



Morfotektonik pada Gunung Parang Melalui Pendekatan Geomorfologi Tektonik Digital, Daerah Karangsambung

 Poppy Muthia Ghufrani^{1✉}, Joko Soesilo¹
¹Program Studi Teknik Geologi, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Yogyakarta, Indonesia

ARTICLE INFO

Article history:

Received: November 24, 2023

Accepted: August 12, 2024

Published: August 30, 2024

Keywords:

 gunung parang
 karangsambung
 morfotektonik
 aktivitas tektonik

Corresponding author:

Poppy Muthia Ghufrani

 Email: 211221@upnvyk.ac.id

Read online:


 Scan this QR code
 with your smart
 phone or mobile
 device to read online.

Copyright © 2024 Authors


 This work is
 licensed under
 a Creative Commons
 Attribution-ShareAlike 4.0 International
 License.

ABSTRAK

Gunung Parang yang merupakan intrusi sill yang terbentuk sebagai *partial melting* akibat aktivitas tektonik berupa subduksi pada kala Miosen yang kemudian menerobos Formasi Karangsambung dan tersingkap ke permukaan sebagai Gunung Parang. Selain terbentuknya intrusi Gunung Parang, hasil dari aktivitas tektonik pada kala tersebut berupa morfologi berupa perbukitan dengan bentukan lahan berupa struktur lipatan antiklin dan sinklin yang membujur dari timur hingga barat daerah Karangsambung. Pendekatan geomorfologi bertujuan untuk menentukan tingkatan aktivitas tektonik berdasarkan analisis morfotektonik di sekitar intrusi Gunung Parang. Analisis morfotektonik dilakukan melalui pendekatan secara kuantitatif, yaitu dengan mengukur dan menghitung variabel indeks geomorfik menggunakan persamaan matematis. Variabel indeks yang dianalisis meliputi hipsometrik integral (H_i), asimetri DAS cekungan (AF), indeks gradien-panjang pengaliran (SL), rasio perbandingan antara lebar dasar lembah dengan ketinggian puncak lembah (V_f), dan sinusiti muka pegunungan (S_{mf}). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa H_i memiliki nilai sebesar 1,0 dengan SL mencakup tiga kelas. Indeks AF memiliki nilai >50 , dan nilai V_f antara 0,26 hingga 0,87 dengan nilai S_{mf} antara 1,3 hingga 2,7. Berdasarkan nilai-nilai tersebut mengindikasikan bahwa daerah di sekitar intrusi gunung Parang memiliki aktivitas tektonik yang tinggi.

ABSTRACT

Mount Parang is a sill intrusion formed as *partial melting* due to tectonic activity namely subduction in Miocene which then broke through the Karangsambung formation and revealed to the surface as Mount Parang. Apart from the Mount Parang intrusion, the result of tectonic activity at that time is hills morphology with landforms in the form of anticline and syncline fold structures that stretch from east to west of the Karangsambung area. The geomorphological approach aims to determine the level of tectonic activity based on morphotectonic analysis around the Mount Parang intrusion. Morphotectonic analysis is conducted through a quantitative approach, by measuring and calculating geomorphic index variables using mathematical formulas. The index variables analysed include hypsometric integral (H_i), basin watershed asymmetry (AF), stream gradient-length index (SL), ratio of valley floor width to valley height (V_f), and mountain front sinuosity (S_{mf}). Based on calculation H_i has a value of 1.0 with SL covering three classes. The AF index has a value of >50 with V_f values is between 0.26 and 0.87 and S_{mf} values between 1.3 and 2.7. Based on these values, it indicates that the area around the Mount Parang intrusion has high tectonic activity.

How to cite: Ghufrani, P. M. dan Soesilo, J. (2024). Morfotektonik pada Gunung Parang Melalui Pendekatan Geomorfologi Tektonik Digital, Daerah Karangsambung. *OPHIOLITE: Jurnal Geologi Terapan*, 6(1), p19-28. <https://doi.org/10.56099/ophi.v6i1.p19-28>

1 Pendahuluan

Gunung Parang terletak di Daerah Karangsambung merupakan intrusi sill yang terbentuk akibat aktivitas tektonik berupa subduksi antara Lempeng Australia dengan micro continent Eurasia yang terjadi pada kala Miosen hingga Pliosen. Aktivitas tektonik ini terus berlanjut hingga kedua lempeng tersebut terbentur satu sama lain (Hidayat dkk., 2021) dan membentuk morfologi berupa perbukitan di daerah tersebut. Salah satu contoh morfologi hasil tektonik berupa bentukan lahan struktural berupa struktur lipatan antiklin dan sinklin yang membujur dari timur hingga barat Karangsambung yang saat ini telah tererosi dan berkembang menjadi morfologi lembah (Pemda Kebumen, 2018). Morfologi yang terbentuk akibat aktivitas tektonik ini memiliki potensi bencana alam, maka pendekatan melalui karakteristik kuantitatif geomorfologi dapat berguna untuk memperkirakan tingkatan aktivitas tektonik di daerah telitian.

Geomorfologi tektonik merupakan studi mengenai suatu bentang lahan yang dihasilkan oleh proses tektonik serta penerapan prinsip-prinsip geomorfik sebagai alat untuk mengevaluasi riwayat dan laju proses tektonik sehingga dapat memecahkan permasalahan tektonik pada suatu daerah (Nugroho dkk., 2020). Geomorfologi tektonik digital merupakan integrasi dari tiga komponen, yaitu geologi struktur, geomorfologi dan analisis lahan digital (*digital terrain analysis*) (Lone, 2017). Tektonik memiliki peran yang penting dalam evolusi morfologi yang ditunjukkan oleh parameter struktural, fluvial dan morfotektonik (Sarma dkk., 2015).

Perhitungan kuantitatif dengan mengkalkulasi parameter secara tidak langsung (indeks geomorfik atau *geomorphic indices*) yang dapat membantu untuk mengidentifikasi tingkat aktivitas tektonik (Jordan, 2004). Salah satu cara untuk mendapatkan informasi spasial yang dibutuhkan untuk komputasi data indeks geomorfik yaitu dengan interpretasi citra melalui penginderaan jarak jauh (Nugroho dkk., 2020).

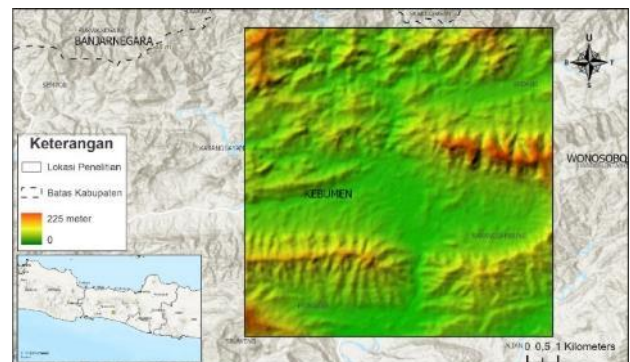
Penelitian dilakukan pada intrusi Gunung Parang yang terletak di Daerah Karangsambung dan sekitarnya, Kecamatan Karangsambung, Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah (Gambar 1). Daerah Karangsambung dan sekitarnya memiliki morfologi berupa perbukitan yang disebabkan oleh aktivitas tektonik yaitu tumbukan antara lempeng samudera Hindia-Australia dengan lempeng benua Eurasia saat Miosen (Hidayat dkk., 2021). Morfologi yang terbentuk akibat aktivitas tektonik ini memiliki potensi bencana alam, maka pendekatan melalui

karakteristik kuantitatif geomorfologi dapat membantu untuk mengidentifikasi pengaruh dari aktivitas tektonik di daerah telitian serta hubungan tingkatan aktivitas tektonik dengan kehadiran struktur geologi pada daerah telitian.

2 Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan analisis kuantitatif indeks geomorfik menggunakan data kuantitatif dari data morfometri yang diperoleh dari peta topografi berskala 1:25,000 dan citra elevasi digital berupa data SRTM. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan bantuan software ArcGIS dan GlobalMapper. Data morfometri yang digunakan meliputi data permukaan suatu lahan seperti elevasi, titik spesifik permukaan (titik tertinggi, titik terendah pada punggung dan lembah) serta data mengenai sistem pengaliran meliputi panjang, densitas sistem pengaliran, urutan orde sungai, dan rasio cabang sungai (Nugroho dkk., 2020). Keseluruhan daerah telitian kemudian dibagi menjadi lima area cekungan (daerah tangkapan air) berdasarkan arah aliran sungai (Gambar 4) yang ditulis secara rinci pada masing-masing tabel.

Pengukuran dan perhitungan variabel indeks geomorfik untuk penelitian ini menggunakan lima indeks geomorfik, meliputi hipsometrik integral (H_i), Indeks gradien-panjang pengaliran (SL), asimetri pengaliran cekungan (AF), rasio antara lebar dasar lembah dengan ketinggian puncak lembah (V_f), serta sinusiti muka punggung (S_{mp}). Masing-masing nilai indeks geomorfik diperoleh menggunakan persamaan matematis yang tertera pada Tabel 1. Hasil analisis masing-masing indeks akan memberikan kelas aktivitas tektonik sehingga dapat memberikan gambaran tingkatan aktivitas tektonik pada daerah telitian (Mahmood dan Gloaguen, 2012).



Gambar 1 Lokasi daerah penelitian, Daerah Karangsambung dan sekitarnya, Provinsi Jawa Tengah (Sumber: ESRI, USGS)

Tabel 1 Parameter morfometrik dan morfotektonik dengan masing-masing rumusnya

Parameter	Rumus	Klasifikasi Nilai	Referensi	Hasil Analisis
Morfometri				
Urutan orde sungai (Su)	Urutan hierarki	-	Strahler (1964)	5
Jumlah aliran sungai (Nu)	Angka atau jumlah aliran sungai	-	Horton (1932)	693
Panjang sungai (Lu)	Panjang aliran sungai	-	Horton (1932)	378,26km
Area (A)	Luas cekungan	-	Schumm (1956)	100km ²
Panjang cekungan (Lb)	Panjang cekungan	-	Schumm (1956)	10km
Faktor bentuk (Ff)	$Ff = \frac{A}{Lb^2}$ A: area (luas cekungan) Lb: panjang cekungan	<ul style="list-style-type: none"> Bentuk cekungan berbentuk lonjong dengan arus aliran pelan dan berdurasi lama ($\leq 0,754$) Bentuk cekungan mendekati lingkaran sempurna dengan arus aliran cepat berdurasi cepat ($\geq 0,754$) 	(Lone, 2017), Horton (1932)	1,0
Rasio bifurikasi (Rb)	$Rb = \frac{Nu}{Nu + 1}$	<ul style="list-style-type: none"> Struktur geologi tidak mempengaruhi pola pengaliran (3,0-5,0) Struktur geologi mempengaruhi pola pengaliran ($> 5,0$) 	Lone (2017), Schumm (1956)	25,17
Morfotektonik				
Kurva hipsometrik dan hipsometrik integral (Hi)	$Hi = \frac{h_{mean} - h_{min}}{h_{max} - h_{min}}$ h _{mean} : rata-rata elevasi h _{min} : elevasi minimum. h _{max} : elevasi maksimum.	<ul style="list-style-type: none"> Kelas 1 menandakan siklus erosi tahap muda (<i>youth</i>) (0,51-0,78) Kelas 2 menandakan siklus erosi tahap dewasa (<i>mature</i>) (0,37-0,50) Kelas 3 menandakan siklus erosi tahap tua (<i>old</i>) ($< 0,37$) 	Strahler (1952)	Kelas 2 dengan kurva hipsometrik cembung-cekung (0,50)
Indeks gradien-panjang aliran sungai (SL)	$SL = \frac{\Delta H}{\Delta L} \times L$ ΔH: perubahan pada elevasi jangkauan. ΔL: panjang jangkauan. L: jumlah panjang alur dari titik tengah jangkauan ke hulu yang dipentingkan hingga titik tertentu pada sebuah alur	<ul style="list-style-type: none"> Kelas 1 ($\geq 1076-750$) Kelas 2 (366-749) Kelas 3 (≤ 365) 	El Hamdouni dkk. (2008)	Kelas 1 (1) Kelas 2 (2) Kelas 3 (2)
Asimetri pengaliran cekungan (AF)	$AF = \frac{A_r}{A_t} \times 100$ A _r : luas cekungan di sebelah kanan (menghadap ke hilir) aliran utama A _t : luas keseluruhan cekungan pengaliran	<ul style="list-style-type: none"> AF$<$50 menandakan tidak adanya pengangkatan tektonik AF$>$50 menandakan adanya pengangkatan tektonik 	Keller dan Pinter (2002)	AF $<$ 50 (1) AF $>$ 50 (4)
Faktor simetri topografi	$T = \frac{D_a}{D_d}$ D _a : jarak dari garis tengah cekungan pengaliran ke garis	<ul style="list-style-type: none"> T=0 mencerminkan cekungan simetris sempurna T\leq1 mencerminkan cekungan mengalami kemiringan 	Cox (1994)	Cekungan mengalami kemiringan (T \leq 1)



Parameter	Rumus	Klasifikasi Nilai	Referensi	Hasil Analisis
transversal (T)	tengah dari sabuk kelokan (meander) D_i : jarak dari garis tengah ke batas cekungan			
Rasio lebar dasar lembah dengan ketinggian puncak lembah (V_f)	$V_f = \frac{2V_{fw}}{(E_{ld} - E_{sc}) + (E_{rd} - E_{sc})}$ V_f : rasio lebar dan tinggi dasar lembah V_{fw} : lebar dasar lembah E_{ld} dan E_{rd} : elevasi dari pembagian dari lembah kiri dan kanan E_{sc} : elevasi dasar lembah	<ul style="list-style-type: none"> Kelas 1 menandakan tingkat pengangkatan tinggi dengan bentuk lembah V (<0.50) Kelas 2 menandakan tingkat pengangkatan sedang dengan bentuk lembah V (0.50-1.00) Kelas 3 menandakan tingkat pengangkatan rendah dengan bentuk lembah U (1.00-10.00) Kelas 4 menandakan tingkat pengangkatan sangat rendah dengan bentuk lembah U (>10.00) 	Keller dan Pinter (2002), Bull dan McFadden (1980)	Tingkat pengangkatan tinggi hingga sedang dengan bentuk lembah V (Kelas 1 dan 2)
Sinusiti muka pegunungan (S_{mf})	$S_{mf} = \frac{L_{mf}}{L_s}$ L_{mf} : panjang bagian depan kaki gunung pada lereng yang jelas L_s : panjang garis lurus bagian depan gunung	<ul style="list-style-type: none"> Kelas 1 menandakan tektonik aktif (1.2-1.6) Kelas 2 menandakan tektonik agak aktif hingga menengah (1.8-3.4) Kelas 3 menandakan tektonik tidak aktif (2.0-7.0) 	Keller dan Pinter (2002), Bull dan McFadden (1980)	Tektonik aktif hingga agak aktif (Kelas 1 dan 2)

3 Hasil dan Pembahasan

Penelitian dilakukan dengan menganalisis beberapa indeks geomorfik berdasarkan data morfometri. Data morfometri diperoleh dari citra elevasi digital SRTM 1 Arc-Second Global yang diperoleh dari USGS dan peta topografi daerah telitian berskala 1:25.000 yang dikeluarkan oleh Bakosurtanal.

Analisis indeks geomorfik dihitung berdasarkan analisis sistem pengaliran maupun bagian depan (muka) pegunungan sehingga terlihat anomali pada keduanya (El Hamdouni dkk., 2008). Anomali dapat hadir karena perubahan secara lokal akibat aktivitas tektonik baik pengangkatan maupun penurunan. Analisis dilakukan pada sistem pengaliran dan muka punggung di sekitar intrusi Gunung Parang. Hasil analisis kemudian dimasukkan ke dalam klasifikasi masing-masing indeks geomorfik sehingga dapat diketahui indeks aktivitas tektonik secara keseluruhan pada daerah telitian.

3.1 Parameter Morfotektonik

Morfometri merupakan hasil pengukuran suatu tampilan atau fitur pada permukaan bumi yang terbentuk akibat proses endogenetik maupun eksogenetik disertai analisis matematik (Dar dkk., 2013). Aspek morfometri yang telah dianalisis dan dihitung menggunakan rumus matematik dijabarkan pada Tabel 2.

Urutan orde sungai (S_u): Urutan orde sungai mencerminkan hubungan hierarki antar segmen atau

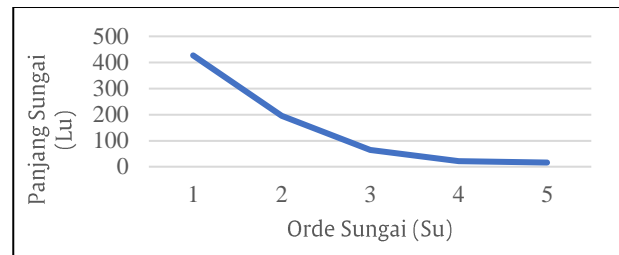
cabang aliran pada suatu sungai. Perhitungan orde sungai didasari oleh metode yang dicetuskan oleh Strahler (1964). Urutan orde sungai pada daerah telitian (Tabel 2) menunjukkan bahwa daerah telitian memiliki lima orde sungai dengan frekuensi maksimum berada pada orde pertama aliran sungai dan berangsur berkurang seiring dengan bertambahnya orde urutan sungai.

Panjang aliran sungai (L_u): Aspek ini merupakan perhitungan keseluruhan panjang aliran sungai pada orde tertentu. Perhitungan dilakukan dengan melakukan komputasi pada peta topografi daerah telitian. Berdasarkan hasil pengukuran secara komputasi, panjang sungai keseluruhan adalah 378,26km, dengan panjang sungai masing-masing orde terjabar pada Tabel 2.

Jumlah aliran sungai (N_u): Aspek ini merupakan jumlah total keseluruhan segmen aliran sungai. Seperti poin panjang aliran sungai, jumlah aliran sungai berkurang seiring dengan bertambahnya orde sungai (Tabel 2). Berdasarkan hasil plotting pada bagan panjang sungai versus urutan orde sungai, kurva membentuk pola linier yang mengindikasikan bahwa jumlah aliran sungai umumnya berkurang secara eksponensial seiring dengan meningkatnya orde sungai (Gambar 2).

Area (A), panjang cekungan (L_b), dan faktor bentuk (Ff): Area cekungan merupakan hasil perkembangan sistem pengaliran secara langsung pada suatu cekungan. Bentuk cekungan akan mempengaruhi karakteristik debit air. Pada tahap awal

terbentuknya sebuah cekungan, umumnya cekungan akan memiliki bentuk seperti buah pir dan menjadi berbentuk lonjong saat siklus berlanjut (Lone, 2017). Luas cekungan pada daerah telitian menyesuaikan dengan luas daerah penelitian, yaitu 100 km². Panjang cekungan merupakan panjang maksimum atau dimensi terpanjang pada cekungan yang sejajar dengan garis sistem pengaliran.



Gambar 2 Pengeplotan Orde Sungai (Su) terhadap Panjang Sungai (Lu)

Tabel 2 Hasil analisis aspek morfometri pada daerah penelitian

Orde Sungai (Su)	Panjang Sungai (Lu)	Jumlah Cabang Sungai (Nu)	Rb	Area (A) (km ²)	Panjang Cekungan (Lb) (km)	Faktor Bentuk (Ff)
1	195,694	427	2,1	100	10	1
2	66,833	195	3,2			
3	19,521	64	2,5			
4	7,947	22	1,3			
5	88,264	16	16,0			

Mengikuti panjang sisi batas daerah telitian, panjang cekungan daerah telitian adalah 10 km. Nilai faktor bentuk (Ff) dengan nilai kurang dari 0.754 akan membentuk daerah aliran sungai (DAS) seperti lingkaran sempurna. Semakin kecil nilai Ff, maka bentuk DAS akan semakin memanjang dengan durasi aliran yang lama. DAS dengan nilai Ff yang tinggi ($\geq 0,754$) akan memiliki puncak aliran yang tinggi dengan durasi yang pendek. Berdasarkan hasil perhitungan, DAS cekungan daerah telitian memiliki Ff senilai 1 sehingga DAS pada daerah penelitian menunjukkan bentuk yang menyerupai lingkaran sempurna dengan durasi aliran yang cepat.

Rasio bifurkasi (Rb) merupakan perbandingan antara jumlah keseluruhan aliran cabang DAS pada orde tertentu dengan jumlah aliran pada orde selanjutnya. Rasio bifurkasi pada daerah penelitian berkisar antara 1,3 hingga 16,0 dengan nilai rata-rata sebesar 5,1 (Tabel 3). Nilai ini menunjukkan bahwa struktur geologi pada daerah telitian memiliki kontrol yang besar terhadap keseluruhan bentuk pola pengaliran pada daerah telitian.

3.2 Parameter Morfotektonik

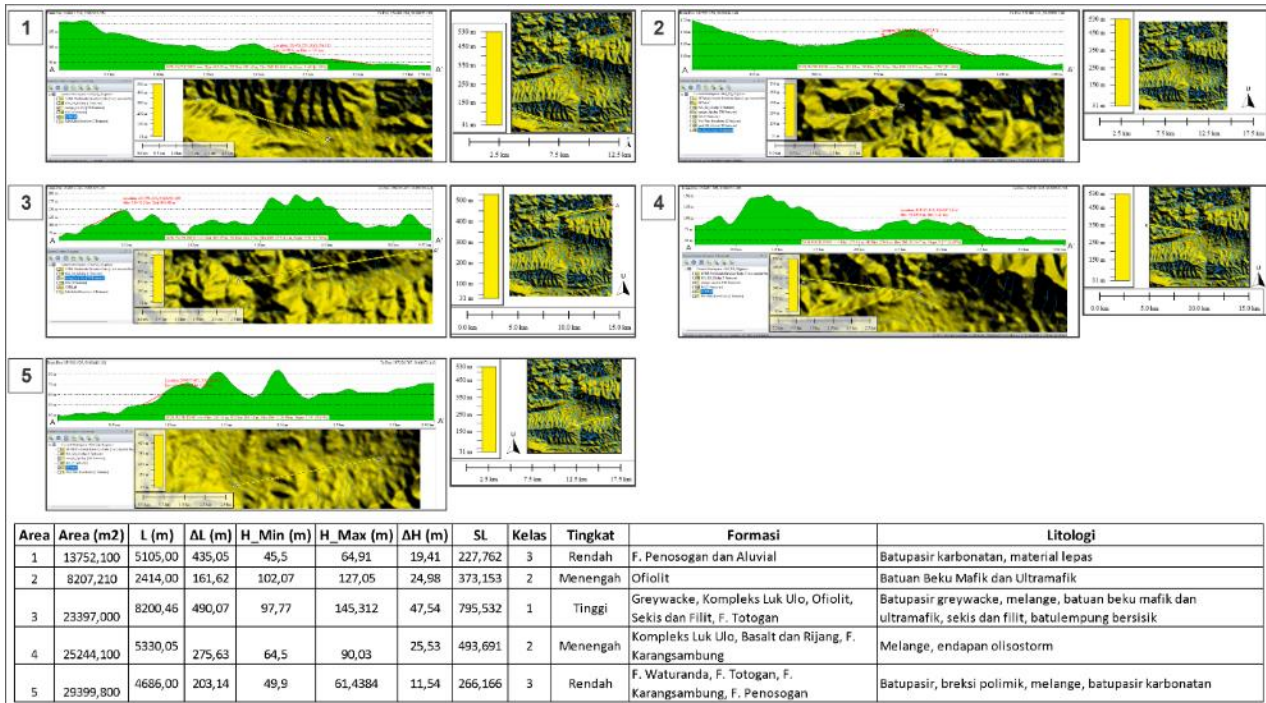
Pendekatan dengan menggunakan parameter morfotektonik dilakukan untuk mempelajari bagaimana suatu bentuk morfologi terbentuk sebagai pengaruh aktivitas tektonik (Doornkamp, 2022). Beberapa parameter morfotektonik yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kurva hipsometrik dan hipsometrik integral (Hi), indeks gradien-panjang aliran sungai (SL), asimetri pengaliran cekungan (AF) dan faktor simetri topografi transversal (T), rasio antara lebar dasar lembah

dengan ketinggian puncak lembah (Vf), serta sinusiti muka pegunungan (Smf).

Integral hipsometrik (Hi) merupakan salah satu indeks yang digunakan untuk mengamati siklus erosi pada suatu morfologi dari keseluruhan DAS sehingga dapat diketahui apakah daerah tersebut merupakan daerah yang secara tektonik aktif atau tidak. Secara teori, siklus erosi yang membentuk suatu morfologi harus melalui beberapa tahapan, yaitu tahap muda (*youthful*) yang ditandai dengan pemotongan yang dalam pada relief dengan permukaan yang kasar, tahap dewasa (*mature*) ditandai oleh banyak proses geomorfik yang bermain peran dalam kesetimbangan, dan tahap terakhir yaitu tahap “usia tua” (*old age*) dicirikan dengan morfologi yang mendekati ketinggian terendah dengan topografi yang relatif tenang (Strahler, 1952).

Nilai Hi diperoleh menggunakan peta topografi ataupun melalui data DEM pada bagian hulu, tengah dan hilir sungai pada beberapa sungai yang mewakili kelima orde sungai. Nilai Hi akan mencerminkan siklus erosi pada suatu daerah. Nilai Hi yang tinggi berasosiasi dengan siklus erosi tahap muda yang dicerminkan oleh keadaan topografi yang relatif tinggi seperti permukaan terangkat yang diukir oleh sungai yang menyayat dalam. Sedangkan saat suatu morfologi terpapar secara ekstrim terhadap proses erosional maka proses erosi oleh DAS sebuah cekungan akan memiliki nilai Hi menengah hingga rendah dengan tahapan siklus erosi dewasa hingga tua. Hasil perhitungan nilai Hi pada daerah telitian adalah 0,5 menunjukkan Hi berada pada sisi menengah mencerminkan bahwa daerah tersebut berada pada tahap dewasa sehingga menunjukkan bahwa daerah penelitian dikontrol oleh tektonik.





Gambar 3 Profil aliran sungai utama pada masing-masing area

Indeks gradien-panjang aliran sungai (SL) berguna untuk membuktikan apakah suatu daerah dikontrol oleh tektonik atau oleh litologi. Melalui indeks SL kita dapat mengukur karakteristik perilaku gradien aliran sungai dan hubungannya dengan keadaan fisiografi, kontrol litologi dan asosiasinya dengan parameter sistem pengaliran (Cox, 1994). Profil aliran sungai pada masing-masing area diperoleh dengan menggunakan data citra SRTM dengan resolusi spasial sebesar 30m yang diperoleh dari USGS (Gambar 3).

Berdasarkan hasil pengamatan profil aliran sungai pada area 1, mengacu peta geologi regional daerah Karangsembung dan sekitarnya oleh Asikin dkk. (1992), dari barat ke timur, sungai melewati Formasi Penosogan dengan litologi batupasir karbonatan dan endapan aluvial berupa material lepas dari dengan nilai indeks SL untuk kedua litologi bernilai rendah, yaitu 227,7. Nilai indeks SL yang rendah mengindikasikan bahwa area 1 tidak dikontrol oleh aktivitas tektonik. Pada area 2, dari barat ke timur, sungai melewati batuan ofiolit yang terdiri dari berbagai batuan beku mafik dan ultramafik dengan nilai indeks SL menengah, yaitu 373,1. Nilai indeks SL yang cukup tinggi mengindikasikan bahwa area 2 cenderung dikontrol oleh aktivitas tektonik. Pada area 3, dari barat ke timur, sungai melewati berbagai litologi dari formasi yang berbeda. Litologi yang dilewati oleh sungai, dari barat ke timur, berupa batupasir greywacke, batuan melange dari Kompleks

Luk Ulo, batuan ofiolit, batuan metamorf berupa sekis dan filit, serta Formasi Totogan berupa batulempung bersisik. Sungai pada area 3 memiliki nilai indeks SL yang tinggi, yaitu 795,5, mengindikasikan bahwa area 3 sangat dikontrol oleh aktivitas tektonik. Pada area 4, dari barat ke timur, sungai melewati beberapa formasi, yaitu kompleks Luk Ulo dengan litologi berupa batuan melange, basalt dan rijang, serta Formasi Karangsembung dengan litologi berupa endapan olisostorm. Sungai pada area 4 memiliki nilai indeks SL sebesar 493,6, mengindikasikan bahwa area ini cukup dikontrol oleh aktivitas tektonik. Pada area 5, dari barat ke timur, sungai melewati Formasi Waturanda dengan litologi batupasir, Formasi Totogan dengan litologi breksi polimik, Formasi Karangsembung dengan litologi batuan melange, dan Formasi Penosogan dengan litologi batupasir karbonatan. Sungai pada area 5 memiliki nilai indeks SL sebesar 266, mengindikasikan bahwa area ini tidak dikontrol oleh aktivitas tektonik.

Berdasarkan analisis peta gabungan antara pola pengaliran dan litologi (Gambar 4), litologi pada sebagian besar aliran sungai adalah heterogen atau bervariasi. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas tektonik pada daerah penelitian berlangsung lama dan intens. Seluruh sistem DAS pada daerah penelitian dari bagian hulu hingga hilir menunjukkan pola pengaliran berupa trellis yang terbentuk akibat kehadiran rekahan serta struktur geologi lainnya.

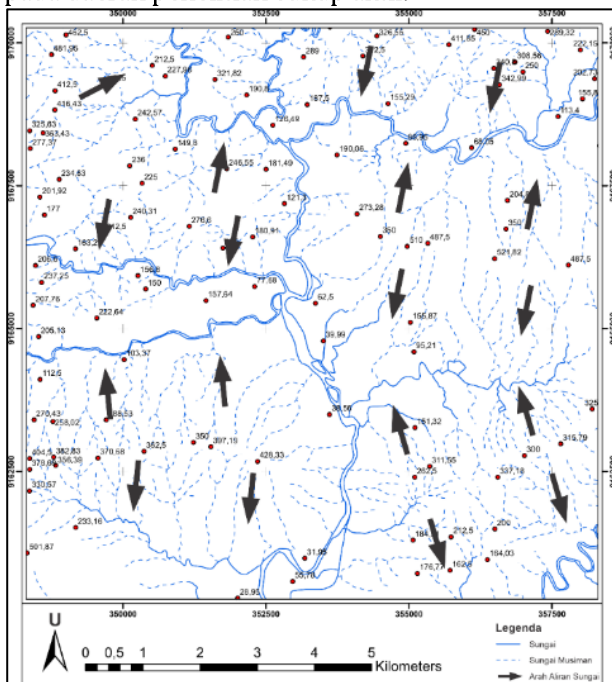
Tabel 3 Hasil Perhitungan AF Pada Daerah Telitian

Area	Area (km ²)	L (km)	Ar (km)	At (km)	AF	Klasifikasi
1	13,752	5,11	5,36	13,75	39,0	Tidak ada pengangkatan tektonik
2	8,207	2,41	4,14	8,21	50,5	Ada pengangkatan tektonik
3	23,397	8,20	12,57	23,40	53,7	Ada pengangkatan tektonik
4	25,244	5,33	15,97	25,24	63,3	Ada pengangkatan tektonik
5	29,400	4,69	17,69	29,40	60,2	Ada pengangkatan tektonik

Tabel 4 Hasil Perhitungan T Pada Daerah Telitian

Area	Da	Dd	T	Klasifikasi
1	436,66	590,5	0,74	Cekungan mengalami kemiringan
2	112,81	1263	0,09	Cekungan mengalami kemiringan
3	238,61	1200	0,20	Cekungan mengalami kemiringan
4	234,34	1028	0,23	Cekungan mengalami kemiringan
5	146,86	2030	0,07	Cekungan mengalami kemiringan

Faktor asimetri (AF) merupakan perbandingan antara area sisi kanan sungai yang menghadap ke hilir terhadap total luas daerah aliran sungai. Faktor asimetri digunakan untuk mengetahui kemiringan tektonik pada sistem pengaliran cekungan dalam skala kecil maupun besar (Sreedevi dkk., 2009). Nilai normal untuk faktor asimetri adalah 50 untuk sungai pada bagian bumi yang stabil dan penyimpangan dari nilai tersebut menunjukkan adanya kemiringan pada cekungan. Berdasarkan hasil perhitungan Tabel 2, hampir keseluruhan daerah penelitian mengalami pengangkatan tektonik dengan nilai antara 39 hingga 63. Hal ini menunjukkan bahwa aktivitas tektonik pada daerah penelitian cukup aktif.



Gambar 4 Peta Daerah Aliran Sungai Pada Daerah Penelitian

Faktor simetri topografi transversal (T) merupakan indeks kuantitatif untuk menilai asimetri sebuah cekungan. Faktor ini dihitung dengan mengukur deviasi garis tengah sistem pengaliran pada cekungan dari garis tengah pada sabuk meander aktif dan deviasi garis tengah cekungan dari tengah cekungan dengan menggunakan persamaan pada Tabel 1. Cekungan yang simetris akan memiliki nilai sama dengan 0 dan jika nilai meningkat maka asimetri akan meningkat hingga nilai mencapai 1. Berdasarkan perhitungan, nilai T pada daerah telitian bernilai lebih dari 0 (0,09 hingga 0,74) sehingga menunjukkan bahwa daerah telitian memiliki bentuk cekungan yang mengalami kemiringan (Tabel 3). Kedua hasil perhitungan AF dan T menunjukkan bahwa cekungan berbentuk asimetris, yang merupakan indikasi langsung kemiringan lereng pada daerah telitian.

Rasio perbandingan lebar lantai lembah dengan ketinggian lembah (Vf) merupakan hubungan antara luas lembah terhadap tinggi disisinya. Indeks ini digunakan untuk membedakan antara lembah berbentuk U dan V (Bull dan McFadden, 1980). Nilai Vf yang tinggi akan mencerminkan tingkat pengangkatan yang rendah, menunjukkan bahwa proses erosi lebih mendominasi, sedangkan nilai Vf yang rendah mengindikasikan kekuatan erosi yang dalam disertai dengan pengangkatan tektonik. Keller dan Pinter (2002) membagi tingkatan aktivitas tektonik berdasarkan nilai Vf menjadi empat tingkatan, yaitu tingkatan 1 dengan nilai Vf <0.50 yang mencerminkan tingkat pengangkatan tinggi dengan bentuk lembah V, tingkatan 2 dengan nilai Vf antara 0.50 hingga 1.00 yang menunjukkan tingkat pengangkatan sedang dengan bentuk lembah V, kelas 3 dengan nilai Vf antara 1.00 hingga 10.00 mencerminkan tingkat pengangkatan rendah dengan bentuk lembah U, dan tingkatan 4 dengan nilai Vf



>10.00 yang mencerminkan tingkat pengangkatan sangat rendah dengan bentuk lembah U.

Perhitungan nilai V_f yang dihitung pada lima area memiliki kisaran nilai antara 0,26 hingga 0,87

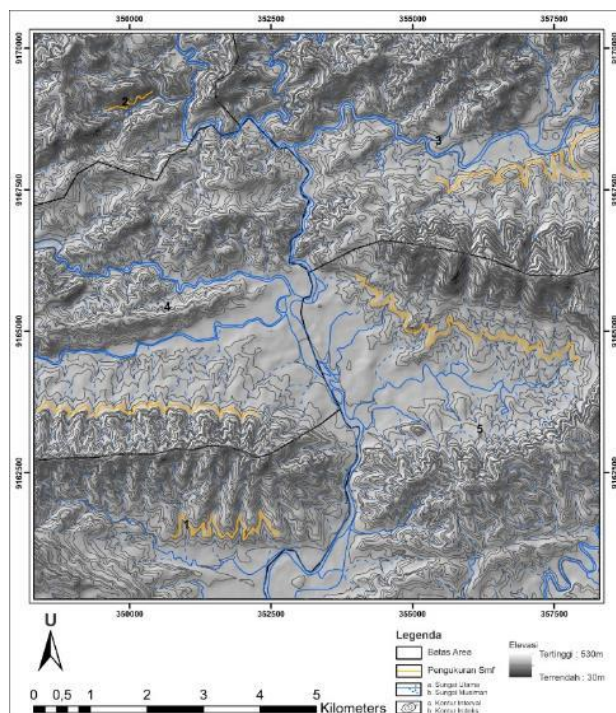
(Tabel 4). Seluruh nilai pada segmen-segmen ini memiliki nilai <1.0 sehingga mencerminkan bentuk lembah pada daerah telitian berbentuk V dengan tingkat pengangkatan tinggi hingga sedang.

Tabel 5 Hasil Perhitungan Nilai V_f Pada Daerah Telitian

Area	V_{fw} (m)	Esc (m)	Eld (m)	Erd (m)	V_f	Kelas	Klasifikasi
1	76,95	61,98	151,30	150,30	0,87	2	Tingkat pengangkatan sedang dengan bentuk lembah V
2	43,32	112,81	225,20	234,35	0,37	1	Tingkat pengangkatan tinggi dengan bentuk lembah V
3	35,99	75,54	94,31	140,01	0,86	2	Tingkat pengangkatan sedang dengan bentuk lembah V
4	44,08	60,06	146,68	152,40	0,49	1	Tingkat pengangkatan tinggi dengan bentuk lembah V
5	5,49	54,19	78,01	72,90	0,26	1	Tingkat pengangkatan tinggi dengan bentuk lembah V

Tabel 6 Hasil Perhitungan Nilai S_{mf} Pada Daerah Telitian

Area	L_{mf} (km)	L_s (km)	S_{mf}	Kelas	Klasifikasi
1	5,03	1,89	2,7	2	Tektonik agak aktif hingga agak aktif
2	1,13	0,88	1,3	1	Tektonik aktif
3	7,04	3,10	2,3	2	Tektonik agak aktif hingga agak aktif
4	6,10	3,95	1,5	1	Tektonik aktif
5	8,79	4,25	2,1	2	Tektonik agak aktif hingga agak aktif



Gambar 5 Peta Topografi Daerah Telitian Beserta Letak Perhitungan Nilai S_{mf}

Sinusiti muka punggungan (S_{mf}) merupakan hubungan antara panjang muka gunung (punggungan) (L_{mf}) dengan garis lurus sepanjang seluruh muka punggungan (L_s). Nilai indeks ini

mencerminkan hubungan antara kekuatan erosional yang membentuk bagian depan (muka) punggungan dan kekuatan tektonik yang menyebabkan punggungan tersebut tersinkronasi dengan sesar yang aktif. Muka gunung yang terkait dengan tektonik aktif dan pengangkatan yang relatif lurus, memiliki nilai S_{mf} yang rendah. Jika tingkat pengangkatan berkurang atau berhenti, maka proses erosi akan mengeruk bagian depan gunung akan lebih tidak teratur, dan nilai S_{mf} akan meningkat (Keller dan Pinter, 2002).

Nilai S_{mf} dihitung menggunakan perangkat lunak Global Mapper menggunakan data citra DEM serta peta topografi (Gambar 5). Nilai S_{mf} dihitung pada kelima area memiliki kisaran nilai antara 1,3 hingga 2,7 (Tabel 5). Seluruh segmen memiliki nilai kurang dari 3,4 sehingga mencerminkan bahwa laju pengangkatan lebih rendah dari proses erosional, menandakan bahwa daerah penelitian cukup aktif secara tektonik.

4 Kesimpulan

Berdasarkan pendekatan geomorfologi tektonik, Daerah Karangsambung dan sekitarnya memiliki aktivitas tektonik yang cukup aktif yang mengontrol morfologi serta bentuk DAS daerah tersebut.

Nilai R_b pada daerah penelitian berkisar antara 1,3 hingga 16,0 dengan nilai rata-rata sebesar 5,1,

bahwa struktur geologi pada daerah telitian memiliki kontrol yang besar terhadap keseluruhan bentuk pola pengaliran pada daerah telitian.

Hasil perhitungan nilai Hi pada daerah penelitian adalah 0,5 menunjukkan Hi berada pada sisi menengah mencerminkan bahwa daerah tersebut berada pada tahap dewasa sehingga menunjukkan bahwa morfologi daerah telitian dikontrol oleh tektonik.

Berdasarkan perhitungan matematik, nilai SL pada daerah penelitian berkisar antara 266 hingga 795, hasil ini menunjukkan bahwa daerah telitian cukup dikontrol oleh tektonik.

Nilai AF daerah telitian bernilai antara 39 hingga 63, mencerminkan bahwa hampir keseluruhan daerah penelitian mengalami pengangkatan tektonik dengan nilai antara 39 hingga 63. Sedangkan nilai T

daerah telitian berkisar antara 0,09 hingga 0,74, mencerminkan bahwa cekungan mengalami kemiringan. Kedua hasil perhitungan AF dan T menunjukkan bahwa cekungan berbentuk asimetris, yang merupakan indikasi langsung kemiringan tanah pada daerah telitian akibat aktivitas tektonik yang cukup aktif.

Nilai Vf dihitung pada lima area memiliki kisaran nilai antara 0,26 hingga 0,87, nilai ini mencerminkan bentuk lembah pada daerah telitian berbentuk V dengan tingkat pengangkatan tinggi hingga sedang.

Nilai Smf dihitung pada kelima area memiliki kisaran nilai antara 1,3 hingga 2,7, mencerminkan bahwa laju pengangkatan lebih rendah dari proses erosional, menandakan bahwa daerah penelitian cukup aktif secara tektonik.

Referensi

- Asikin, S., Handoyo, A. & Gafoer, S. 1992. Peta Geologi Lembar Kebumen, Jawa. Bandung, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Bull, W. B. & McFadden, L. D. 1980. Tectonic Geomorphology North and South of the Garlock Fault, California. In: Doehring, D. O. (ed.) *Geomorphology in Arid Regions*. Routledge. pp. 138-162. <https://doi.org/10.4324/9780429299230>
- Cox, R. T. 1994. Analysis of drainage-basin symmetry as a rapid technique to identify areas of possible Quaternary tilt-block tectonics: An example from the Mississippi Embayment. *Geological Society of America Bulletin*, 106(5), pp. 571-581. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1994\)106<0571:Aodbsa>2.3.Co;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1994)106<0571:Aodbsa>2.3.Co;2)
- Dar, R. A., Chandra, R. & Romshoo, S. A. 2013. Integrated Flood vulnerability Assessment for Flood Risk Management and Disaster Mitigation View project Multifrequency polarimetric SAR View project. *Journal of Mountain Science*, 10, pp. 131-143. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s11629-013-2494>
- Doornkamp, J. C. 2022. Geomorphological approaches to the study of neotectonics. *Journal of the Geological Society*, 143(2), pp. 335-342. <https://doi.org/10.1144/gsjgs.143.2.0335>
- El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernández, T., Chacón, J. & Keller, E. A. 2008. Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain). *Geomorphology*, 96(1-2), pp. 150-173. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.004>
- Hidayat, E., Muslim, D., Zakaria, Z., Permana, H. & Wibowo, D. A. 2021. Tectonic Geomorphology of the Karangsambung Area, Central Java, Indonesia. *Rudarsko-geološko-naftni zbornik*, 36(4), pp. 85-105. <https://doi.org/10.17794/rgn.2021.4.8>
- Horton, R. E. 1932. Drainage-basin characteristics. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 13(1), pp. 350-361. <https://doi.org/10.1029/TR013i001p00350>
- Jordan, G. 2004. *Terrain Modelling with GIS for Tectonic Geomorphology Numerical Methods and Applications*, Disertasi, Acta Universitatis Upsaliensis.
- Keller, E. A. & Pinter, N. 2002. *Active tectonics : Earthquakes, uplift, and landscape* (2 ed.). New Jersey, Prentice Hall.
- Lone, A. 2017. Morphometric and Morphotectonic Analysis of Ferozpur Drainage Basin Left Bank Tributary of River Jhelum of Kashmir Valley, NW Himalayas, India. *Journal of Geography & Natural Disasters*, 7(3), pp. 1000208. <https://doi.org/10.4172/2167-0587.1000208>
- Mahmood, S. A. & Gloaguen, R. 2012. Appraisal of active tectonics in Hindu Kush: Insights from DEM derived geomorphic indices and drainage analysis. *Geoscience Frontiers*, 3(4), pp. 407-428. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2011.12.002>
- Nugroho, A. R. B., Sukiyah, E., Syafri, I. & Isnaniawardhani, V. 2020. Identification of Tectonic Deformation Using Morphometrical Analysis of Lamongan Volcano Complex. *International Journal of GEOMATE*, 19(71), pp. 55-60. <https://doi.org/10.21660/2020.71.18490>
- Pemda Kebumen 2018. *Laporan Usulan Geopark Karangsambung-Karangbolong*. Kebumen.



- Sarma, J. N., Acharjee, S. & Murgante, B. 2015. Morphotectonic study of the Brahmaputra basin using geoinformatics. *Journal of the Geological Society of India*, 86(3), pp. 324-330. <https://doi.org/10.1007/s12594-015-0318-0>
- Schumm, S. A. 1956. Evolution of Drainage Systems and Slopes in Badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5), pp. 597-646. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[597:Eodsas\]2.0.Co;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[597:Eodsas]2.0.Co;2)
- Sreedevi, P. D., Owais, S., Khan, H. H. & Ahmed, S. 2009. Morphometric analysis of a watershed of South India using SRTM data and GIS. *Journal of the Geological Society of India*, 73(4), pp. 543-552. <https://doi.org/10.1007/s12594-009-0038-4>
- Strahler, A. N. 1952. Dynamic Basis of Geomorphology. *Geological Society of America Bulletin*, 63(9), pp. 923-938. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[923:Dbog\]2.0.Co;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[923:Dbog]2.0.Co;2)
- Strahler, A. N. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. *In*: Chow, V. T. (ed.) *Handbook of applied hydrology*. McGraw-Hill. pp. 39-76.