi.org/10.14358/PERS.73.2.175>
- Dharmayasa, I. G. N. P., Anggreni, M. Y., Anantanasakul, P., & Sugiana, I. P. (2024). Geotechnical evaluation of landslide risks in Bali's tourism zones: A case study from Candidasa, Bali, Indonesia. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 25(9), 81-91. <https://doi.org/10.12912/27197050/190207>
- Joshi, B. R. (2025). Landslide susceptibility mapping optimization using geospatial modeling with multivariate machine learning approaches. *Applied Sciences*, 15(22), 12152. <https://doi.org/10.3390/app152212152>
- Kang, H., Khoshelham, K., Shin, H., Lee, K., & Lee, W. (2026). Comparative assessment of vegetation removal for DTM generation and earthwork volume estimation using RTK-UAV photogrammetry and LiDAR mapping. *Drones*, 10(1), 30. <https://doi.org/10.3390/drones10010030>
- Landslide disaster vulnerability analysis of the tourism sector in West Bandung Regency. (2025). *ISET International Symposium Proceedings*.
- Liu, X. (2008). Airborne LiDAR for DEM generation: Some critical issues. *Progress in Physical Geography*, 32(1), 31-49. <https://doi.org/10.1177/0309133308089496>
- Meng, X., Currit, N., & Zhao, K. (2010). Ground filtering algorithms for airborne LiDAR data: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(5), 403-412. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2010.03.001>
- Michalski, T. (2026). Application of a light detection and ranging digital elevation model for delineating fine-scale topographic variation. *International Journal of Environmental Studies*. <https://doi.org/10.1007/s13762-025-06880-w>
- Putra, A. C. P., & Rekan. (2025). Spatial multi-parameter analysis of landslide susceptibility in Bali using rainfall, slope, geology, and land use parameters. *Spatial Risk and Sustainable Development Studies*, 2025. <https://doi.org/10.61511/srsd.v2i2.2025.2013>
- Shu, S., Pi, K., Gong, W., Zhou, C., Qian, J., & Yang, Z. (2025). Enhanced landslide risk assessment through non-probabilistic stability analysis: A hybrid framework

- integrating space-time distribution and vulnerability models. *Sustainability*, 17(9), 4146. <https://doi.org/10.3390/su17094146>
- Sierra, S., & Rekacewicz, P. (2026). Assessing the impact of LiDAR point density on digital terrain models and terrain feature prediction. *Remote Sensing*, 18(4), 584. <https://doi.org/10.3390/rs18040584>
- Sithole, G., & Vosselman, G. (2004). Experimental comparison of filter algorithms for bare-earth extraction. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 59(1-2), 85-101. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2004.05.004>
- Supadmi, N. K. R. (2025). The impact of tourist accommodation along steep slopes: Environmental and spatial planning challenges. *Journal of Indonesian Island Studies*, 11(2). <https://doi.org/10.23887/jiis.v11i2.106642>