



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 4 Nomor 4 Tahun 2024 Page 7378-7390

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Analisis Geomorfologi Pada Daerah Pagergunung, Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat

Bayu Adamsyah¹, Yogie Zulkurnia Rochmana^{2✉}

Universitas Sriwijaya

Email: yogie.zrochmana@ft.unsri.ac.id^{2✉}

Abstrak

Secara administrasi, lokasi penelitian berada pada Daerah Pagergunung dan Sekitarnya, Kecamatan Sidamulih, Kabupaten Pangandaran, Provinsi Jawa Barat. Daerah Pagergunung mempunyai relief yang menarik dan morfologi bervariasi. Kenampakan morfologi yang beragam ini menjadi bukti adanya proses geologi yang terjadi di daerah Pagergunung. Penelitian ini bertujuan untuk membahas bentuk geomorfologi pada daerah penelitian. Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa observasi lapangan serta analisis dari *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS). Daerah Pagergunung memiliki elevasi antara 10-550m dan kemiringan lereng landai, miring, curam, agak curam dan sangat curam. Berdasarkan analisis geomorfologi, terdapat lima macam bentuk lahan yaitu Perbukitan Tinggi Berlereng Landai Miring Denudasi, Perbukitan Rendah Hingga Perbukitan Berlereng Miring Hingga Curam Denudasi, *Channel Irregular Meander*, *Sinous River* dan Dataran Aluvial.

Kata Kunci: *Denudasi, Geomorfologi, Meander, Pagergunung, Pangandaran.*

Abstract

Administratively, the research location is in the Pagergunung and Surrounding Areas, Sidamulih District, Pangandaran Regency, West Java Province. The Pagergunung area has interesting relief and varied morphology. This diverse morphological appearance is evidence of geological processes occurring in the Pagergunung area. This research aims to discuss the geomorphological forms in the research area. The method used in this research is field observation and analysis from the National Digital Elevation Model (DEMNAS). The Pagergunung area has an elevation of between 10-550m and the slopes are gentle, sloping, steep, somewhat steep and very steep. Based on geomorphological analysis, there are five types of landforms, namely high hills with sloping slopes with denudation, low hills with sloping hills with steep slopes with denudation, channel irregular meander, sinuous river and alluvial plains.

Keyword: *Denudation, Geomorphology, Meander, Pagergunung, Pangandaran.*

PENDAHULUAN

Kenampakan geologi pada permukaan bumi di setiap wilayah akan berbeda dengan ciri khasnya masing-masing (A. F. Hidayat et al., 2021). Perubahan bentuk lahan di suatu wilayah dapat dipahami melalui analisis tipe dan jenis batuan yang terkait. Jenis batuan tertentu dapat membentuk morfologi yang terbentuk secara alami (Hasmunir, 2017). Studi bentang alam (*landscape*) adalah bagian dari penelitian geomorfologi yang mempelajari proses pembentukan bentang alam dan bagaimana proses tersebut menghasilkan bentuk lahan (*landform*) yang terbentuk (Brahmantyo & Bandono, 2006). Karakteristik suatu bentuk lahan dapat dianalisis melalui peta topografi dan peta udara yang menampilkan detail bentuk lahan (Trisnawati et al., 2020). Tujuan dari penelitian ini berfokus untuk membahas bentuk geomorfologi pada daerah penelitian. Kenampakan bentang alam yang terbentuk akibat proses geologi dan perkembangan yang terjadi merupakan pengertian dari geomorfologi (Panjaitan & Hastuti, 2022).

Geomorfologi mendeskripsikan bentuk morfologi serta proses yang mempengaruhi bentuk lahan (Latif et al., 2023). Bentuk lahan yang dipengaruhi oleh gerakan tanah, baik oleh aktivitas manusia, dapat mempengaruhi bentuk lahan melalui kegiatan seperti pertanian, pembebanan lereng, pemotongan lereng, serta pembangunan (A. F. Hidayat et al., 2021). A. F. Hidayat et al., 2021 telah melakukan analisis geomorfologi pada daerah Langkaplancar serta terdapat tiga bentuk lahan yaitu Satuan Perbukitan Agak Curam

Vulkanik, Satuan Perbukitan Landai Vulkanik dan Satuan Perbukitan Tinggi Agak Curam Denudasional. Namun penelitian tersebut belum menjelaskan satuan bentuk lahan yang ada pada daerah Pagergunung, analisis geomorfologi pada daerah ini belum dilakukan secara detail dan komprehensif. Maka dari itu, peneliti ingin melakukan analisis geomorfologi pada daerah Pagergunung karena berdasarkan pengamatan langsung daerah ini mempunyai variasi morfologi dan relief yang menarik. Oleh karena itu peneliti melakukan analisis geomorfologi dengan menggunakan metode observasi pada lapangan serta metode analisis dari *Digital Elevation Model* Nasional (DEMNAS). Peneliti harap hasil dari penelitian ini dapat memberikan pemahaman baru mengenai analisis geomorfologi pada daerah Pagergunung.

METODE PENELITIAN

Secara geologi regional daerah penelitian berada pada lembar geologi Pangandaran, untuk mengelompokkan satuan geomorfologi daerah penelitian, dapat dilakukan analisis morfografi, morfometri dan morfogenetik (Hady Viqran & Nalendra Jati, 2021). Analisis morfografi dilakukan dengan cara menganalisis kondisi topografi di lapangan, termasuk pengenalan bentuk lahan dan identifikasi pola yang tampak dari kerapatan kontur pada peta. Aspek morfografi meliputi bentuk lahan serta pola pengaliran sungai (Arnoly & Idarwati, 2023). Morfografi ditinjau dari hubungan ketinggian absolut dengan ketinggian berdasarkan klasifikasi bentuk lahan (Widyatmanti et al., 2016). (Tabel 1)

Tabel 1 Klasifikasi Bentuk Lahan Menurut Widyaatmanti (2016)

	Kelas Elevasi (m)	Tinggi Relatif	%	Kelas
1	<50	Dataran Rendah	0-2	Datar-Sangat Datar
2	50-200	Perbukitan Rendah	3-7	Landai
3	200-500	Perbukitan	8-13	Miring
4	500-1000	Perbukitan Tinggi	14-20	Agak Curam
5	>1000	Pegunungan	21-55	Curam
6			56-140	Sangat Curam
7			>140	Tegak

Metode yang digunakan dalam penelitian ini merupakan metode observasi serta pengolahan data DEMNas. Penelitian dengan metode ini, bukan hanya sebagai proses kegiatan pengamatan dan pencatatan namun memudahkan peneliti mendapatkan informasi lebih (Latif et al., 2023). Metode ini mempunyai tiga tahap yaitu, studi pendahuluan, pengamatan (observasi) lapangan serta analisis studio. Studi pendahuluan meliputi analisis literatur yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi tentang bentuk geologi regional dan keadaan geologi lokal di daerah penelitian. Observasi lapangan bertujuan untuk mengamati perbedaan bentuk lahan yang diakibatkan oleh aktivitas manusia maupun oleh proses tektonik (Amin Syam et al., 2018). Analisis studio merupakan langkah kerja yang melibatkan analisis karakteristik geomorfologi dengan skala 1:25.000. Analisis ini dilakukan dengan mengolah data *shapefile* daerah penelitian serta data *Digital Elevation Model* Nasional (S. Hidayat & Lumbanbatu, 2010).

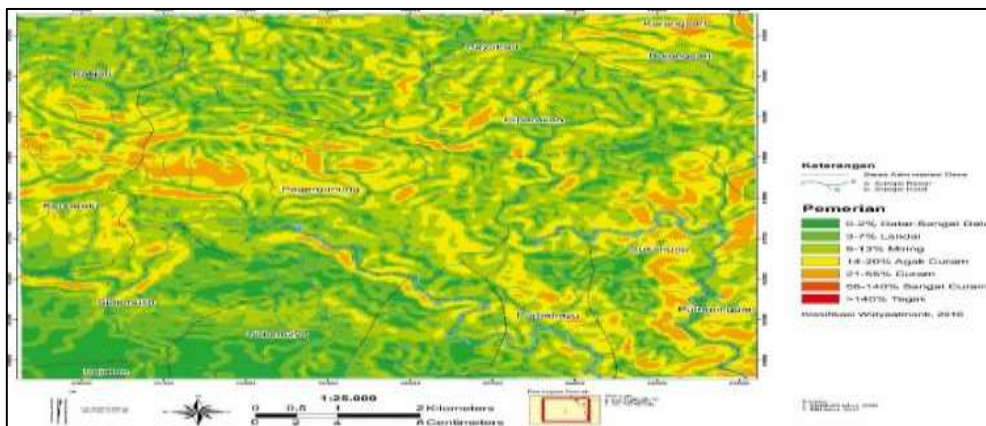
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

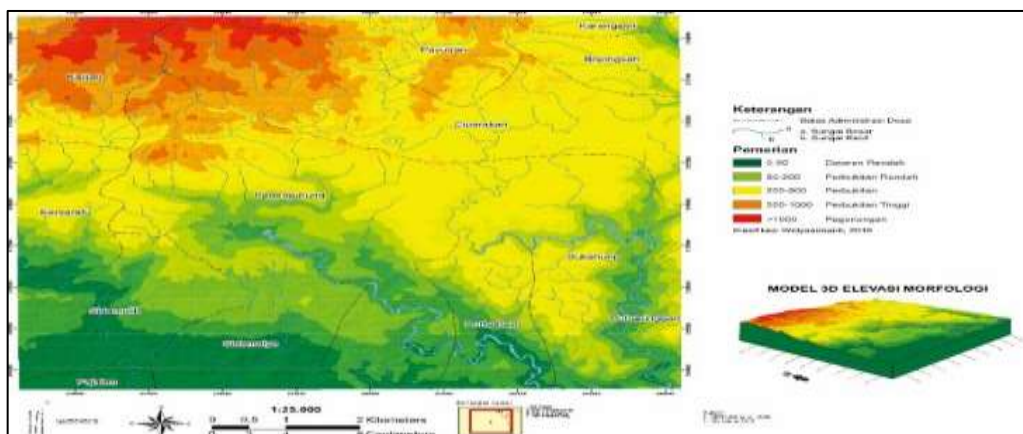
Morfografi pada daerah penelitian terdapat empat klasifikasi bentuk lahan yaitu, dataran, perbukitan rendah, perbukitan serta perbukitan tinggi. Analisis tersebut berdasarkan klasifikasi bentuk lahan dengan menggunakan diagram blok dari data DEMNas yang menunjukkan bahwa morfologi yang terbentuk pada daerah penelitian memiliki elevasi terendah pada 10. Dan elevasi tertinggi pada 550. Sehingga apabila dikategorikan

dengan klasifikasi Widyaatmanti (2016) maka mendapatkan hasil dataran (0-50m), perbukitan rendah (50-200m), perbukitan (200-500m) dan perbukitan tinggi (500-1000m). (Gambar 1)

Morfometri pada daerah penelitian dengan menggunakan analisis kemiringan lereng yang nantinya dapat menentukan faktor yang mempengaruhi bentuk morfologi pada daerah penelitian. Beberapa faktor yang mempengaruhi bentuk morfologi meliputi besar sudut kelereng, resistensi batuan, proses erosi dan juga struktur geologi yang terdapat pada daerah penelitian. Hasil pada analisis ini memiliki empat kelas kemiringan lereng yaitu landai, miring, agak curam dan curam. (Gambar 2)



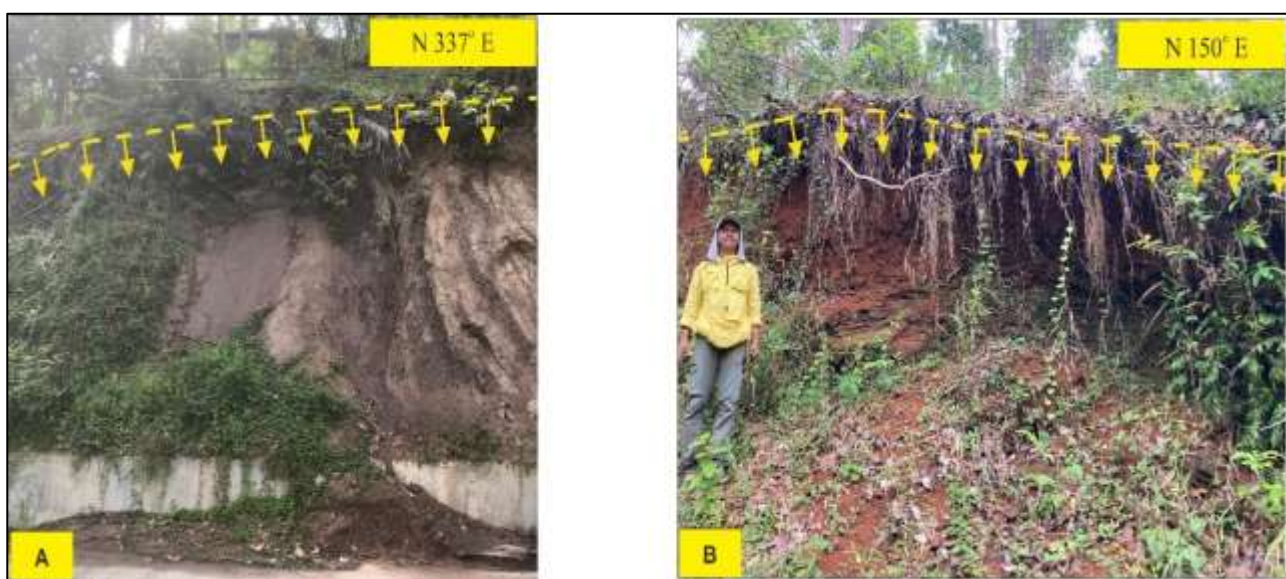
Gambar 1 Peta Morfologi Daerah Penelitian



Gambar 2 Peta Kemiringan Lereng Daerah Penelitian

Proses geomorfik terjadi oleh adanya morfostruktur aktif, morfostruktur pasif dan juga pengaruh dari morfodinamika (Divianto et al., 2020). Morfostruktur aktif merupakan suatu proses perubahan bentuk permukaan bumi yang disebabkan oleh pengaruh struktur

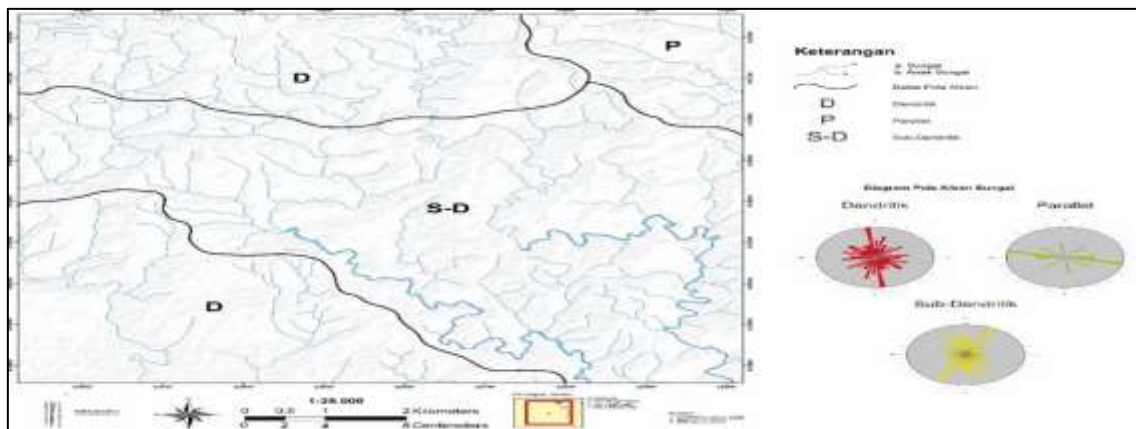
geologi yang berada di sekitar daerah penelitian. Morfostruktur aktif yang terdapat pada daerah penelitian dipengaruhi oleh adanya aktivitas pelapukan yang dapat dilihat pada daerah penelitian yaitu, sesar, sedangkan morfostruktur pasif merupakan bentuk proses perubahan permukaan bumi yang dipengaruhi oleh jenis litologi yang terdapat pada daerah penelitian sehingga tingkat resistensi pada batuan atau dapat menentukan proses degradasional pada daerah tersebut (Fadhilah Hidayat et al., 2021). Proses degradasional pada daerah penelitian dipengaruhi oleh tingkat resistensi pada daerah penelitian yang berlangsung hingga sekarang. Proses tersebut dibuktikan dengan ditemukan longsoran rotasi dan aliran bahan rombakan pada titik pengamatan di daerah penelitian. (Gambar 3)



Gambar 3 Kenampakan Longsor dan Proses Geomorfik Pada Daerah Penelitian. (A) Kenampakan Longsor Desa Kalijati (B) Kenampakan Longsor Desa Pagergunung

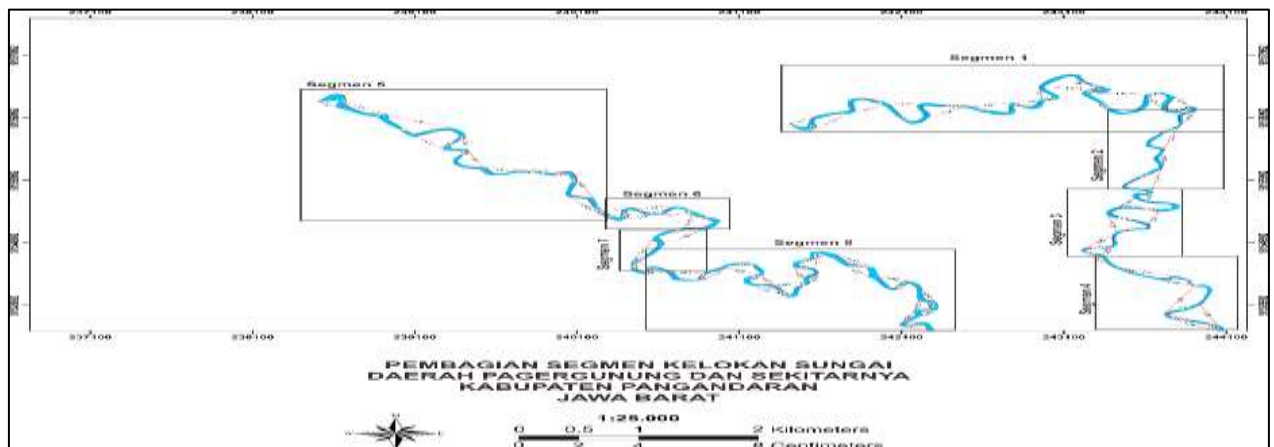
Berdasarkan analisis pola aliran sungai yang terdapat pada daerah penelitian dikontrol oleh satu pola pengaliran yaitu pola aliran dendritik. Pola aliran dendritik menempati 30% luasan daerah penelitian, pola aliran ini memiliki pola yang bercabang-cabang serta dipengaruhi oleh adanya litologi yang resistan (Siagian et al., 2023). Tingkat kerapatan pada sungai yang dibentuk oleh pola aliran ini menggambarkan tingkat resistensi batuan pada daerah penelitian. Pola aliran paralel menempati 10% luasan daerah penelitian, pola aliran ini memiliki pola yang terbentuk oleh lereng yang curam atau terjal, lereng yang terjal memiliki aluran sungai yang berbentuk lurus mengikuti arah lereng dengan cabang yang sejajar dan dipengaruhi oleh struktur geologi. Pola aliran sub-dendritik menempati 40%

luas daerah penelitian, pola aliran ini memiliki pola seperti dendritik tetapi memiliki lebih banyak cabang pada pola alirannya, pola ini menunjukkan adanya kemiringan lereng yang miring hingga curam, serta perbedaan elevasi pada daerah penelitian. (Gambar 4)



Gambar 4 Peta Pola Aliran Daerah Penelitian

Tahapan perkembangan suatu sungai dapat dibagi menjadi 5 stadia, yaitu stadia sungai awal, stadia dewasa, stadia tua, dan stadia remaja kembali *rejuvenation* (Supriadi, 2020). Pada lokasi penelitian, sungai ini masuk ke dalam stadia dewasa yang dimana pada stadia dewasa dapat dicirikan oleh adanya pembentukan dataran banjir secara setempat-setempat dan semakin lama semakin lebar dan akhirnya terisi oleh aliran sungai yang berbentuk meander. *Meandering* sungai yang berada di daerah penelitian termasuk ke dalam jenis *channel irregular meander* (CIM). (Gambar 5)



Gambar 5 Pembagian Segmen Kelokan Sungai Pada Daerah Pagergunung Dan Sekitarnya

Pembagian bentuk sungai bisa dilihat dari nilai *Sinosity Ratio* (SR) yang di dapat dari *channel length* dan *valley length* yang terdapat pada sungai. Hasil dari *Sinosity Ratio* menunjukkan bahwa hasil dari pembagian segmen tersebut terdapat dua tipe sungai, yaitu

sungai meander dan sungai sinous (Charlton, 2008).

Tabel 2 Perhitungan Morfometri Dan Pembagian Segmen Sungai Pada Daerah Pegergunung Dan Sekitarnya

Pembahasan

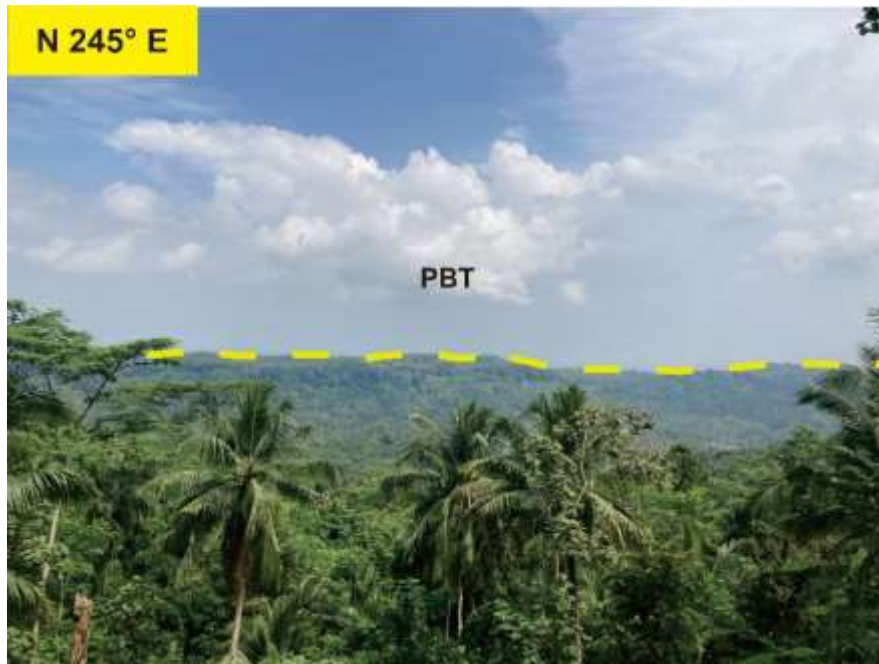
Satuan bentuk lahan pada daerah penelitian memiliki tiga macam bentuk lahan yang

Segmen	<i>Channel Length (m)</i>	<i>Valley Length (m)</i>	<i>Sinosity Ratio (SR)</i>	Tipe Sungai
1	453	234	2,40	<i>Meandering</i>
2	452,7	261,3	1,33	<i>Sinous</i>
3	462,7	197,2	2,57	<i>Meandering</i>
4	473,6	343	1,39	<i>Sinous</i>
5	414,8	302	1,44	<i>sinous</i>
6	343,6	191,6	1,88	<i>Meandering</i>
7	408,6	264	1,90	<i>Sinous</i>
8	285,7	179,2	1,71	<i>Meandering</i>

ditentukan berdasarkan gabungan antara data elevasi, pola kontur dan kemiringan lereng dengan mengacu pada parameter morfografi, morfometri serta morfogenesis. Untuk satuan bentuk lahan daerah penelitian mengacu pada beberapa parameter yaitu, kemiringan lereng (Widyatmanti et al., 2016) dan proses keterbentukan morfologi (Hugget, 2011). Kemudian semua data dikorelasikan dengan bukti yang di dapat pada saat berada di lapangan yang berupa foto untuk menentukan satuan bentuk lahan pada daerah penelitian. Sehingga bentuk lahan di daerah penelitian dapat diklasifikasikan menjadi lima bentuk lahan, yaitu Perbukitan Tinggi Berlereng Landai Miring Denudasi (PBT), Perbukitan Rendah Hingga Perbukitan Berlereng Miring Hingga Curam Denudasi (BRT), *Channel Irregular Meander* (CIM), *Sinous River* (SR) dan Dataran Aluvial (F1).

Bentuk lahan perbukitan tinggi berlereng landai miring denudasi tersebar berkisar 60% pada daerah penelitian, yaitu Desa Ciparakan dan Desa Kalijati. Karakteristik bentuk lahan ini dicirikan dengan elevasi 500-1000m, memiliki pola kontur yang rapat, serta

perbedaan tinggi yang signifikan antara tempat terendah dan tertinggi (Gambar 6) . Bentuk lahan ini terdapat pada daerah dengan topografi perbukitan atau gunung, bentuk lahan ini di manfaatkan oleh warga untuk menjadi pemukiman warga dan kebun milik warga. Berdasarkan jenis litologi pada bentuk lahan ini resistensi batuanya cukup rendah sehingga mempercepat salah satu proses denudasional. Proses denudasional pada daerah ini juga di buktikan dengan adanya bukti longsor pada daerah penelitian.



Gambar 6 Satuan bentuk lahan Perbukitan Tinggi Berlereng Landai Hingga Miring Berdenudasi (Hugget, 2016; Widyaatmanti, 2016)

Bentuk lahan perbukitan rendah hingga perbukitan berlereng miring hingga curam denudasi pada daerah penelitian tersebar berkisar 30% pada daerah penelitian yaitu Desa Kersaratu, Desa Sidamulih, dan Desa Pagergunung. Karakteristik bentuk lahan ini dicirikan morfometri oleh elevasi 200-500m, serta perbedaan tinggi yang signifikan antara tempat terendah dan tertinggi (Gambar 7). Bentuk lahan ini terdapat pada daerah dengan topografi perbukitan atau gunung dengan batuan sehingga bentuk strukturnya tidak tampak lagi karena adanya gerakan massa batuan, memiliki pola kontur yang tidak terlalu rapat serta bentuk lahan ini juga di manfaatkan oleh warga untuk dijadikan pemukiman serta kebun milik warga. Berdasarkan jenis litologi pada bentuk lahan ini resistensi batuanya cukup rendah sehingga mempercepat salah satu proses denudasional. Proses denudasional pada daerah ini juga di buktikan dengan adanya bukti longsor pada daerah penelitian.



Gambar 7 Satuan bentuk lahan Perbukitan Rendah Hingga Perbukitan Berlereng Miring Hingga Curam Denudasi (Hugget, 2016; Widyaatmanti, 2016)

Bentuk lahan *Channel Irregular Meander* pada daerah penelitian terjadi akibat kecepatan aliran, beban sedimentasi dan bentuk geologi pada dasar sungai. Sungai Meander memiliki aliran yang tidak lurus dan membentuk kelokan yang berubah-ubah. Terdapat pula sungai dengan tipe *Sinuous River*, tipe sungai ini memiliki *sinosity ratio* dengan nilai 1.1 hingga 1.5, sungai ini memiliki bentuk seperti garis yang berkelok tidak beraturan dan mempunyai variasi kecepatan aliran yang besar. Klasifikasi yang digunakan pada kelokan sungai ini berdasarkan klasifikasi Charlton, 2008. (Gambar 8)

Bentuk lahan dataran aluvial pada daerah penelitian tersebar berkisar 15% pada daerah penelitian yaitu Desa Sidomulyo dan Desa Purbahayu. Karakteristik bentuk lahan ini dicirikan dengan pola kontur yang renggang sehingga bentuk morfometri berada pada elevasi 10m hingga 50m (Gambar 9). Dataran aluvial ini dikontrol oleh satu pola aliran yaitu dendritik serta tanah yang subur maka dapat dilihat ada hamparan sawah. Pada bentuk lahan ini terdiri atas litologi *soil*, kerikil, dan pasir.



Gambar 8 Bentuk Lahan *Channel Irregular Meander* (Charlton, 2008)



Gambar 9 Satuan bentuk lahan Dataran Aluvial (Verstapen, 1985)

Bentuk lahan daerah Pagunungan, mencakup lima satuan bentuk lahan yang didominasi oleh denudasi yang terjadi akibat aktivitas tektonik serta kemiringan lereng yang miring hingga curam dengan adanya bukti longsoran yang ada pada daerah penelitian. Daerah ini memiliki pola pengaliran dendritik yang dimana resistensi batuan pada daerah ini memiliki kesamaan dan didominasi dengan litologi batupasir. Walaupun berada pada satu cekungan yang sama namun berdasarkan analisis geomorfologi daerah Pagunungan memiliki geomorfologi yang berbeda dengan geomorfologi pada daerah Langkaplancar. Daerah Langkaplancar memiliki tiga bentuk lahan yaitu Perbukitan Agak Curam Vulkanik, Perbukitan Landai Vulkanik, dan Perbukitan Tinggi Agak Curam Denudasional (A. F. Hidayat et al., 2021). Sedangkan pada daerah Pagunungan terdapat lima satuan bentuk lahan yang

meliputi Perbukitan Tinggi Berlereng Landai hingga Miring Berdenudasi, satuan bentuk lahan Perbukitan Rendah hingga Perbukitan Berlereng Miring hingga Curam, *Channel Irregular Meander*, *Sinous River*, dan Dataran Aluvial. Hal ini disebabkan pola aliran yang berbeda sehingga morfologi yang membentuk pada kedua daerah tersebut juga berbeda.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis geomorfologi menggunakan pengamatan (observasi) langsung dan analisis DEMNas, terdapat lima satuan bentuk lahan yaitu satuan bentuk lahan perbukitan tinggi berlereng landai hingga miring berdenudasi, satuan bentuk lahan perbukitan rendah hingga perbukitan berlereng miring hingga curam, *channel irregular meander*, *sinous river*, dan dataran aluvial. Satuan bentuk lahan ini ditentukan berdasarkan gabungan antara data elevasi, pola kontur dan kemiringan lereng yang dipadukan dengan adanya bukti di lapangan. Daerah ini memiliki tiga pola aliran, yaitu Dendritik, Sub-Dendritik, dan Paralel. Daerah ini didominasi dengan denudasional yang didukung dengan adanya longoran serta pola aliran yang ada pada daerah penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin Syam, M., Sasmito, K., & Nur Adlina, N. (2018). Geologi Dan Pengaruh Litologi Terhadap Bentuk Morfologi Daerah Bangun Rejo, Kecamatan Tenggarong Seberang, Kabupaten Kutai, Kartanegara. *Jurnal Teknik Geologi: Ilmu Pengetahuan Dan Teknologi*, 1(1), 1–4.
- Arnoly, M. F., & Idarwati. (2023). Pengaruh Litologi Terhadap Karakteristik Bentuk Morfologi Daerah Sungai Kinantan Besar, Kabupaten Sarolangun, Jambi. *Bulletin of Scientific Contribution: Geology*, 21(3), 115–124.
- Brahmantyo, B., & Bandono. (2006). *Klasifikasi Bentuk Muka Bumi (Landform) untuk Pemetaan Geomorfologi pada Skala 1:25.000 dan Aplikasinya untuk Penataan Ruang*. 1(2), 071–078.
- Charlton, R. (2008). *Fundamentals Of Fluvial Geomorphology*.
- Divianto, M. A., Syahrulyati, T., & Karmadi, M. A. (2020). *Geologi Daerah Sindangsari Dan Sekitarnya Kecamatan Cimerak Kabupaten Pangandaran Provinsi Jawa Barat*.
- Fadhilah Hidayat, A., Fatimah Rosana, M., & Didit Haryanto, A. (2021). Geologi Daerah Langkaplancar Dan Sekitarnya, Kecamatan Langkaplancar, Kabupaten Pangandaran, Provinsi Jawa Barat. *Padjadjaran Geoscience Journal*, Vol. 5(No. 2).

- Hady Viqran, A., & Nalendra Jati, S. (2021). Identifikasi Bentuk Lahan Daerah Batang Asai Dan Sekitarnya, Kabupaten Sarolangun, Jambi. *Avoer*.
- Hasmunir. (2017). Materi Pembelajaran Geomorfologi Untuk Program Studi Pendidikan Geografi. *Jurnal Pendidikan Geosfer, Vol II*(No 2), 2541–6936.
- Hidayat, A. F., Rosana, M. F., & Haryanto, A. D. (2021). Geologi Daerah Langkaplancar, Kecamatan Langkaplancar, Kabupaten Pangandaran, Provinsi Jawa Barat. *Padjadjaran Geoscience Journal, Vol. 5*(No. 1), 2597–4033.
- Hidayat, S., & Lumbanbatu, U. M. (2010). Analisis Bentang Alam Kuarter Daerah Cirebon Berdasarkan Genesanya. *JSDG, Vol. 20*(No. 6).
- Hugget, R. J. (2011). *Fundamentals of Geomorphology*.
- Latif, M. A., Rochmana, Y. Z., & Hastuti, E. W. D. (2023). Analisis Geomorfologi Daerah Bungin Campang Dan Sekitarnya, Kabupaten Oku Selatan, Sumatera Selatan. *Seminar Nasional AVoER 15 Palembang*.
- Panjaitan, Y. A., & Hastuti, E. W. D. (2022). Analisa Morfotektonik Daerah Bayunglencir Dan Sekitarnya, Kabupaten Musi Banyuasin, Sumatera Selatan. *Journal of Geology Sriwijaya, 7*(1).
- Siagian, H. J., Haluk, H., Mayzarah, E. M., & Tandirerung, R. (2023). Hubungan Antara Analisis Pola Aliran Air Dengan Struktur Geologi: Studi Pada Kampung Klaka Dan Sekitarnya, Distrik Maudus, Kabupaten Sorong, Provinsi Papua Barat. *Geosains Dan Teknologi, 6*(1).
- Supriadi, W. (2020). *Siklus Perkembangan Sungai*.
- Trisnawati, D., Syauqi Hidayatillah, A., Yogiswara, G., & Ilma, A. (2020). *Peningkatan Kapasitas Sosial Dalam Mitigasi Bencana gerakan Tanah Kelurahan Meteseh, Kota Semarang* (Vol. 2, Issue 4).
- Widyatmanti, W., Wicaksono, I., & Syam, P. D. R. (2016). Identification of topographic elements composition based on landform boundaries from radar interferometry segmentation (preliminary study on digital landform mapping). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 37*(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/37/1/012008>