

Karakteristik Geomorfologi Daerah Olele dan sekitarnya, Kecamatan Kabila Bone, Kabupaten Bone Bolango

Hadianty Susvyta Adawiyah Djola¹, Yuyu Indriati Arifin¹, Harkins Hendro Prabowo¹

¹ Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Negeri Gorontalo

*e-mail: hadiantyjdjola10@gmail.com

Abstract

Important geomorphological characteristics are studied to support regional management and disaster mitigation. This study aims to identify aspects of morphography, morphometry, and morphogenesis in the Olele area and its surroundings, Kabila Bone Subdistrict, Bone Bolango Regency. The research method integrates digital spatial analysis of DEMNAS data using ArcGIS with validation tests and field synthesis. The results show that the study area has an intermittent dendritic river flow pattern with river stages ranging from young to mature. Based on the synthesis of these parameters, the study area was delineated into four geomorphological units: alluvial plain units (11%), reef terrace units (7%), pyroclastic hill units (34%), and lava flow hill units (48%). The steep to very steep slopes (>55%) on the porphyritic dacite lava flow hills are recommended for use as non-agricultural conservation areas with strict structural mitigation measures to reduce the risk of landslides and rockfalls along the Trans-Sulawesi route.

Keywords: Geomorphology, Olele, Landform, Disaster Mitigation

Abstrak

Karakteristik geomorfologi penting dikaji untuk mendukung pengelolaan wilayah dan mitigasi bencana. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi aspek morfografi, morfometri, dan morfogenesis di daerah Olele dan sekitarnya, Kecamatan Kabila Bone, Kabupaten Bone Bolango. Metode Penelitian mengintegrasikan analisis spasial digital data DEMNAS menggunakan ArcGIS dengan uji validasi serta sintesis lapangan. Hasil Penelitian menunjukkan daerah penelitian memiliki pola aliran sungai dendritik intermitten dengan stadia sungai muda hingga dewasa. Berdasarkan sintesis parameter tersebut, wilayah Penelitian didelineasi menjadi empat satuan geomorfologi yaitu satuan dataran alluvial (11%), satuan dataran teras terumbu (7%), satuan perbukitan piroklastik (34%) dan satuan perbukitan aliran lava (48%). Karakteristik lereng curam hingga sangat curam (>55%) pada perbukitan aliran lava berlitologi dasit porfiri direkomendasikan sebagai fungsi lindung non-budidaya dengan mitigasi structural ketat untuk menekan Risiko bencana longsor dan runtuhnya batuan disepanjang jalur Trans-Sulawesi.

Kata kunci: Geomorfologi, Olele, Bentuk Lahan, Mitigasi Bencana

1. PENDAHULUAN

Permukaan bumi mengalami perubahan akibat pengaruh berbagai proses alam, baik dari dalam maupun luar bumi, yang menghasilkan beragam bentuk lahan dengan karakteristik berbeda (Anderson, 2010). Kajian mengenai bentuk lahan, proses pembentukannya, serta keterkaitan dengan kondisi geologi dipelajari dalam ilmu geomorfologi.

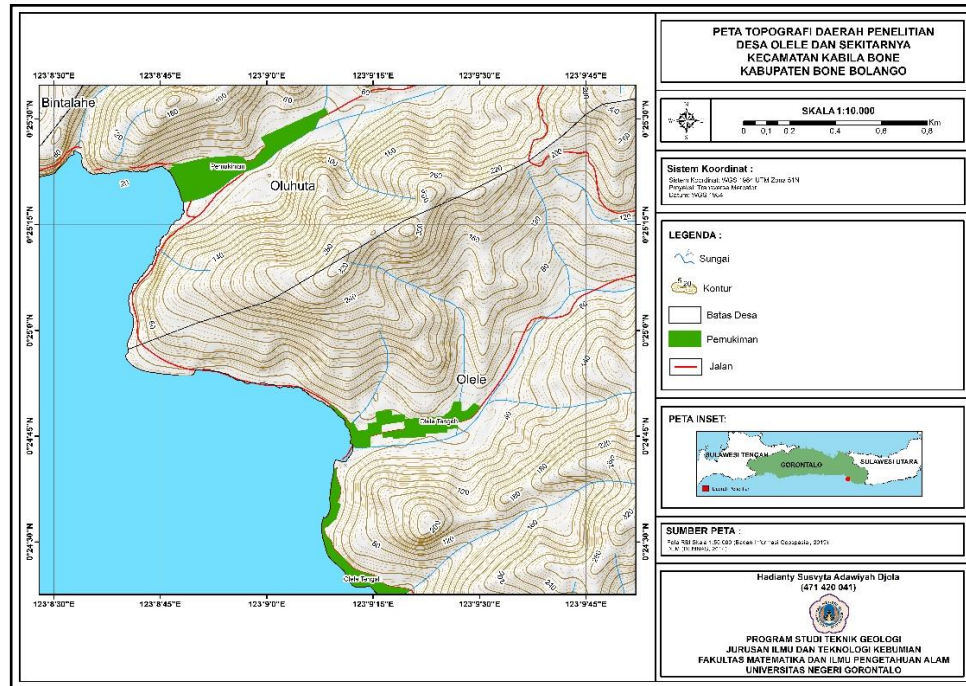
Secara fisiografis, daerah Penelitian masuk ke dalam Zona pegunungan Selatan dengan karakteristik bentang alam yang bervariasi dan kompleks, mencakup kawasan pesisir, dataran rendah, hingga perbukitan yang terbentuk akibat interaksi antara proses geologi dan proses geomorfologi yang berlangsung secara terus-menerus. Selain itu, daerah Olele juga dikenal sebagai kawasan pesisir yang memiliki ekosistem terumbu karang, sehingga dinamika geomorfologi pesisir seperti abrasi dan sedimentasi menjadi faktor penting yang mempengaruhi perubahan bentang alam. Interaksi tersebut dapat memicu perubahan garis pantai sekaligus mempengaruhi stabilitas lingkungan pesisir (Febrian dkk, 2025). Oleh karena itu, pemahaman mengenai karakteristik geomorfologi penting untuk diteliti lebih lanjut.

Disamping nilai ilmiahnya, kajian geomorfologi juga memiliki fungsi strategis dalam mendukung perencanaan dan pengelolaan wilayah. Informasi terkait bentuk lahan, proses geomorfologi serta kondisi geologi dapat dimanfaatkan sebagai dasar dalam upaya mitigasi bencana. Fokus utama penelitian ini adalah menganalisis karakteristik geomorfologi daerah penelitian berdasarkan parameter

morfografi, morfometri, dan morfogenetik untuk mengklasifikasikan satuan geomorfologi daerah penelitian yang menghasilkan peta geomorfologi.

2. METODE

Lokasi Penelitian terletak di daerah Olele dan sekitarnya, Kecamatan Kabila Bone, Kabupaten Bone Bolango, Provinsi Gorontalo. Terletak pada Koordinat $123^{\circ}8'59''$ - $123^{\circ}9'11''$ BT dan $0^{\circ}24'51''$ - $0^{\circ}24'23''$ LU, dengan luas kawasan Penelitian mencapai 7,718 km².



Gambar 1. Peta Topografi daerah penelitian

Penelitian ini menerapkan beberapa tahapan analisis metode sebagai berikut:

1) Tahap pengumpulan & penyiapan data

Data Penelitian terdiri atas data primer dan sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan melalui survei lapangan menggunakan pendekatan analisis geomorfologi, observasi mencakup tiga aspek geomorfologi: morfografi (pola atau bentuk lahan), morfometri (topografi dan kemiringan lereng), serta morfogenetik (endogen dan eksogen). Data sekunder mencakup persiapan data topografi yang didapat dengan memanfaatkan penginderaan jarak jauh yang diunduh dari DEMNAS melalui situs resmi Badan Informasi Geospasial (BIG). Data spasial ini menyajikan bentuk permukaan bumi secara detail sebagai dasar pembuatan peta topografi.

2) Tahap Analisis Karakteristik Geomorfologi

Karakteristik geomorfologi dianalisis dengan mengelompokkan satuan geomorfologi berdasarkan beberapa aspek berikut:

a. Morfografi

Secara umum, morfografi adalah aspek geomorfologi yang berfokus pada deskripsi dan klasifikasi bentuk lahan berdasarkan kenampakan fisiknya (Marfaei dkk, 2018). Bentuk permukaan bumi diidentifikasi melalui observasi lapangan dan interpretasi peta topografi, seperti dataran, perbukitan, lembah serta pola aliran sungai. Informasi morfografi menjadi landasan utama dalam melakukan analisis morfometri dan morfogenetik (Fitriana, 2021). Metode ini digunakan dengan menganalisis bentuk permukaan bumi dengan mempertimbangkan ketinggian absolut daerah Penelitian (Van Zuidam, 1985). Selain itu, analisis pola aliran juga diolah dari data DEM memanfaatkan *hydrology toolset* dalam aplikasi ArcGIS, lalu diklasifikasikan menggunakan klasifikasi Howard (1967) untuk melihat pengaruh tektonik dan Gambaran resistensi batuan di sekitar Sungai.

Tabel 1. Klasifikasi Morfografi (Van Zuidam, 1985)

Ketinggian	Klasifikasi
<50 m	Dataran rendah
50-100 m	Dataran rendah pedalaman
100-200 m	Perbukitan rendah
200-500	Perbukitan
500-1.500 m	Perbukitan tinggi
>1.500 m	Pegunungan

b. Morfometri

Sebagai penilaian kuantitatif bentuk lahan, analisis morfometri berperan penting dalam menunjang kajian morfografi serta morfogenetik. Melalui klasifikasi Van Zuidam (1985), yang akan digunakan untuk mengevaluasi kemiringan lereng, tingkat erosi dan tingkat kestabilan lereng area penelitian.

Tabel 2. Klasifikasi Kemiringan Lereng (Van Zuidam, 1985)

Kelas Lereng	Kemiringan lereng (%)
Datar-Hampir datar	0-2
Sangat landai	2-4
Landai	4-8
Agak curam	8-16
curam	16-35
Sangat curam	35-55
Terjal	> 55

c. Morfogenetik

Morfogenetik menganalisis asal-usul dan perkembangan bentuk lahan akibat proses endogen (tektonik dan vulkanisme) serta eksogen (pelapukan, erosi, transportasi dan sedimentasi. Selain itu, morfogenetik juga berkaitan erat dengan kondisi litologi dan struktur geologi yang mempengaruhi respon suatu wilayah terhadap proses geomorfologi. Morfogenesis mencakup aspek morfostruktur aktif, morfostruktur pasif, dan morfodinamik.

1) Pengamatan Satuan Gekomorfologi

Satuan geomorfologi ditentukan guna menganalisis bentuk lahan, mekanisme pembentukannya, serta faktor-faktor pengontrol Perkembangan morfologi di daerah Penelitian. Klasifikasi bentuk lahan tersebut diidentifikasi berdasarkan parameter kemiringan lereng dan pola aliran sungai mengacu pada klasifikasi (*landform*) Brahmantyo dan Bandono, 2006.

2) Sintesis Data Lapangan

Tahap ini bertujuan menyelaraskan hasil analisis spasial digital dengan kondisi geomorfologi actual di lapangan guna menetapkan batas satuan bentuk lahan secara presisi dan akurat.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Aspek Geomorfologi

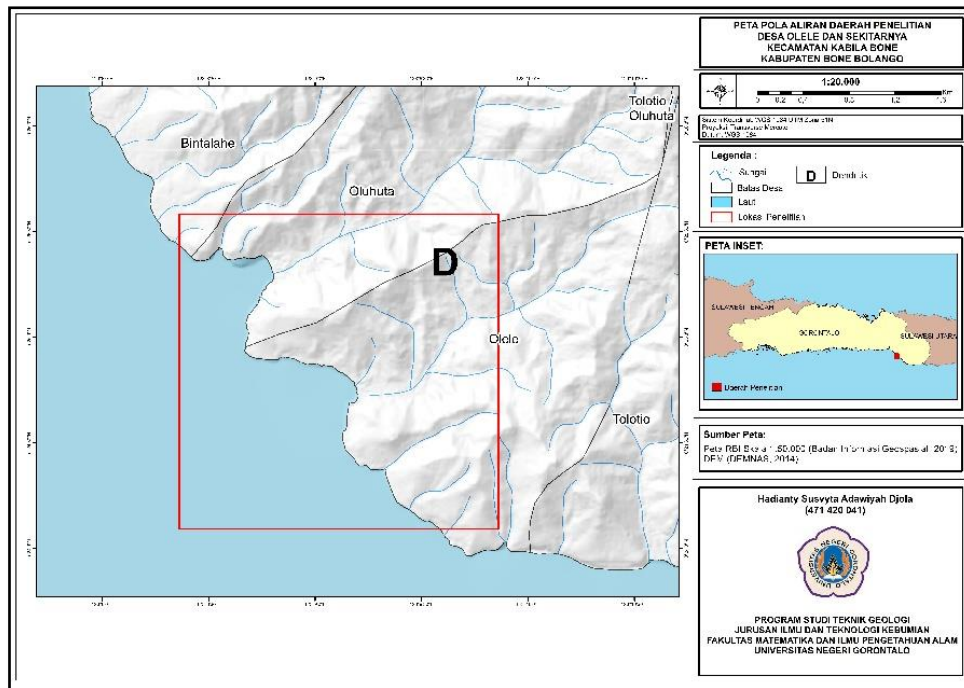
Pemetaan geomorfologi pada penelitian ini berdasarkan klasifikasi Van Zuidam (1975) dan Brahmantyo (2006), yang mencakup unsur morfologi, morfometri dan morfogenesis.

a. Morfografi

Analisis morfografi area penelitian dilakukan dengan memanfaatkan data DEM mengacu pada klasifikasi Brahmantyo, (2006). Berdasarkan hasil analisis, morfografi daerah penelitian meliputi satuan dataran hingga perbukitan. Satuan dataran berada pada ketinggian 0-50 mdpl dengan kelereng datar-landai, sedangkan satuan perbukitan memiliki elevasi 200-320 mdpl dengan lereng yang relatif curam-sangat curam.

1) Pola Aliran Sungai

Berdasarkan analisis topografi mengacu pada klasifikasi Howard (1967), mengindikasikan bahwa pola aliran sungai di daerah penelitian menunjukkan pola dendritik (Gamabar 2). Pola aliran ini mengikuti orientasi lereng yang relatif landai dan membentuk percabangan yang menyebar seperti pohon rindang.



Gambar 2. Peta Pola Aliran daerah penelitian.

2) Stadia Sungai

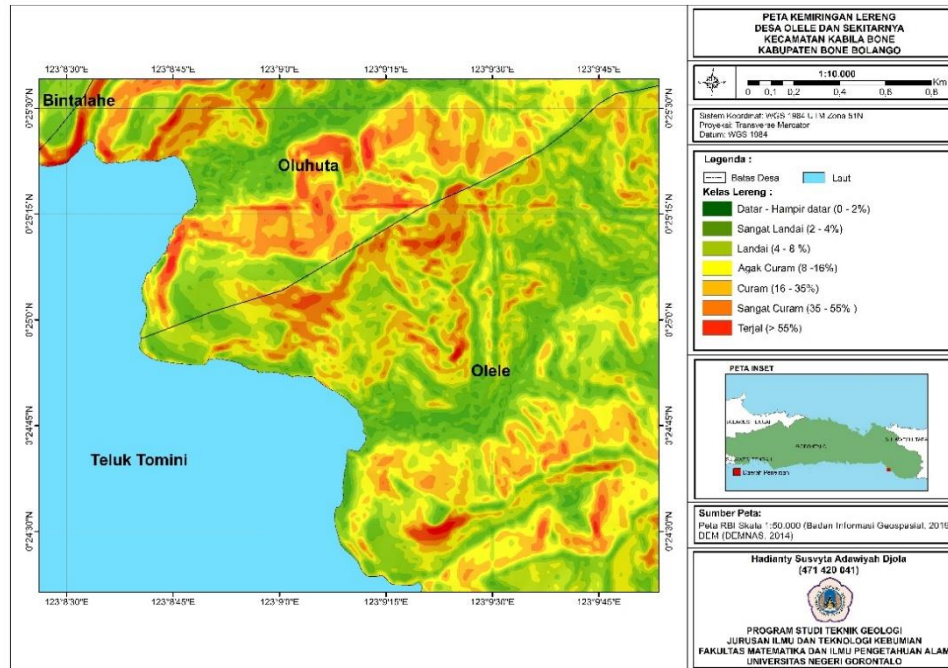
Stadia sungai merupakan tahap perkembangan sungai yang menunjukkan perubahan bentuk aliran sungai dari waktu ke waktu. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa stadia muda dicirikan oleh lembah berbentuk “V” pada daerah berlereng terjal, sedangkan stadia dewasa memiliki lembah lebih lebar berbentuk “U” pada topografi yang landai. Sungai di daerah penelitian tergolong sungai *intermittent*, yaitu sungai yang alirannya bergantung pada musim dan kondisi cuaca sehingga dapat mengering saat kemarau dan mengalir kembali pada musim hujan.



Gambar 3. (A) kenampakan stadia sungai muda, (B) kenampakan stadia sungai dewasa

3) Morfometri

Analisis morfometri pada daerah penelitian menghasilkan data kemiringan lereng yang mengacu pada klasifikasi kemiringan yang dikemukakan oleh Van Zuidam (1985). Data kemiringan ini menjadi salah satu parameter utama dalam menentukan satuan bentuk lahan pada peta geomorfologi.



Gambar 4. Peta kemiringan lereng daerah penelitian.

Tujuh kelas kelerengan di daerah penelitian menunjukkan variasi karakter geomorfik, tingkat kerentanan, serta potensi pemanfaatan lahan yang berbeda-beda, yaitu kelas lereng datar-hampir datar (0-2%) menempati 47,3% daerah penelitian dengan luas 12,9 km yang ditandai dengan warna hijau tua, kondisi topografinya stabil dan aksesibilitasnya tinggi sehingga zona ini dimanfaatkan untuk area pemukiman. maupun pembangunan infrastruktur.

Selanjutnya, kelas lereng sangat landai (2-4%) menempati 1,31% daerah penelitian dengan luas 0,35 km yang ditandai dengan warna hijau muda. Morfologi zona ini tergolong stabil, sehingga layak diperuntukkan sebagai kawasan permukiman maupun area perkebunan.

Kelas lereng landai (4-8%) menempati 1,6% daerah penelitian dengan luas 0,43 km yang ditandai dengan warna lime. Zona ini juga masih menunjukkan kestabilan morfologi namun diperlukan upaya konservasi lahan agar dapat mempertahankan kestabilannya guna pemanfaatan lahan yang ada.

Kelas lereng agak curam (8-18%) menempati 2,37% daerah penelitian dengan luas 0,64 km yang ditandai dengan warna kuning. Zona ini menunjukkan topografi yang cukup terjal namun masih dapat dimanfaatkan sebagai lahan perkebunan pada beberapa daerah yang memungkinkan.

Kelas lereng curam (18-35%) menempati 22,3% daerah penelitian dengan luas 6,09 km yang ditandai dengan warna orange. Zona ini memiliki resiko erosi yang lebih signifikan terutama di area aliran sungai dan perbukitan. Sudut lereng yang tinggi pada zona ini meningkatkan laju aliran permukaan dan energi kinetik air, yang berimplikasi pada meningkatnya kapasitas angkut sedimen (Kayambo, 2025), maka diperlukan konservasi tanah dan pengelolaan lereng yang intensif melalui pemanfaatan tanaman penutup tanah atau penghijauan Kembali dan tata Kelola system drainase permukaan

Kelas lereng sangat curam (35-55%) menempati 25% dengan luas 6,83 km yang ditandai dengan warna terakota. Tingginya kerentanan terhadap erosi dan tanah longsor menjadikan zona ini tidak direkomendasikan sebagai kawasan pemukiman maupun lahan budidaya intensif. Pemanfaatan lahan pada zona ini lebih sesuai diarahkan sebagai kawasan konservasi, hutan lindung atau vegetasi penutup alami guna menjaga keseimbangan ekosistem di sekitarnya.

Terakhir, kelas lereng terjal (>55%) menempati 0,11% dengan luas 0,02 km yang ditandai dengan warna merah. Zona ini memiliki tingkat kemiringan ekstrem yang menyebabkan kondisi medan sulit diakses dan rentan mengalami pergerakan massa tanah maupun ketidakstabilan lereng. Karakteristik tersebut menjadikan wilayah ini tidak layak untuk aktivitas pemanfaatan lahan, sehingga lebih tepat difungsikan sebagai konservasi alami.

Ketujuh kelas lereng tersebut menunjukkan karakteristik tingkat kerawanan geomorfologi serta potensi penggunaan lahan yang berbeda pada daerah penelitian. Pembagian zona ini juga menjadi acuan penting dalam penataan tata ruang, pengelolaan wilayah, dan upaya mitigasi bencana. Ringkasan dari uraian tersebut disajikan pada table berikut:

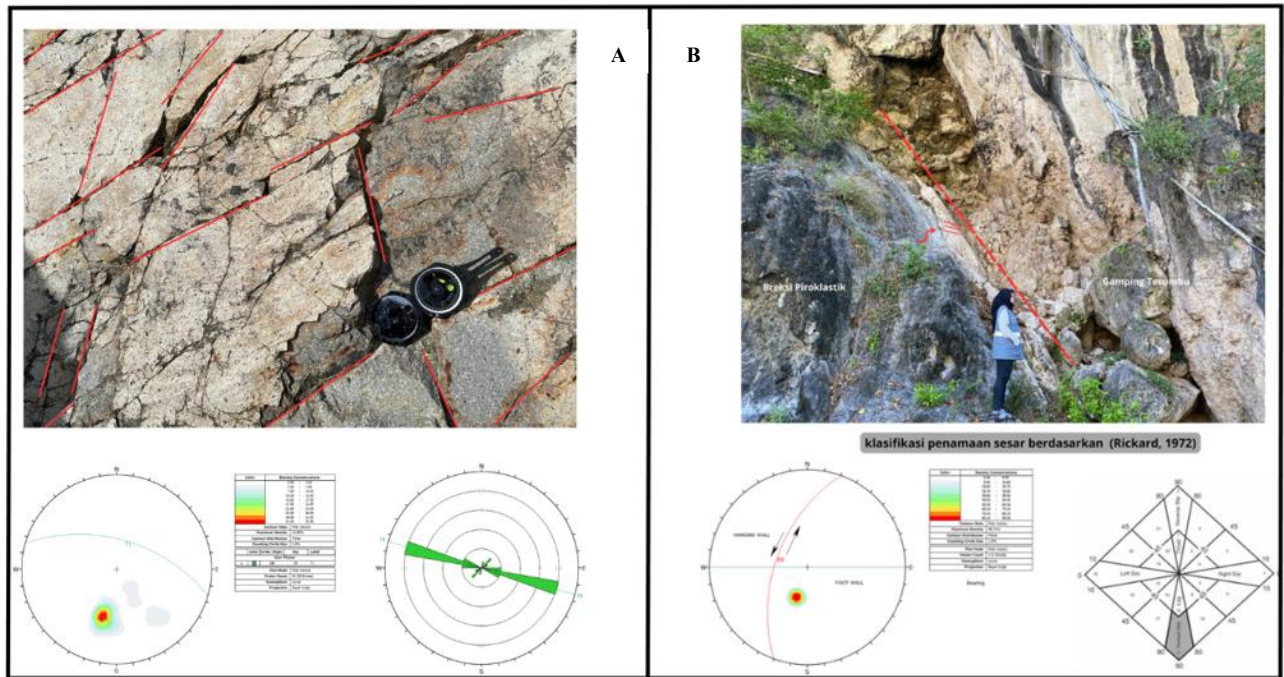
Tabel 3. Data Hasil Analisis kelas kemiringan Lereng Daerah Penelitian

Kelas kemiringan	Kemiringan Lereng (%)	Luas Wilayah (km ²)	Presentase Luas (%)	Karakteristik
Datar	0-2%	12,9 km	47,3%	Topografi stabil, aksesibilitas tinggi, area pemukiman dan pembangunan infrastruktur
Sangat landai	2-4%	0,35 km	1,31%	Morfologi stabil, drainase baik
Landai	4-8%	0,43 km	1,6%	Memerlukan konsevasi lahan guna mempertahankan kestabilan morfologi
Agak Curam	8-18%	0,64 km	2,37%	Topografi cukup terjal, namun masih dapat dijadikan lahan perkebunan
Curam	18-35%	6,09 km	22,3%	Lereng terjal, dan berpotensi erosi meningkat
Sangat Curam	35-55%	6,83 km	25%	Berpotensi erosi dan sangat rentan terjadi longsor, di dominasi oleh perbukitan atau hutan lindung
Terjal	>55%	0,02 km	0,11%	Rentan mengalami pergerakan massa tanah atau ketidakstabilan lereng

4) Morfogenesis

i. Morfostruktur Aktif

Pada lokasi penelitian, morfostruktur aktif terjadi akibat gaya endogen (dari dalam bumi) yang masih berlangsung, aktivitas tektonik kompleks dan pengangkatan (uplift) yang dipicu oleh pergerakan sesar, sehingga terus mendeformasi batuan dan membentuk topografi yang curam serta berkekar rapat. Hal ini ditunjukkan dengan ditemukannya struktur berupa kekar gerus (*shear joint*) berarah dominan Barat Laut-Tenggara yang saling berpasangan dengan kekar renggangan (*extension joint*) berarah timur laut-barat daya serta ditemukan sesar turun (*normal fault*). Kombinasi ini bertindak sebagai zona lemah utama (zone of weakness) yang secara geomorfologis sangat mengontrol tingginya kerentanan terhadap runtuhnya serta longsor pada lereng yang terjal.



Gambar 5. (A) kenampakan struktur kekar dan hasil analisis data stuktur kekar, (B) kenampakan struktur sesar dan klasifikasi sesar

ii. Morfostruktur Pasif

Morfostruktur pasif menjelaskan faktor tipe dan karakteristik batuan (resistensi) yang memengaruhi suatu bentuk lahan. Pada daerah penelitian terdapat tiga satuan batuan yaitu batuan beku intrusi yang memiliki tingkat resistensi tinggi, batuan gunungapi dengan tingkat resistensi sedang serta batuan sedimen karbonat yang secara fisik cukup keras (resisten terhadap erosi mekanis) tetapi sangat lemah terhadap erosi kimiawi (pelarutan air hujan).

iii. Morfodinamik

Morfodinamik merupakan bentuk fisik permukaan bumi yang terbentuk dan terus berubah akibat pengaruh dinamis (air, angin, gelombang, es, hingga aktivitas manusia). Pada daerah penelitian, morfodinamik berjalan sangat aktif dan intensif yang ditunjukkan oleh beberapa dinamika:

- Dinamika lereng terjadi saat hujan lebat, air limpasan (run-off) mengalir cepat di lereng yang dapat mengikis tanah (erosi) dan mengangkut material lapukan batuan. Di saat yang sama, gaya gravitasi memicu *mass wasting* berupa runtuh batu (*rockfall*) dari tebing-tebing curam ke arah jalan raya.
- Dinamika pesisir terjadi saat gelombang air laut terus menerus menghantam kaki tebing gamping terumbu (abrasi). Proses ini mengikis bagian bawah tebing hingga membentuk notch pantai yang perlahan membuat tebing di atasnya runtuh sehingga membentuk pecahan batuan di tepi pantai.
- Dinamika sedimentasi terjadi saat material tanah dan batuan yang tererosi dari lereng atas terbawah oleh air hujan menuju ke laut.

3.2 Satuan Geomorfologi Daerah Penelitian

Berdasarkan Klasifikasi Brahmanytyo dan Bandono (2006), geomorfologi daerah penelitian terbagi menjadi empat satuan, yaitu dataran aluvial, dataran teras terumbu, perbukitan aliran piroklastik dan perbukitan aliran lava (Gambar 6).



Satuan ini mencakup sekitar 11% area penelitian, yang membentuk morfologi dataran rendah berlereng datar hingga sangat landai dengan tipologi lembah berbentuk “U”. Satuan yang direpresentasikan dengan warna biru pada peta geomorfologi ini tersusun oleh endapan material lepas pesisir (kerakal hingga pasir halus) dengan proses morfodinamika yang dominan berupa erosi akibat aktivitas sungai dan pantai.



Satuan ini mencakup 7% area penelitian di sepanjang garis pantai, satuan dataran teras terumbu memiliki relief datar hingga perbukitan rendah dengan lereng sangat landai hingga landai dan lembah berbentuk "V". Satuan ini direpresentasikan dengan warna hijau pada peta geomorfologi, satuan

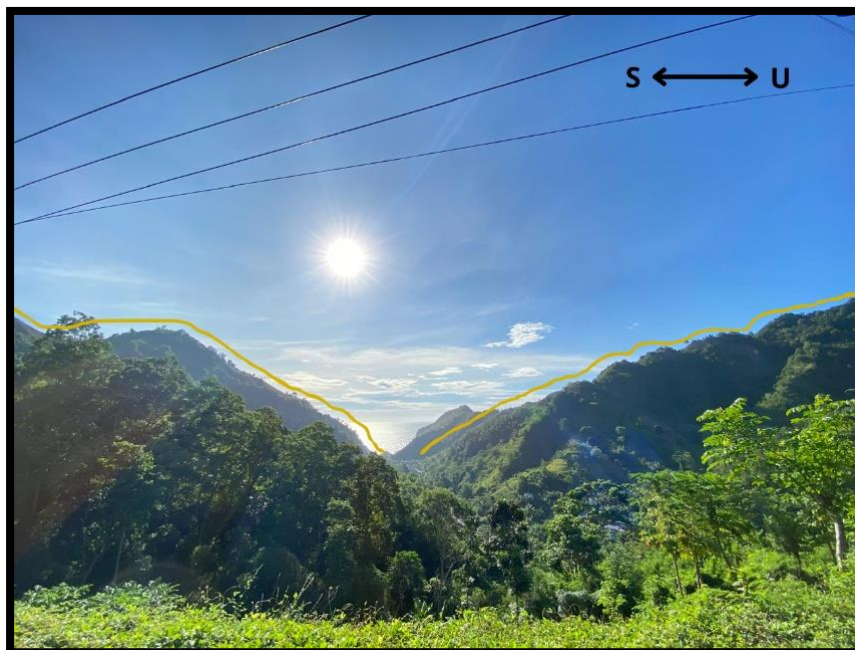
berlitologi batugamping terumbu yang dikontrol oleh proses morfodinamik dominan berupa erosi pelauratan air laut.



Gambar 8. Satuan dataran teras terumbu

c. Satuan perbukitan piroklastik

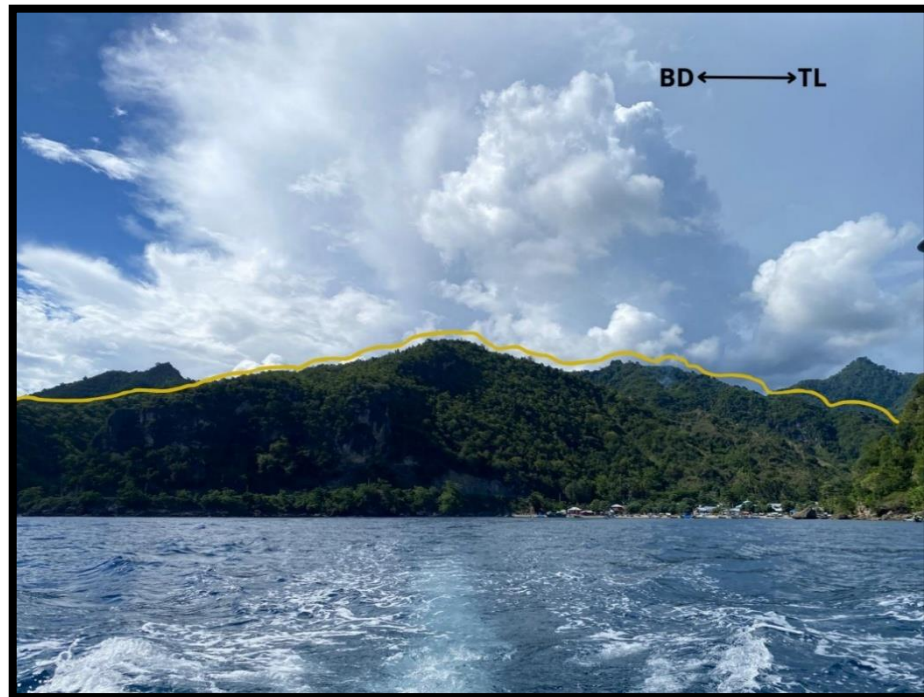
Satuan menempati bagian tengah area yang mencakup 34% daerah penelitian, morfologi satuan ini berupa perbukitan memanjang berlereng agak hingga sangat curam dengan lembah “V” dan pola aliran dendritik. Satuan direpresentasikan dengan warna kuning pada peta geomorfologi, satuan berlitologi breksi piroklastik yang kurang resisten sehingga menunjukkan tingkat erosi dan pelapukan eksogen berkategori sedang.



Gambar 9. Satuan perbukitan piroklastik

d. Satuan perbukitan aliran lava

Satuan ini mencakup 48% daerah penelitian yang mendominasi bagian tengah hingga ke arah utara, satuan perbukitan aliran lava membentuk morfologi perbukitan memanjang berlereng agak curam hingga sangat curam dengan lembah “V”. Direpresentasikan warna merah pada peta geomorfologi, satuan berlitologi dasit porfiri ini mengalami pelapukan dan erosi intensif, serta memicu longsor di sepanjang jalan Trans-Sulawesi akibat batunya yang tidak resisten.



Gambar 10. Satuan perbukitan aliran lava

3.3 Data Hasil Analisis Geomorfologi

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan, interpretasi peta topografi dan analisis laboratorium terhadap parameter morfografi, morfometri, serta morfogenesis, maka karakteristik bentang alam di daerah penelitian dapat dirangkum ke dalam empat satuan geomorfologi. Data komprehensif hasil analisis karakteristik geomorfologi daerah olele dan sekitarnya terdapat pada tabel berikut:

Tabel 4. Data Hasil Analisis Karakteristik geomorfologi daerah penelitian

NO	Satuan geomorfologi	Luas (km ²)	Elevasi (mdpl)	kelas kemiringan	Karakter morfologi	Pola aliran sungai	Litologi	Pengelolaan wilayah	warna
1.	Satuan dataran aluvial	11%	0-40	Dataran rendah: (Datar-sangat landai) (0-4%)	Lereng datar-hampir datar, elevasi rendah, memiliki bentuk lahan berupa dataran pantai dan dataran banjir sehingga lembahnya sangat lebar menyerupai huruf “U”	Dikontrol aktivitas sungai & pantai	Material lepas pesisir (kerakal hingga pasir halus)	Lebih sesuai untuk zona permukiman dan Pembangunan infrastruktur utama (antisipasi erosi Sungai dan abrasi pantai)	Biru
2.	Satuan dataran teras terumbu	7%	0-100	Pesisir pantai: (Sangat landai-landai) (2-8%)	Relief bergelombang, tingkat pengikisanya tergolong rendah hingga sedang	Dominan proses pelarutan air laut	Batugamping terumbu	Zona konservasi/ Kawasan pengembangan wisata (wajib menjaga ekosistem pesisir dari pencemaran)	Hijau

3.	Satuan perbukitan piroklastik	34%	0-320	Agak curam-sangat curam (8-55%)	Perbukitan yang berbentuk punggung memanjang dan terjal dengan kerapatan kontur tinggi. Pada Sebagian kecil area, konturnya tampak agak rengang dengan relief bergelombang hingga berbukit yang tertutup vegetasi lebat.	Dendritik	Breksi piroklastik	Dapat digunakan sebagai lahan pertanian/hutan terbatas (antisipasi pelapukan dan erosi tingkat sedang	Kuning
4.	Satuan perbukitan aliran lava	48%	0-320	Agak curam-sangat curam (8-55%)	Perbukitan yang memanjang dan lereng dinding yang sangat curam, dengan kontur yang rapat mengindikasikan litologi yang resisten lemah-sedang yang membentuk Lembah huruf “V”.	Dendritik	Dasit Porfiri	Kawasan lindung, zona non-budidaya (memerlukan mitigasi guna meminimalkan resiko bencana longsor dan runtuh batuan.	Merah

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik geomorfologi daerah penelitian dikontrol oleh aktivitas endogen berupa tektonisme aktif, karakteristik morfostruktur pasif, serta dinamika eksogen yang menghasilkan tujuh kelas kemiringan lereng dari datar-hampir datar hingga terjal dengan pola aliran sungai dendritik bersifat *intermittent* (bergantung pada musim). Perkembangan sungai menunjukkan kombinasi dua fase pertumbuhan, yakni stadia muda dengan bentuk lembah “V” pada morfologi terjal serta stadia dewasa dengan Lembah lebar berbentuk “U” pada topografi landai. Berdasarkan integrasi parameter morfografi, morfometri dan morfogenesis, daerah penelitian berhasil dideliniasi secara presisi menjadi empat satuan bentuk lahan yaitu satuan dataran alluvial, satuan dataran teras terumbu, satuan perbukitan piroklastik dan satuan perbukitan aliran lava yang dimana karakteristik kelerengannya curam hingga terjal serta pelapukan intensif sehingga memicu kerentanan erosi tinggi, bahaya longsor dan runtuh batu (*rockfall*) yang mengancam jalur transportasi Trans-Sulawesi sehingga memerlukan tindakan mitigasi structural yang intensif.

DAFTAR PUSTAKA

- Apandi, T., dan Bachri, S. (1997). Peta Geologi Lembar Kotamobagu, Sulawesi. Skala 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Abduh R. J., Arifin, Y.I., Ninasafitri. (2025). Analisis Geomorfologi dan Klasifikasi bentuklahan Daerah Olele, Kecamatan Kabila Bone, Kabupaten Bone Bolango. *Journal of Applied Geoscience and Engineering*. 4(2). 125-133. <https://doi.org/10.34312/Jage.v4i2.v4i2.36987>
- Anestasya, F. F., Hardiyono A., dkk. (2025). Karakteristik Geomorfologi Daerah Gunungbatu dan Sekitarnya, Kecamatan Ciracap, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. *Padjadjaran Geoscience Journal*. 9(1). 2597-4033.
- Brahmantyo, B., dan Bandono. (2006). Klasifikasi Bentuk Muka Bumi (*Landform*). *Geoaplika*, 1, 71-79.
- Febrian, M. R., Idarwati. (2025). Analisis Geomorfologi terhadap mitigasi bencana, daerah Cibadak dan sekitarnya, Kecamatan Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. *SENASTITAN V*. pp: 7426. 2775-5630.
- Harun, B., Arifin, Y. I., & Manyoe, I. N. (2022). Karakteristik Geomorfologi Daerah Posso, Kabupaten Gorontalo Utara dan Sekitarnya. *Jambura Geoscience Revie*. 4(2). 145-157. <https://doi.org/10.34312/jgeosrev.v4i2.12712>

- Howard, A.D., (1987). Drainage Analysis in Geologic Interpretation: A Summation. *AAPG Bulletin*. 51/11. 2246-2259.
- Kayambo, M. R., Arifin, Y. I., Akase, N., Uno, D. A. N. (2026). Geomorfologi Daerah Mananggu dan Sekitarnya, Kecamatan Mananggu, Kabupaten Boalemo, Provinsi Gorontalo. *Jurnal Riset dan Pengabdian Interdisipliner*. 3(1). 3064-6111. <https://doi.org/10.37905/jrpi.v3i1.36273>
- Mane, M.S., Permana, A. P., Hutagalung, R., & Aris, A. P. (2024). Lingkungan Pengendapan Batugamping Daerah Oluhuta-Olele, Kabupaten Bone Bolango. Berdasarkan Karakteristik Mikrofases. *Journal of Applied Geoscience and Enggining*. 3(1). 46-50. <https://doi.org/10.34312/>
- Mamonto, F. K., Arifin, Y. I., Akase, N., & Manyoe, I. N. (2024). Karakteristik Geomorfologi Daerah Ayuhulalo Dan Sekitarnya, Kecamatan Tilamuta, Kabupaten Boalemo. *Journal of Applied Geoscience and Enggining*. 3(1), 51-61. <https://doi.org/10.34312/>
- Robbani F. F., Puna H. S., dkk. (2024). Analisis perbedaan karakteristik geomorfologi; Studi kasus pesisir ampenan, Kota Mataram dan Desa Sekotong Barat, Lombok Barat. *Geomedia: Majalah Ilmiah dan Informasi Kegeografian*. 22(1). 49-59. <https://journal.uny.ac.id/index.php/geomedia/index>
- Sinaga, D. O., Meka, N. (2024). Karakteristik geomorfologi dan hubunganya dengan sebaran litologi daerah Way Laga dan sekitarnya, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi*. 1979-911
- Vina, A., Hamidun, S. M., dkk. (2021). Kondisi Terumbu Karang di Perairan Desa Olele. *Jambura Edu Biosfer Journal*. 3(2). 74-81. <https://doi.org/10.34312/jebj>
- Verstapen, H. Th., (1985). *Applied Geomorphological Survey and Natural Hazard Zoning*. ITC, Enschede, The Netherlands.
- Van Zuidam, R. A. (1985). Aerial Photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. *International institute for Aerospace Survey and Earth Sciences*.