

Penginderaan Jauh 3D DEM untuk Klasifikasi Geomorfologi Daerah Mandolang Sulawesi Utara

3D DEM Remote Sensing for Geomorphological Classification of The Mandolang Region, North Sulawesi

Afiat Anugrahadi⁽¹⁾, Ramadhan Adhitama⁽¹⁾, Djordy Imanuel Liusvia⁽¹⁾,
Yusraida Khairani Dalimunthe^{(2,a)*}

⁽¹⁾Prodi Teknik Geologi, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia, 11440

⁽²⁾Prodi Teknik Perminyakan, Universitas Trisakti, Jakarta, Indonesia, 11440 Email :

^(a*)yusraida@trisakti.ac.id

Diterima (22 April 2025), Direvisi (3 Juni 2025)

Abstract. Remote sensing using satellites is an efficient and successful alternative for conducting geomorphological studies as important earth information. Known as a tourist area for its beaches and natural water baths, making the research location in the Mandolang District, Minahasa Regency, North Sulawesi Province important to research. In this study, a different approach to geomorphological studies was used: DEM data for 3D analysis was used to see various geomorphological images. Bird's eye views from a variety of locations and directions can be provided by the 3D DEM model, which can also obtain height and slope information from Topographic Maps and Slope Maps. The results of the map analysis are then used to produce a descriptive Geomorphological Map where the research area is dominated by a height of 175-350m above sea level and based [19] classification. The research area has three geomorphological units: 21% covers plains with height differences 0-50m and steepness 0-15%; 63.2% covers waves with height differences 50- 200m and steepness 15-45%; and 63.2% covers hilly area with height differences 350-500m and steepness more than 45%.

Keywords: remote sensing, 3D DEM, geomorphology, Mandolang Sulawesi Utara

Abstrak. Penginderaan jauh dengan wahana satelit merupakan suatu alternatif yang berdayaguna dan berhasil guna untuk melakukan studi geomorfologi sebagai Informasi kebumihangsaan yang penting. Dikenal sebagai daerah wisata untuk pantainya dan pemandangan air alami, menjadikan lokasi penelitian di daerah Kecamatan Mandolang Kabupaten Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara ini penting untuk diteliti. Pada penelitian ini dilakukan pendekatan yang berbeda dalam hal kajian geomorfologinya yaitu dengan menggunakan data DEM untuk keperluan analisa secara 3D, sehingga dapat diketahui gambaran geomorfologi yang berbeda. Model 3D DEM dapat melakukan pandangan burung dari berbagai lokasi dan arah serta mendapatkan informasi ketinggian dan kemiringan lereng lebih akurat dari Peta Topografi dan Peta Kelerengan. Hasil Analisa peta tersebut kemudian digunakan untuk menghasilkan Peta Geomorfologi deskriptif dimana daerah penelitian didominasi oleh ketinggian 175-350m dari permukaan air laut dan berdasarkan klasifikasi [19], terdapat 3 Satuan geomorfologi pada daerah penelitian yaitu Dataran seluas 21% dengan beda tinggi 0-50m dan tingkat kecuraman 0-15%; Bergelombang seluas 63,2% dengan beda tinggi 50-200m dan tingkat kecuraman 15-45%; Berbukit seluas 63,2% dengan beda tinggi 350-500m serta tingkat kecuraman lebih dari 45%.

Kata kunci: penginderaan jauh, 3D DEM, geomorfologi, Mandolang Sulawesi Utara

PENDAHULUAN

Penginderaan jauh, juga disebut *remote sensing* adalah seni dan ilmu untuk mendapatkan informasi tentang suatu obyek, daerah, atau fenomena (geofisik) melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa melakukan kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji [1]. Data yang diperoleh dilanjutkan dengan pengolahan, analisis dan interpretasi terhadap data tersebut. Oleh karena itu konsep dasar penginderaan jauh terdiri dari banyak komponen, seperti sensor, sistem pengolahan data, sumber tenaga, atmosfer, dan interaksi tenaga dengan objek di permukaan bumi dan aplikasi untuk Geomorfologi [2,3].

Salah satu negara yang paling rentan terhadap bencana alam adalah Indonesia. Hal itu disebabkan letak Indonesia yang berupa negara kepulauan sangat luas di sekitar khatulistiwa, di antara dua benua (Australia dan Asia) dan dua samudra (Hindia dan Pasifik). Lokasi ini merupakan interaksi antara tiga lempeng kerak bumi, yaitu Lempeng Eurasia (LE) yang merupakan lempeng benua, bergerak dari utara ke arah selatan, Lempeng Samudera Hindia- Australia (LSIA atau Indi-Australia) yang bergerak dari selatan ke arah utara, dan Lempeng Pasifik (LP) yang bergerak dari arah timur ke arah barat/ baratdaya. Kedudukan tersebut menjadikan kepulauan Indonesia menjadi kawasan kepulauan yang berpola tektonik rumit, sehingga banyak terjadi lipatan-lipatan dan patahan- patahan aktif yang tampak dipermukaan bumi sebagai bentuk bentang alam bergelombang, berbukit dan pegunungan [4-7]. Daerah Kecamatan Mandolang Kabupaten Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara memiliki kondisi geologi dan geomorfologi yang selalu menarik untuk dikaji lebih dalam, sebagai daerah wisata untuk pantainya dan pemandian air alami. Oleh sebab itu potensi untuk pengembangan penelitian pada daerah ini sangatlah besar dan luas. Kenampakan geologi dan geomorfologi yang bervariasi menjadikan lokasi penelitian ini sangat kompleks untuk diteliti, tetapi demikian sampai saat ini masih banyak hal yang belum dikaji lebih dalam dan perlu untuk diteliti lebih lanjut dengan metode serta pendekatan yang berbeda.

TUJUAN DAN BATASAN PENELITIAN

Kegiatan pengamatan dan analisis Geomorfologi sebagai data dasar untuk mengetahui bencana geologi serta langkah preventif dalam menghindari terjadinya potensi longsor atau gerakan tanah pada lokasi penelitian, serta meresponnya dengan maksud dan tujuan utama:

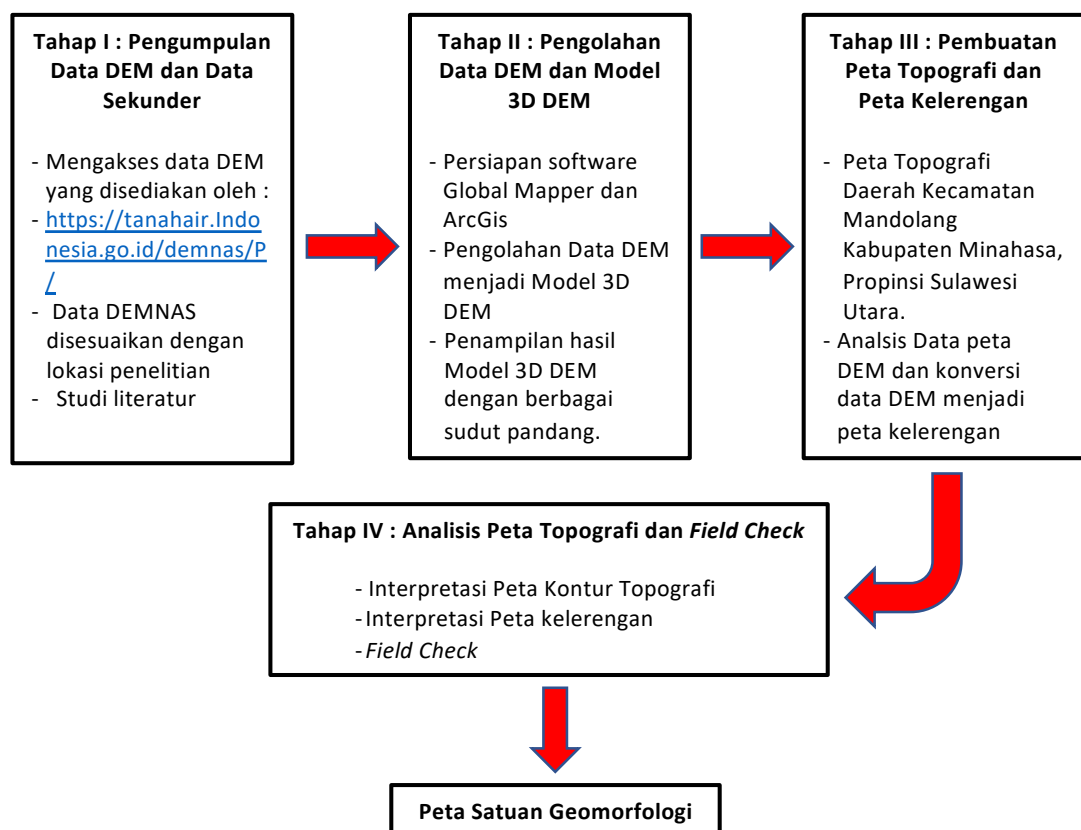
Melakukan penerapan teknologi penginderaan jauh DEM (Digital Elevation Model) yang dibuat dalam model 3 Dimensi untuk analisis dan kajian geomorfologi. Tujuan permodelan ini untuk klasifikasi Geomorfologi Daerah Kecamatan Mandolang Kabupaten Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara.

Batasan penelitian geomorfologi Daerah Kecamatan Mandolang Kabupaten Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara dilakukan dengan menggunakan data DEM yang dibuat dalam model 3D.

METODE PENELITIAN

Untuk studi bencana alam, pemetaan, inventarisasi, dan pemantauan sumber daya alam dan lingkungan, teknologi penginderaan jauh dengan wahana satelit merupakan alternatif yang efektif. Informasi kebumihan (penutup lahan, geologi, geomorfologi, hidrologi, dan tanah) sangat bermanfaat dalam mengkaji bencana alam maupun bencana lainnya yang terjadi. Data penginderaan jauh hanya dapat digunakan sebagai "informasi" jika pengguna memahami bagaimana melakukan interpretasi dan menggunakan yang paling tepat [8, 2].

Penelitian geomorfologi dapat dilakukan dengan melakukan pengamatan terhadap morfologi permukaan bumi [9]. Perekaman rupa permukaan bumi dapat dilakukan dengan mengambil foto dari udara, pengamatan langsung dilapangan [10] atau dengan menggunakan data DEM berupa tinggi-rendahnya kontur muka bumi yang dicitrakan dalam format 3D. DEM (Digital Elevation Model) adalah data digital yang menggambarkan geometri bentuk permukaan bumi atau bagian darinya. Tahapan penelitian berupa diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Ini terdiri dari himpunan titik koordinat yang diambil dari sampling permukaan menggunakan algoritma yang menentukan himpunan koordinat permukaan. Saat ini

penggunaan data DEM sangatlah krusial dalam menjelaskan kenampakan morfologi bentang alam di permukaan bumi. Memaksimalkan data citra satelit, hasil pencitraan data DEM saat ini.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menentukan kondisi geomorfologi, data DEM menjadi sarana utama untuk pengembangan serta kajian yang lebih dalam. Salah satu kelebihan data DEM adalah dapat dengan mudah diakses siapa saja dari manapun dan kapanpun. Atau dengan kata lain pemanfaatan data DEM ini menjadi salah satu teknik remote sensing yang dipraktikkan pada penelitian ini. Data DEM yang digunakan dalam penelitian ini adalah DEMNAS (DEM Nasional). DEM Nasional dibangun dengan menggunakan hasil stereo-plotting Masspoint dari beberapa sumber data, termasuk data ALOS PALSAR (resolusi 11.25m), IFSAR (resolusi 5m), dan TERRASAR-X (resolusi 5m). Dengan menggunakan datum vertikal EGM2008, resolusi spasial DEMNAS adalah 0,27 arcsecond.

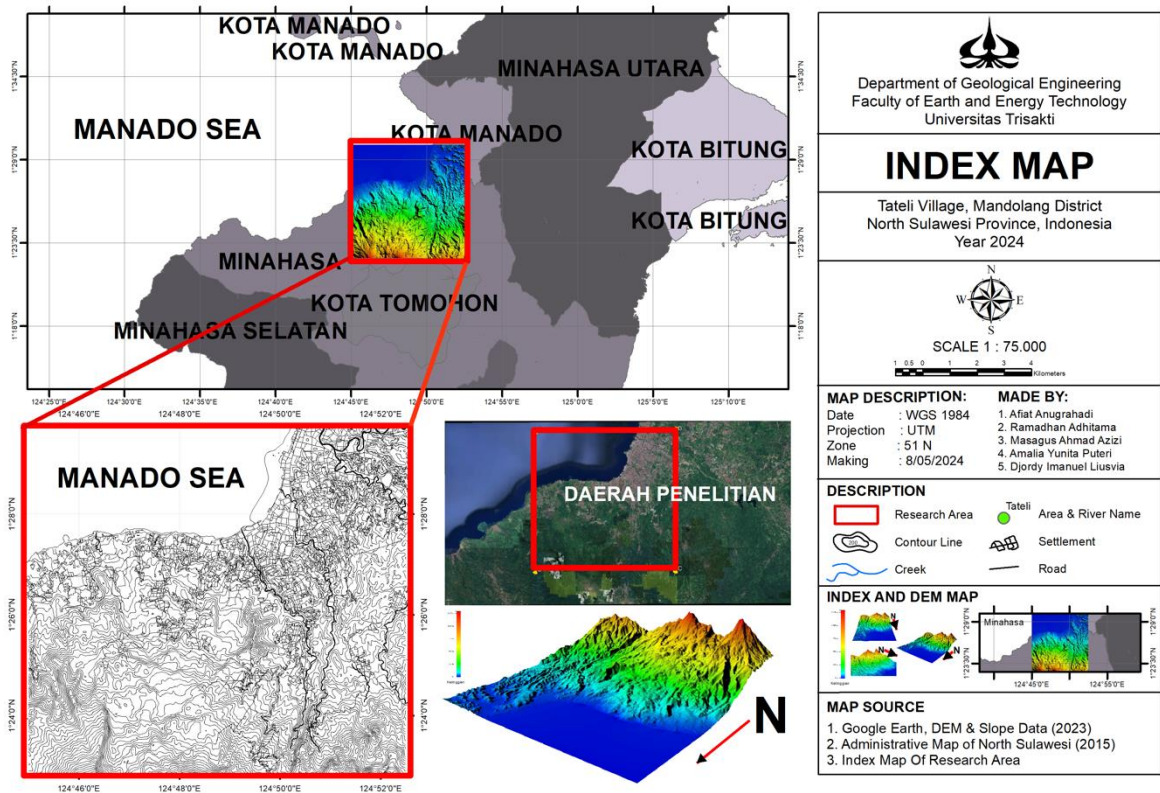
Pembuatan Peta DEM dimulai dengan menyiapkan data DEM (Digital Elevation Model) yang sudah di download pada website [11] dan [12] atau bisa menggunakan data yang sudah disediakan pada aplikasi Global Mapper dengan menggunakan data online bisa berupa SRTM atau ASTER GDEM. Masukkan batas daerah penelitian yang sudah dimuat dalam format shapefile dan sesuaikan koordinat yang ada serta di plot diatas data DEM pada aplikasi Global Mapper. Simpan hasil crop atau clip dari data DEM yang ada sesuai batas daerah penelitian. Selanjutnya terdapat dua acara untuk memasukan data DEM dalam format peta ke dalam aplikasi ArcGis [13]. Cara pertama adalah dengan menyimpan hasil crop data DEM sesuai daerah penelitian dalam bentuk JPEG atau PNG, kemudian dengan aplikasi Global Mapper di sesuaikan koordinat yang ada secara manual, untuk selanjutnya disimpandalam format TIFF. Hasil Crop yang sudah disimpan dimasukan dalam aplikasi ArcGis sebagai file TIF baru. Cara kedua dengan melakukan georeferencing langsung pada aplikasi ArcGis. Pada penelitian ini digunakan cara yang pertama. Masukkan data DEM yang telah dirubah dalam format TIFF dan sesuaikan Kembali dengan skala peta yang digunakan pada daerah penelitian. Pastikan koordinat pada peta DEM dan lokasi penelitian sudah sesuai, maka Peta DEM selesai dibuat.

Pembuatan peta DEM ini akan menentukan hasil 3D model yang akan diolah lebih lanjut. Sebelum dibuat dalam bentuk 3D Model perlu dilakukan plot-plot pada bagian peta DEM untuk menentukan sudut pandang tangkapan layar (baik menggunakan pandangan katak, burung dan horizontal). Dalam hal ini melakukan pencatatatn titik koordinat baik pada aplikasi ArcGis ataupun aplikasi Global Mapper agar terdapat kesesuaian data dan bisa dipastikan bahwa data yang digunakan sudah sesuai koordinat pada dunia nyata. Selanjutnya dapat diproses untuk keperluan data 3D Model Geomorfologi.

Hasil proses dan analisis data primer dan sekunder visual Geomorfologi Daerah Kecamatan Mandolang Kabupaten Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara berupa beberapa jenis peta dan Model 3 dimensi DEM menggunakan pengolahan data melalui software ArcGIS.

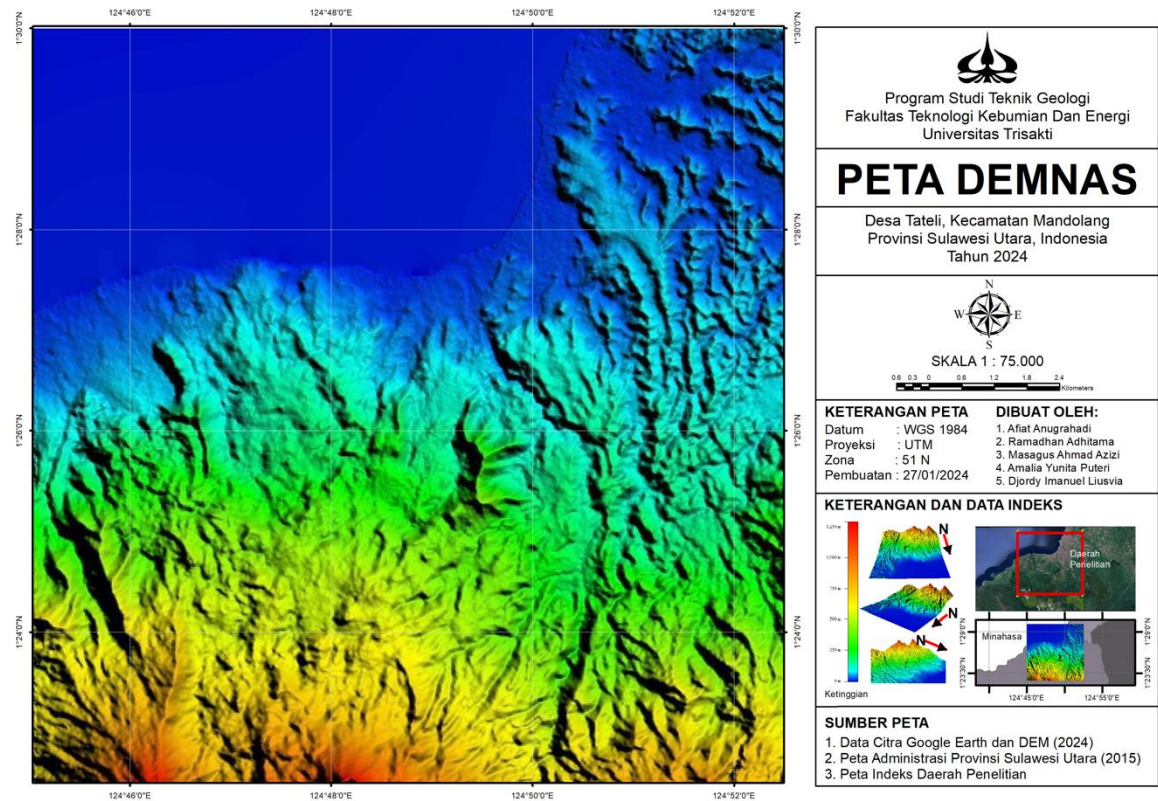
Gambar 2, gambar 3 dan gambar 4 di bawah ini menunjukkan hasil pengolahan data

berupa: Peta Indeks, Peta DEMNAS, dan Model diagram balok 3 Dimensi DEM.

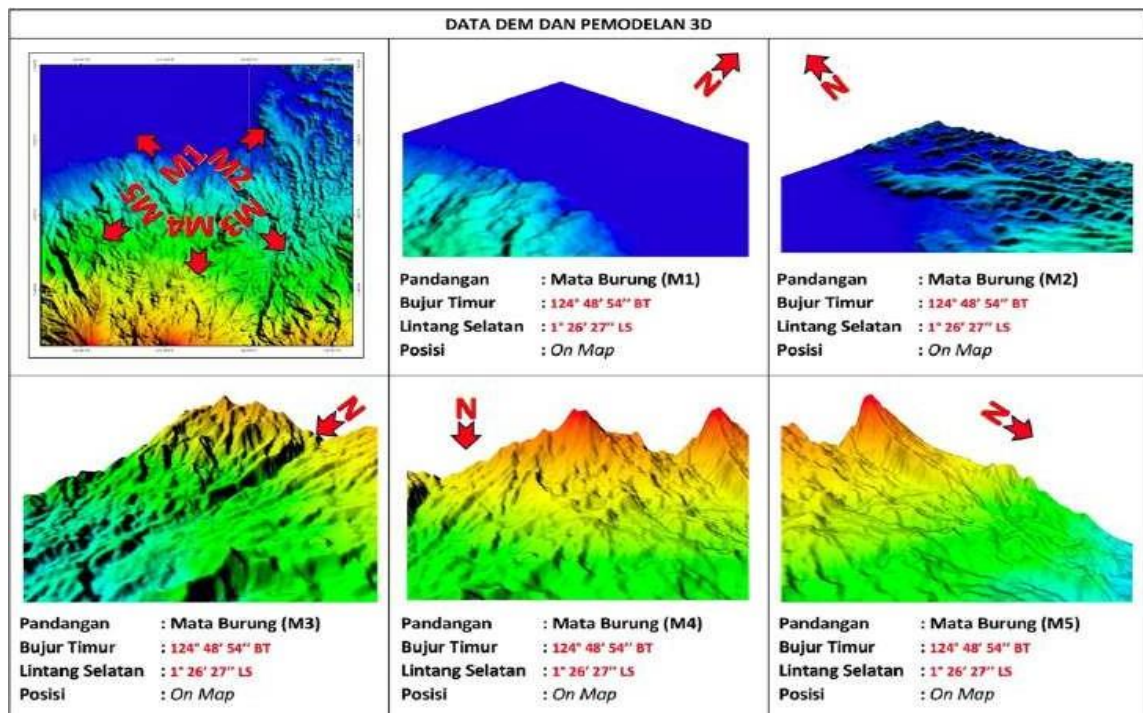


Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Peta dan blok diagram Digital Elevation Model (DEM) adalah model digital yang memberikan informasi bentuk permukaan bumi (Geomorfologi) yang memuat informasi ketinggian dan kemiringan daerah Kecamatan Mandolang Kabupaten Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara. Pada Gambar 4, Model 3 Dimensi DEM diambil dari dalam area penelitian (on map) pada kordinat ($124^{\circ}48'54''$ BT, $1^{\circ}26'27''$ LS) pandangan Mata Burung dari berbagai arah: Barat Laut = M1, Timur laut = M2, Tenggara = M3, Selatan = M4 dan Barat Daya = M5. Perbedaan gradasi warna pada tiap orientasi berbeda disebabkan oleh arah pencahayaan sinar matahari berasal dari arah Utara yang menghasilkan bayangan gelap pada arah pandangan model lainnya. Model 3D DEM menunjukkan daerah tinggian dengan warna hijau-merah berarah barat-timur dan dataran rendah berwarna biru. Tinggian pada area yang jujj

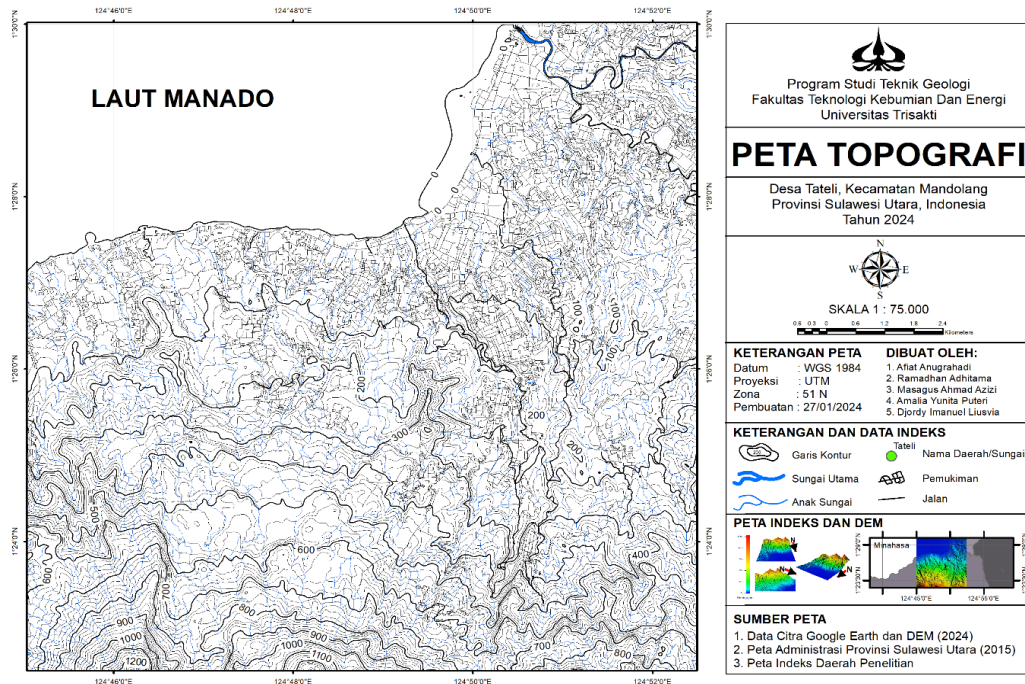


Gambar 3. Peta Demnas daerah Mandolang Kabupaten Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara.

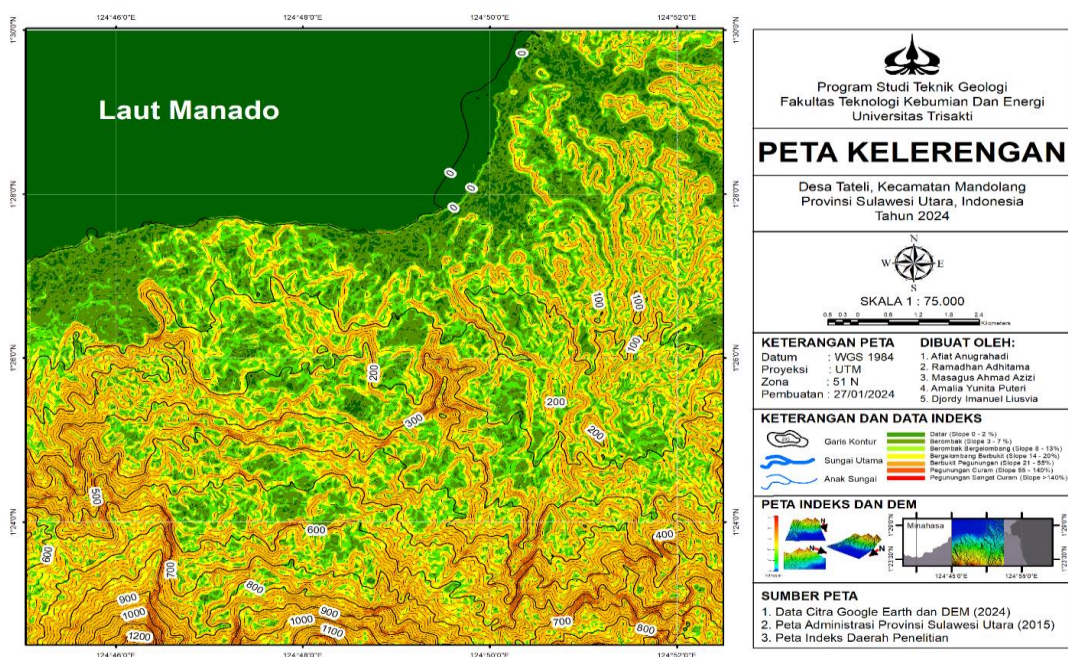


Gambar 4. Data DEM dan Pemodelan 3D

Hasil Pemodelan 3D tersebut juga ditunjukkan oleh Peta Kelerengan yang menunjukkan tingkat kecuraman yang sangat rendah ($>15\%$) ditandai dengan warna merah. Selain perbedaan ketinggian, arah aliran sungai juga dapat terlihat pada model 3D DEM yang lebih jelas ditunjukkan pada Peta Topografi (Gambar 5) dan tidak terdeteksi pada Peta Kelerengan (gambar 6).

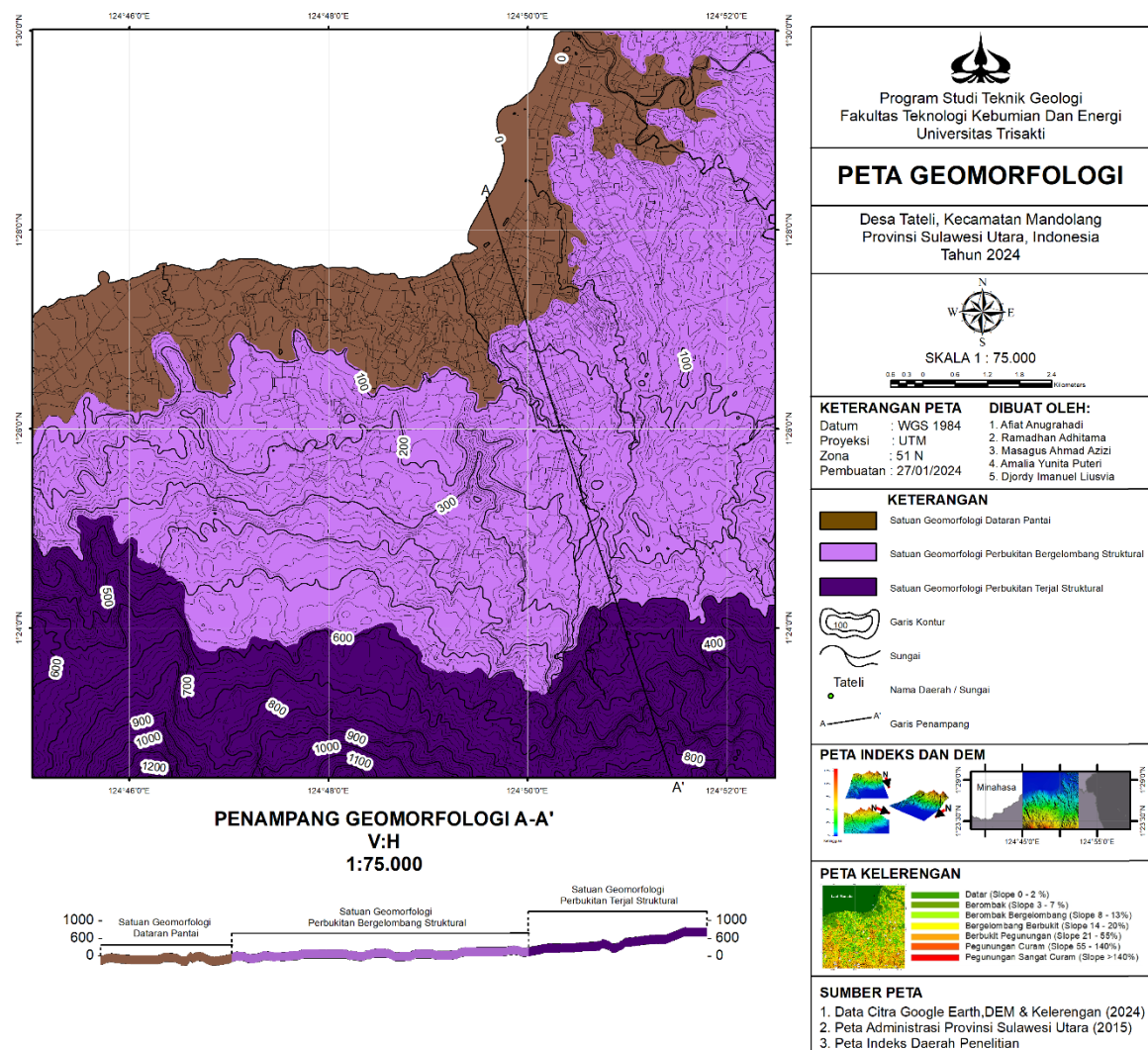


Gambar 5. Peta Topografi daerah Mandolang Kabupaten Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara



Gambar 6. Peta Kelerengan daerah Mandolang Kabupaten Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara

Pengelompokkan bentang alam di daerah penelitian dilakukan secara sistematis berdasarkan interpretasi peta topografi, peta kemiringan lereng dan peta DEM. Pembicaraan tentang konsep dasar geomorfologi yang berkaitan dengan bentuk bentang alam suatu wilayah adalah pencerminan dari proses endogen dan eksogen yang mempengaruhi wilayah tersebut, yang masing-masing menghasilkan bentuk bentang alam yang unik [14-18]. Maka berdasarkan peta-peta tersebut dilakukan perhitungan klasifikasi kelerengan [19], dilakukan untuk menentukan bentuk relief dari daerah penelitian ini. Dari hasil klasifikasi lereng, dibuat peta geomorfologi deskriptif daerah penelitian ini. Perhitungan ini didapat 3 satuan geomorfologi, yaitu Dataran, Bergelombang, dan Berbukit (Gambar 7).



Gambar 7. Peta Geomorfologi daerah Mandolang Kabupaten Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara.

KESIMPULAN

Daerah Kecamatan Mandolang Kabupaten Minahasa, Propinsi Sulawesi Utara memiliki geomorfologi yang bervariasi sehingga baik sebagai tempat studi geologi. Pengolahan data menghasilkan tiga jenis peta yang meliputi Peta Topografi, Peta Kelerengan, Peta DEM serta model 3D DEM yang selaras. Model 3D DEM dapat melakukan pandangan burung dari berbagai lokasi dan arah serta mendapatkan informasi ketinggian dan kemiringan lereng lebih akurat daripada kedua jenis peta lainnya. Hasil Analisa peta tersebut kemudian digunakan untuk menghasilkan Peta Geomorfologi deskriptif dimana daerah penelitian memiliki ketinggian 0-1200m dari permukaan air laut. Berdasarkan klasifikasi Van Zuidam (1983), terdapat 3 Satuan geomorfologi pada daerah penelitian yaitu Dataran Pantai; Perbukitan Bergelombang Struktural; Perbukitan Terjal Struktural. Dataran Pantai seluas 15% dengan beda tinggi 0-100m dan tingkat kecuraman 0-13%; Perbukitan Bergelombang Struktural seluas 58% dengan beda tinggi 100-500m dan tingkat kecuraman 14-55%; Perbukitan Terjal Struktural seluas 27% dengan beda tinggi 400-800m serta tingkat kecuraman lebih dari 55-140%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Universitas Trisakti, FTKE atas dukungan materinya hingga penelitian ini berjalan semestinya serta menghasilkan luaran jurnal yang diharap bermanfaat bagi institusi begitupun khalayak ramai.

REFERENSI

- [1] R.P. Gupta. *Remote Sensing Geology (3 ed.)*, Springer Berlin Heidelberg, 2018.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-55876-8>
- [2] A. Anugrahadi, F. S. H. Purwadhi, N. S. Haryani. *Terapan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Dalam Mitigasi Bencana Beraspek Geologi*. Penerbit Universitas Trisakti: Jakarta, 2016.
- [3] P. Tarolli, S. M. Mudd. *Remote Sensing of Geomorphology*. Publisher: Elsevier, 2020.
- [4] R. Hall & Spakman, W. *Mantle structure and tectonic history of SE Asia*. Tectonophysics, 2015.
- [5] R. Hall, *Tectonics: Subduction, Extention, Provenance, and More*. Indonesian Petroleum Association Proceedings 38th Annual Exhibition and Convention, IPA14-G-360, 2014.

- [6] S.A. Sumarjis, Y.I. Arifin, R. Hutagalung, N. Akase & I. N., Manyoe, *Bentuk Lahan Geomorfologi di Daerah Gunungapi Ambang, Bolaang Mongondow Timur. Journal of Applied Geoscience and Engineering*, 3(2), 2023.
<https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/jage/article/view/19405>(EJurnal UNG), 2023.
- [7] ESDM. 2021. <https://geoportal.esdm.go.id/>
- [8] Nurfaika, *Analisis Karakterist Morfometri Daerah Aliran Sungai Melalui Pemanfaatan Penginderaan Jauh Dan Sistem Informasi Geografi*, SEMINAR NASIONAL & PIT IGI XVIII, 2015.
- [9] Pemerintah Kota Tomohon, Situs Resmi Pemerintah Kota Tomohon, <https://tomohon.go.id/>. Diakses tanggal 2 Desember 2023.
- [10] Nurchaliza. *Peran Strategis Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis dalam Analisis Morfometri Daerah Aliran Sungai Kota Tomohon, Sulawesi Utara*. Artikel Ilmiah Geomorfologi, 2021. <https://id.scribd.com/document/702307>
- [11] <https://tanahair.indonesia.go.id/demnas/#/Info> (Website Resmi Badan Informasi Geospasial (BIG). 2018). Diakses Tanggal 01/09/2021
- [12] <https://www.big.go.id/> (Website Resmi Badan Informasi Geospasial (BIG). 2018). Diakses Tanggal 01/09/2021
- [13] H. W., Utama, *Struktur Geologi dan Vulkanostratigrafi; Pendekatan Model Elevasi Digital dan Citra Landsat 8. Jurnal Geofisika Eksplorasi*, 6(2), 156–168.
<https://doi.org/10.23960/jge.v6i2.80>(jge.eng.unila.ac.id), 2020.
- [14] A. Anugrahadi, U. Sumotarto, A. Guntoro, R. Adhitama, *GEOMORFOLOGI*, Pusat Pengembangan Pendidikan dan Penelitian Indonesia, Lombok, 2024.
- [15] R. J., Hugget, *Fundamentals of Geomorphology (Fourth Edition)*. London: Routledge, 2017.
- [16] A. Anugrahadi, F. S. H. Purwadhi, N. S. Haryani, *Terapan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis Dalam Geologi, Geomorfologi dan Mitigasi Bencana Beraspek Hidrometeorologi*, Penerbit Universitas Trisakti: Jakarta, 2017.
- [17] A. F. Pitty, *Introduction to Geomorphology*, Routledge, 2021.
- [18] S. Singh, *Pravalika Geomorphology*, Pravalika Publication, Allahabad, 2021.
- [19] C., Okolie, & J. A., Smit, Systematic Review and Meta-Analysis of Digital Elevation Model (DEM) Fusion: Pre-Processing, Methods and Applications. *arXiv preprint arXiv:2203.15026*. <https://arxiv.org/abs/2203.15026>(arxiv.org), 2022.