

## ANALISIS MORFOTEKTONIK DAS GRINDULU DI DAERAH PACITAN DAN SEKITARNYA, KABUPATEN PACITAN, JAWA TIMUR

ARIF HANIF HIDAYAT<sup>1</sup>, IMAM A. SADISUN<sup>2</sup>, ASTYKA PAMUMPUNI<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung (ITB),  
Jl. Ganesha No. 10, Bandung, Jawa Barat, Indonesia, 40132,  
Email : [arifhanif.hdyt@gmail.com](mailto:arifhanif.hdyt@gmail.com), [sadisun@gmail.com](mailto:sadisun@gmail.com), [astyka@geodin.net](mailto:astyka@geodin.net)

**Sari** – Bentuk lahan pada daerah tektonik aktif tercermin pada sistem sungai dan bentang alam perbukitan. Studi geomorfologi tektonik merupakan faktor utama yang mengontrol perkembangan bentuk lahan pada daerah tektonik yang aktif dan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap sistem sungai dan bentang alam pegunungan. Penelitian geomorfologi tektonik ini berfokus pada Daerah Aliran Sungai (DAS) Grindulu di Pacitan dan sekitarnya, secara geografis daerah penelitian terletak antara  $07^{\circ} 55' 10''$  LS -  $08^{\circ} 17' 30''$  LS dan  $110^{\circ} 55' 10''$  BT -  $111^{\circ} 25' 10''$  BT. Peneliti membagi menjadi 10 Sub-DAS pada DAS Grindulu dan terdapat beberapa sesar besar diantaranya Sesar Grindulu, Sesar Kayuwayang, Sesar Karangrejo dan Sesar Tegalombo.

Sesar Grindulu merupakan sesar yang diduga aktif sehingga menjadi dasar penelitian ini. Pergerakan sesar yang ada di DAS Grindulu didominasi sesar berarah barat daya-timur laut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dan menganalisis geomorfologi tektonik dari DAS Grindulu, berupa analisis geomorfologi, morfometri, dan sejarah kegempaan.

Salah satu metode untuk mengidentifikasi tingkat keaktifan DAS Grindulu adalah dengan menggunakan pendekatan geomorfologi tektonik melalui parameter kuantitatif morfometri. Analisis kuantitatif morfometri yang digunakan untuk mengidentifikasi Indeks Aktivitas Tektonik Relatif (IATR) yaitu, *knickpoint*, indeks gradien panjang sungai (SL), asimetri DAS (AF), hipsometri integral dan kurva hipsometri (HI), rasio lebar lantai lembah-tinggi lembah (Vf), dan bentuk DAS (Bs). Semua parameter dikombinasikan dengan data geologi meliputi sebaran batuan, topografi, dan struktur geologi di daerah penelitian, serta data sejarah kegempaan sehingga menghasilkan peta kuantitatif aktivitas tektonik relatif pada DAS Grindulu.

Berdasarkan hasil dari aktivitas tektonik relatif pada DAS Grindulu, daerah penelitian dapat dibagi dalam tiga kelas; kelas aktivitas tektonik tinggi, kelas aktivitas tektonik sedang, dan kelas aktivitas tektonik rendah. Berdasarkan hasil analisis nilai IATR, DAS Grindulu yang memiliki aktivitas tektonik tinggi adalah Sub-DAS 2, 7, dan 10, menempati 33,57% pada daerah penelitian, untuk aktivitas tektonik sedang adalah Sub-DAS 1, 3, 5, 8, dan 9 menempati 49,28% pada daerah penelitian, sedangkan untuk aktivitas tektonik rendah adalah Sub-DAS 4 dan 6, menempati 17,16% pada daerah penelitian.

Berdasarkan hasil penelitian ini secara umum dapat disimpulkan bahwa DAS Grindulu memiliki indeks aktivitas tektonik relatif menengah-tinggi, sehingga diharapkan hasil ini bisa menjadi dasar untuk pertimbangan pengembangan wilayah Pacitan dan sekitarnya.

**Kata kunci:** Daerah aliran sungai, Grindulu, geomorfologi tektonik, morfometri, pacitan.

**Abstract-** *Tectonic geomorphology is the main factor that controls the development of landforms in active tectonic areas and has a significant influence on river systems and mountainous landscapes. This tectonic geomorphological research focuses on the Grindulu Watershed (DAS) in Pacitan and its surroundings, geographically the research area is located between  $07^{\circ} 55' 10''$  South Latitude -  $08^{\circ} 17' 30''$  South Latitude and  $110^{\circ} 55' 10''$  East Longitude -  $111^{\circ} 25' 10''$  East. Researchers divided into 10 sub-watersheds in the Grindulu watershed and there are several large faults including the Grindulu Fault, Kayuwayang Fault, Karangrejo Fault and Tegalombo Fault.*

*The Grindulu Fault is a fault that is thought to be active so that it becomes the basis of this research. The fault movement in the Grindulu watershed is dominated by a southwest-northeast trending fault. The purpose of this study was to determine and analyze the tectonic geomorphology of the Grindulu watershed, in the form of geomorphological analysis, morphometry, and seismic history.*

*One method to identify the activity level of the Grindulu watershed is to use a tectonic geomorphology approach through morphometric quantitative parameters. Quantitative morphometric analysis was used to identify the Relative Tectonic Activity Index (IATR), namely, knickpoint, river length gradient index (SL), watershed asymmetry (AF), integral hypsometry and hypsometric curve (HI), valley floor width-to-valley ratio (Vf), and the shape of the watershed (Bs). All parameters are combined with geological data including rock distribution, topography, and geological structure in the study area, as well as historical seismic data to produce a quantitative map of relative tectonic activity in the Grindulu watershed.*

*Based on the results of the relative tectonic activity in the Grindulu watershed, the research area can be divided into three classes; high tectonic activity class, medium tectonic activity class, and low tectonic activity class. Based on the results of the analysis of IATR values, the Grindulu watersheds which have high tectonic activity are Sub-watersheds 2, 7, and 10, occupying 33.57% in the study area, for moderate tectonic activity are Sub-watersheds 1, 3, 5, 8, and 9 occupies 49.28% in the study area, while for low tectonic activity is Sub-watershed 4 and 6, occupying 17.16% in the study area.*

*Based on the results of this study in general it can be concluded that the Grindulu watershed has a relatively medium-high index of tectonic activity, so it is hoped that this result can be the basis for consideration of the development of the Pacitan and surrounding areas.*

**Keywords:** Watershed, Grindulu, tectonic geomorphology, morphometry, pacitan.

## 1. PENDAHULUAN

Gemorfologi tektonik adalah faktor utama yang mengontrol perkembangan bentuk lahan pada daerah tektonik yang aktif dan mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap sistem sungai dan bentang alam pegunungan (Scheidegger dan Ai, 1986). Hal ini memberikan pengaruh pada daerah aliran sungai (DAS) Grindulu di daerah Pacitan dan sekitarnya, Jawa Timur. Daerah aliran sungai (DAS) merupakan sebuah wilayah yang dikelilingi oleh topografi alami berupa punggungan bukit atau pegunungan, presipitasi yang jatuh di atasnya mengalir melalui titik keluar tertentu (*outlet*) yang pada akhirnya bermuara ke danau atau laut (Suripin, 2002). Pembentukan suatu DAS sangat erat kaitannya dengan proses – proses geologi yang menyertai, sehingga penelitian lebih lanjut mengenai DAS sangat penting terhadap perencanaan tata ruang dan pengurangan risiko bencana alam.

Karakteristik morfologi suatu DAS yang dinyatakan secara kuantitatif disebut dengan morfometri (Chorley, 1995). Daerah penelitian merupakan salah satu kawasan rawan bencana gempabumi yang bersumber dari zona subduksi di laut dan sesar yang diduga aktif di darat. Sesar yang diperkirakan aktif berkontribusi pada kegempaan di daerah ini adalah Sesar Grindulu (Gultaf, 2014). Gempabumi darat pada daerah penelitian dan

sekitarnya tercatat ada tujuh puluh empat kejadian gempabumi dengan skala MMI (*Modified Marcalli Intensity*) dengan nilai III-V (BMKG, 2019). Berdasarkan informasi tersebut, penulis mencoba meneliti tingkat keaktifan DAS Grindulu dengan menggunakan pendekatan geomorfologi tektonik berupa parameter kuantitatif morfometri dalam analisisnya untuk mengkaji aktivitas tektonik di daerah penelitian.

## 2. METODOLOGI

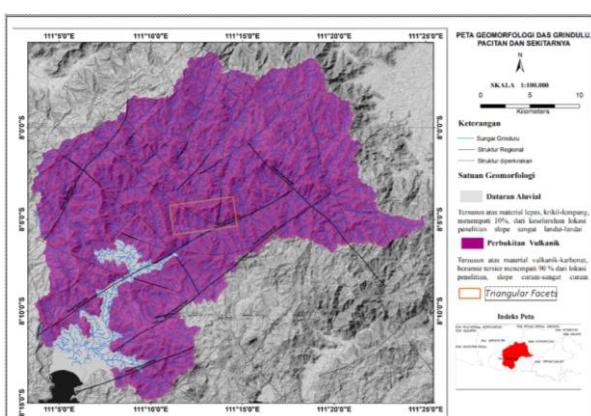
Metode ini menerapkan metode geomorfologi tektonik dengan pendekatan kuantitatif (morfometri) untuk menentukan Indeks Aktivitas Tektonik Relatif pada DAS Grindulu di daerah Pacitan dan sekitarnya. Data yang digunakan pada penelitian ini citra satelit DEMNAS 8 m (BIG, 2020), peta topografi (BIG, 2020), peta geologi lembar Pacitan (Samodra dkk., 1992) dan peta DAS Grindulu. Pengolahan data-data selanjutnya akan menggunakan piranti lunak *Microsoft Excel*, *QGIS*, *Global Mapper* dan *ArcGIS™ 10.3*. Seluruh data digunakan untuk dianalisis kuantitatif morfometri yang digunakan untuk mengidentifikasi Indeks Aktivitas Tektonik Relatif (IATR) yaitu, *Knickpoint*, indeks gradien panjang sungai (SL), asimetri DAS (AF), hipsometri integral dan kurva hipsometri (HI), rasio lebar lantai lembah-tinggi lembah

(Vf), dan bentuk DAS (Bs). Semua parameter dikombinasikan dengan data geologi meliputi sebaran batuan, topografi, dan struktur geologi di daerah penelitian dan data sejarah kegempaan menjadi peta kuantitatif aktivitas tektonik relatif pada DAS Grindulu.

### 3. HASIL

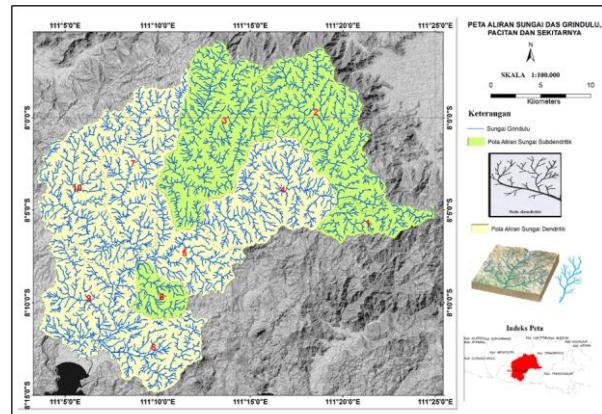
#### Geomorfologi

Bentuk lahan mengalami dinamika selama terjadinya proses geomorfologi, proses fluvial terjadi akibat aliran air dari aktivitas erosi, transportasi, dan sedimentasi (Miardini, 2019). Pembahasan geomorfologi difokuskan kepada karakteristik geomorfologi sebagai respon terhadap litologi dan struktur yang berkembang di daerah penelitian. Perbedaan bentuk morfologi pada umumnya disebabkan oleh perbedaan jenis batuan litologi, struktur geologi, tingkat pelapukan dan erosi, serta vegetasi penutupnya (Topal dkk., 2016).



**Gambar 1.** Peta Geomorfologi pada daerah penelitian dan *triangular facets* pada kotak berwarna orange.

Berdasarkan hasil pengamatan kondisi geomorfologi pada daerah penelitian ditemukan adanya proses geomorfik berupa *triangular facets* (**Gambar 1**). Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan secara umum telah mengalami proses geomorfik tahap lanjut, dengan ditemukan bukti lapangan bahwa proses erosi vertikal lebih mendominasi, pola aliran sungai dendritik dan subdendritik (**Gambar 2**), hal tersebut menandakan bahwa daerah penelitian mengalami keseimbangan geomorfik.



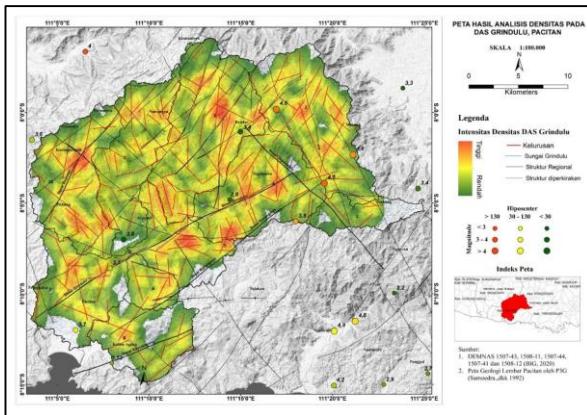
**Gambar 2.** Peta pola aliran sungai pada daerah penelitian yang menunjukkan pola aliran sungai dendritik dan subdendritik.

Berdasarkan analisis geomorfologi, maka daerah penelitian terbagi menjadi dua satuan geomorfologi yaitu, satuan perbukitan vulkanik dan satuan dataran aluvial (**Gambar 1**).

#### Kelurusan dan Densitas Kelurusan

Kelurusan merupakan garis lurus atau garis melengkung pada permukaan bumi yang saling berhubungan dan menunjukkan sesar, kekar, ataupun zona lemah lainnya (Thannoun, 2013). Peta hasil analisis densitas kelurusan pada daerah penelitian dibagi menjadi tiga kelas, yaitu kelas densitas tinggi terdapat pada Sub-DAS 2, 3, 4, 5 dan 10, densitas sedang terdapat pada Sub-DAS 7, 8, dan 9, dan densitas rendah terdapat pada Sub-DAS 1 dan 6. Daerah yang memiliki densitas tinggi pada umumnya tersusun oleh litologi berupa batuan breksi gunungapi, lava, yang terdapat pada Formasi Mandalika dan batuan breksi aneka bahan, konglomerat dengan sisipan batuan gunungapi terdapat pada Formasi Arjosari dan Formasi Watupatok.

Berdasarkan hasil analisis kelurusan dan densitas pada DAS Grindulu menunjukkan variasi tingkatan nilai, diantaranya densitas rendah menempati 45%, menengah 30%, dan 25% densitas tinggi pada daerah penelitian (**Gambar 3**).



**Gambar 3.** Peta hasil analisis kelurusan dan densitas kerusakan daerah penelitian.

### Analisis morfometri

Menurut Keller dan Pinter (2002), morfometri didefinisikan sebagai pengukuran kuantitatif bentuk bentang alam. Geomorfologi dapat mencerminkan karakteristik tertentu suatu daerah dan proses yang membentuknya. Pada tingkat yang paling sederhana, bentuk lahan dapat dikarakterisasi dalam hal ukuran, ketinggian maksimum dan minimum, atau rata-rata, serta kemiringannya (Burbank dan Anderson, 2011).

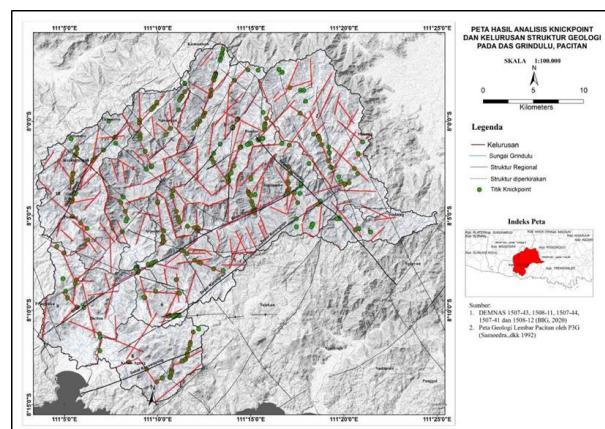
Pengukuran kuantitatif memungkinkan ahli geomorfologi secara objektif untuk membandingkan bentuk lahan yang berbeda dan untuk menghitung parameter yang tidak langsung berupa indeks geomorfik yang mungkin berguna untuk mengidentifikasi karakteristik tertentu seperti tingkat aktivitas tektonik dari suatu daerah yang mengalami deformasi tektonik secara cepat.

Pada analisis morfometri dilakukan beberapa perhitungan kuantitatif yang nantinya akan diklasifikasikan berdasarkan kelas aktivitas tektonik dengan membagi menjadi tiga kelas diantaranya, kelas 1 aktivitas tektonik tinggi, kelas 2 aktivitas tektonik sedang dan kelas 3 aktivitas tektonik rendah (**Error! Reference source not found.**).

**Tabel 1.** Indeks Nilai Relatif Aktivitas Tektonik (Dehbozorgi dkk., 2010).

No	Parameter Morfometri	Nilai Indeks Aktivitas Tektonik Relatif (IATR)		
		Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
1	SL	SL ≥ 500	300 ≤ SL ≤ 500	SL ≤ 300
2	AF	SL ≥ 65 atau AF < 65	35 ≤ AF < 43 atau 57 ≤ AF < 65	43 ≤ AF < 57
3	HI	Hi ≥ 0,5	0,4 ≤ Hi ≤ 0,5	Hi ≤ 0,4
4	Vf	Vf ≥ 0,5	0,5 < Vf < 1	Vf > 1
5	Bs	Bs ≥ 4	3 ≤ Bs ≤ 4	Bs ≤ 3

*Knickpoint* adalah istilah dalam geomorfologi yang menggambarkan sebuah lokasi di sungai atau saluran yang mengalami perubahan tajam dalam kemiringan saluran baik akibat kontak litologi maupun karena adanya struktur geologi. Berdasarkan hasil analisis knickpoint terdapat 365 titik tersebar pada Sub-DAS daerah penelitian. Pada lokasi penelitian Sub-DAS 2, 3, 7, dan 10 merupakan daerah yang paling banyak ditemukan titik knickpoint sehingga pada daerah tersebut dapat disimpulkan bahwa mengalami perubahan tajam kemiringan aliran sungai yang diakibatkan oleh pengaruh litologi ataupun struktur geologi (**Gambar 4**).



**Gambar 4.** Peta hasil analisis pesebaran knickpoint dengan jumlah 365 titik yang tersebar pada daerah penelitian.

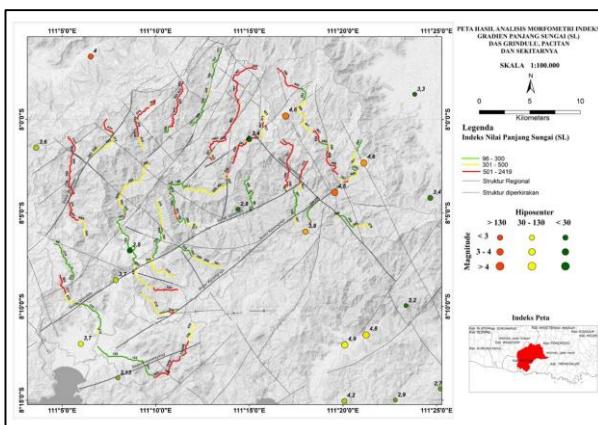
Indeks gradien panjang aliran sungai (SL) merupakan beda elevasi dari titik yang akan dihitung dari peta topografi berdasarkan persamaan dibawah ini:

$$SL = (\Delta H / \Delta L) \times L \Delta H$$

SL adalah indeks panjang gradien aliran (SL),  $\Delta H / \Delta L$  adalah kemiringan saluran atau gradien

jangkauan,  $\Delta H$  adalah beda elevasi dari titik yang akan dihitung dan  $\Delta L$  adalah panjang sungai hingga titik yang akan dihitung, dan  $L$  adalah total panjang sungai hingga ke arah hulu dengan titik yang akan dihitung.

Pada penelitian ini perhitungan nilai SL dilakukan di sepanjang aliran sungai dari hilir ke hulu DAS Grindulu. Berdasarkan hasil perhitungan SL di 280 titik pada DAS Grindulu maka diperoleh kisaran nilai SL dari terkecil adalah 136,8 dan yang terbesar nilai SL adalah 1.419. Nilai SL yang rendah (136,8) akan membentuk penampang sungai yang landai, sedangkan nilai SL yang tinggi (1.419) akan membentuk penampang sungai yang terjal. Pembagian kelas tektonik berdasarkan nilai SL dibagi menjadi tiga kelas, yaitu kelas 1 ( $SL \geq 500$ ), kelas 2  $300 < SL < 500$  dan kelas 3  $SL \leq 300$  (El Hamdouni dkk., 2008). Berdasarkan perhitungan hasil analisis morfometri rata-rata nilai SL pada daerah penelitian dapat disimpulkan bahwa Sub-DAS 2, 7, 8, dan 10 memiliki tingkat aktivitas tektonik tinggi (**Gambar 5**).



**Gambar 5.** Peta hasil analisis nilai SL pada daerah penelitian garis berwarna merah menandakan nilai SL tinggi, garis berwarna kuning sedang, dan garis berwarna hijau rendah.

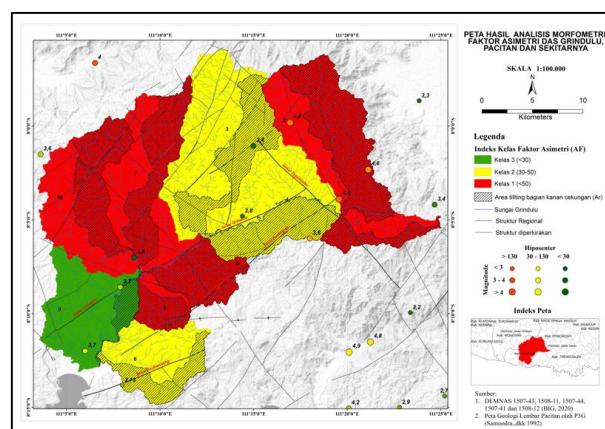
### Faktor Asimetri (AF)

Faktor asimetri merupakan salah satu analisis yang digunakan untuk mendeteksi kemiringan tektonik (*tectonic tilting*) baik pada skala kecil maupun luas (Burbank dan Anderson, 2011).

$$AF = 100(Ar/At)$$

Ar adalah area dari bagian sebelah kanan dari daerah aliran sungai yang dibatasi oleh sungai utama (melihat kearah hilir) dan At adalah total area dari aliran sungai. Dari hasil perhitungan, apabila nilai faktor asimetri yang diperoleh mendekati 50 ( $AF = 50$ ), maka daerah tersebut relatif stabil. Artinya proses tektonik yang bekerja sangat kecil. Apabila nilai AF lebih besar atau kurang dari 50, maka terjadi kemiringan akibat tektonik. Metode ini diterapkan paling cocok pada cekungan drainase dengan batuan dasar yang sama.

Berdasarkan hasil analisis kuantitatif AF didapatkan enam area pada DAS Grindulu yang memiliki kelas 1 diantaranya Sub-DAS 1, 2, 5, 6, 7, dan 10 sedangkan untuk kelas 2 Sub-DAS 3, 4 dan 8, serta kelas 3 Sub-DAS 9 (**Gambar 6**).



**Gambar 6.** Peta hasil analisis AF pada daerah penelitian area berwarna merah kelas tektonik tinggi, kuning kelas tektonik rendah, dan hijau kelas tektonik rendah.

Kurva hipsometri menggambarkan distribusi ketinggian melintasi area tanah (Kaushal dkk., 2017). Kurva dibuat dengan mengeplot perbandingan total tinggi cekungan ( $h / H$  = tinggi relatif) terhadap perbandingan total wilayah cekungan ( $a / A$  = area relatif). Tinggi total ( $H$ ) adalah relief dalam cekungan (ketinggian maksimum dikurangi ketinggian minimum). Luas total permukaan cekungan ( $A$ ) adalah jumlah area antara masing-masing pasangan garis kontur yang berdekatan. Area

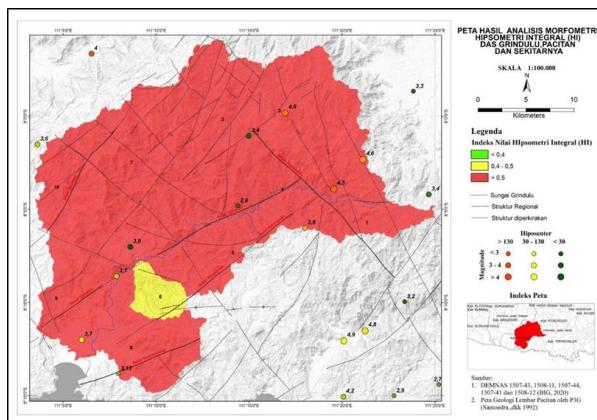
(a) adalah area permukaan dalam cekungan di atas garis elevasi yang diberikan ( $h$ ). Nilai luas relatif ( $a/A$ ) selalu bervariasi dari 1,0 pada titik terendah di cekungan ( $h/H = 0,0$ ) hingga 0,0 pada titik tertinggi di cekungan (di mana  $h/H = 1,0$ ).

Integral hipsometri selanjutnya diberi simbol HI dihitung pada DAS dengan menggunakan Persamaan:

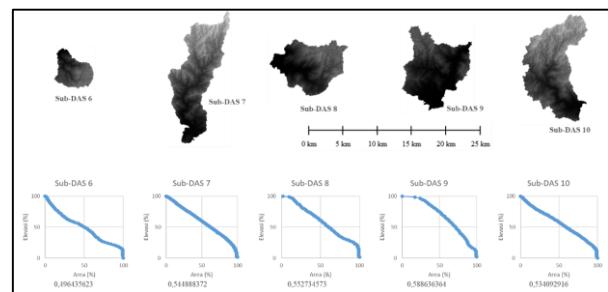
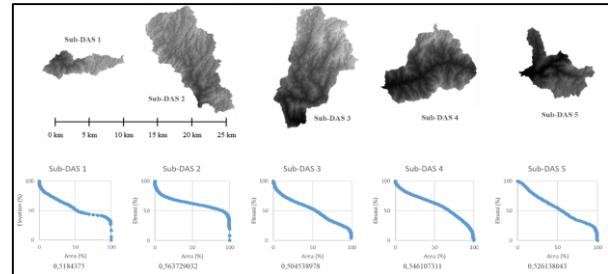
$$HI = \frac{(\text{tinggi rata-rata} - \text{tinggi minimum})}{(\text{tinggi maksimum} - \text{tinggi minimum})}$$

Berdasarkan hasil analisis kuantitatif hipsometri integral dan kurva hipsometri pada DAS Grindulu didominasi oleh Sub-DAS yang memiliki stadia sungai muda kecuali Sub-DAS 6 (**Gambar 7**). Bentuk lahan stadium muda mencerminkan pengangkatan tektonik berupa terehan dalam dan bentuk relief kasar (Gajbhiye dkk., 2014).

Bentuk lahan pada stadium menengah mencerminkan keseimbangan proses geomorfik antara pengangkatan dan erosi. Bentuk lahan stadium tua mencerminkan topografi relief halus dan proses erosi sangat dominan dibandingkan tektonik (**Gambar 8**).



**Gambar 7.** Peta hasil analisis Hi pada daerah penelitian yang menunjukkan bahwa Sub-DAS 6 merupakan kelas tektonik sedang dan Sub-DAS lainnya merupakan kelas tektonik tinggi.

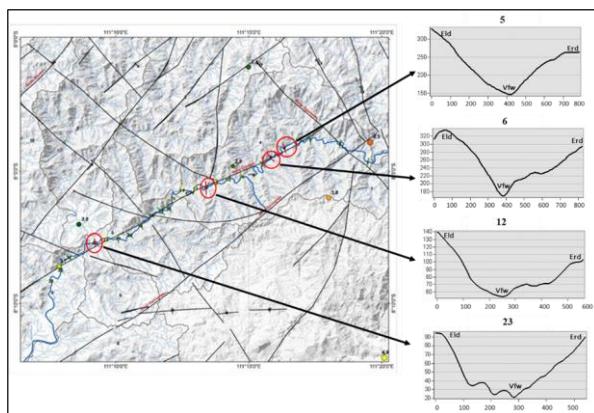


**Gambar 8.** Grafik analisis Hi pada daerah penelitian yang menunjukkan bahwa Sub-DAS 6 merupakan kelas tektonik sedang dan Sub-DAS lainnya merupakan kelas tektonik tinggi.

Rasio lebar dasar lembah dan tinggi lembah ( $Vf$ ) dapat dinyatakan sebagai berikut:

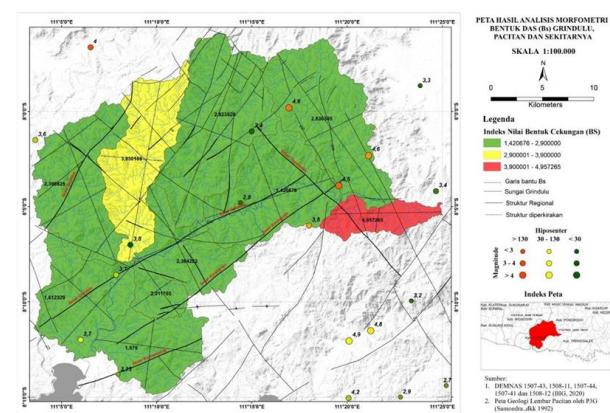
$$Vf = 2Vfw / [(Eld - Ese) + (Erd - Esc)]$$

dengan  $Vf$  adalah rasio lebar dasar terhadap tinggi lembah,  $Vfw$  adalah lebar dasar lembah, Eld dan Erd adalah elevasi lembah kiri dan kanan, dan Esc adalah elevasi dasar lembah. Nilai-nilai  $Vf$  yang rendah mencerminkan lembah-lembah yang dalam dengan aliran-aliran yang secara aktif tergerus, umumnya terkait dengan pengangkatan (*uplift*). Perhitungan rasio lebar dasar lembah dan tinggi lembah atau yang biasa disebut perhitungan  $Vf$  ini dilakukan pada lokasi yang dekat dengan zona Sesar Grindulu pada daerah penelitian. Zona Sesar Grindulu tersebut ditandai dengan area yang memiliki intensitas struktur geologi yang cukup tinggi. Berdasarkan hasil perhitungan  $Vf$  pada daerah penelitian menghasilkan bahwa ada beberapa lokasi yang memiliki aktivitas tektonik tinggi yaitu IDE Vf 5, 6, 12, dan 23 dan interval 0,4-2,9 nilai  $Vf$  rendah umumnya dicirikan dengan bentuk lembah "V" dan nilai  $Vf$  tinggi dicirikan bentuk lembah "U" (**Gambar 9**).



**Gambar 9.** Peta hasil analisis Vf dan penampang sayatan pada daerah penelitian, menunjukkan bahwa daerah yang memiliki kelas tektonik tinggi lembahnya lebar.

Bentuk cekungan pada rangkaian pegunungan dengan tektonik aktif yaitu memanjang (*elongate*) dan bentuk cekungan menjadi lebih melingkar (*circular*) secara progresif terhadap waktu setelah berhentinya proses pengangkatan pegunungan (Figueroa dan Knott, 2010). BI adalah panjang cekungan dari titik tertinggi hingga titik terendah dan Bw adalah lebar dari cekungan dihitung dari titik terlebar. Indeks ini merefleksikan perbedaan antara cekungan yang memanjang (*elongate*) dengan nilai Bs yang tinggi dan bentuk cekungan yang lebih melingkar (*circular*) dengan nilai Bs yang rendah. Cekungan pengaliran dengan lebar yang lebih pendek, lebih dekat dengan pegunungan muka aktif secara tektonik karena energi dari arus sungai langsung tertuju ke bagian tekuk lereng, Bs dapat merefleksikan laju aktivitas tektonik. Berdasarkan hasil analisis Bs pada daerah penelitian bahwa Sub-DAS 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, dan 10 memiliki tingkat aktivitas tektonik rendah, Sub-DAS 7 memiliki tingkat aktivitas tektonik sedang, dan Sub-DAS 1 memiliki tingkat aktivitas tektonik tinggi (**Gambar 10**).



**Gambar 10.** Peta hasil analisis Bs pada daerah penelitian yang menunjukkan bahwa Sub-DAS 1 merupakan kelas tektonik tinggi dan Sub-DAS 7 lainnya merupakan kelas tektonik rendah.

#### 4. DISKUSI

##### Indeks Aktivitas Tektonik Relatif (IATR)

Hasil analisis morfometri menggunakan empat parameter yaitu indeks gradien panjang sungai (SL), asimetri DAS (AF), hipsometri integral dan kurva (HI), rasio lebar dasar lembah dan tinggi lembah (Vf) dan Bentuk DAS (Bs). Empat parameter dikelompokkan menjadi tiga kelas tektonik, yaitu kelas 1, 2, dan 3 (El Hamdouni dkk., 2008). Analisis aktivitas tektonik pada daerah penelitian menggunakan akumulasi parameter morfometri berdasarkan analisis DAS Grindulu, yaitu analisis SL, AF, HI, dan Bs. Metode ini berdasarkan modifikasi dari Dehbozorgi dkk., (2010) yang membagi kelas tektonik di daerah Sarvestan, Iran menggunakan enam parameter morfometri. Adapun pembagian kelas tektonik pada penelitian ini menggunakan empat parameter morfometri diantaranya analisis SL, AF, HI, dan Bs.

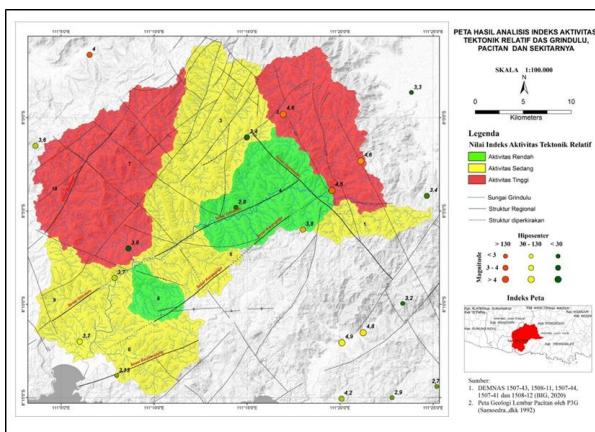
Perhitungan masing – masing parameter morfometri tersebut dijumlahkan sesuai dengan kelasnya dan dibuat nilai Indeks Aktivitas Tektonik Relatif (IATR). Contohnya pada Sub-DAS 2 nilai HI tergolong kelas 1, AF tergolong kelas 1, SL tergolong kelas 1, Bs tergolong kelas 3, maka jumlah dari masing – masing parameter morfometri adalah  $1+1+1+3=6$ . Nilai 6 kemudian dibagi 4 (menggunakan 4 parameter morfometri),

sehingga diperoleh nilai IATR adalah kelas 1.

Pembagian kelas aktivitas tektonik berdasarkan nilai IATR dari empat parameter morfometri tersebut. Mengacu kepada Dehbozorgi dkk. (2010) kelas aktivitas tektonik berdasarkan nilai rata – rata atau IATR dibagi menjadi empat yaitu:

1. Kelas aktivitas tektonik sangat tinggi/kelas 1 ( $1 \leq \text{IATR} < 1,5$ ).
2. Kelas aktivitas tektonik tinggi/kelas 2 ( $1,5 \leq \text{IATR} < 2$ ).
3. Kelas aktivitas tektonik menengah/kelas 3 ( $2 \leq \text{IATR} < 2,5$ ).
4. Kelas aktivitas tektonik rendah/kelas 4 ( $\text{IATR} \geq 2,5$ ).

Berdasarkan hasil klasifikasi tersebut, distribusi IATR yang tersebar pada sepuluh Sub-DAS seluas 674,90 km<sup>2</sup> yaitu, kelas 1 Sub-DAS 2, 7, dan 10, dengan luas 226,58 km<sup>2</sup>, kelas 2 Sub-DAS 1, 3, 5, 8, dan 9, dengan luas 332,56 km<sup>2</sup>, kelas 3 Sub-DAS 4 dan 6 dengan luas 115,75 km<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil tersebut bahwa kelas aktivitas tektonik daerah penelitian menengah-tinggi (**Gambar 11**).



**Gambar 11.** Peta hasil penjumlahan analisis morfometri atau IATR dihasilkan bahwa pada daerah penelitian memiliki tingkat aktivitas tektonik menengah-tinggi.

## 5. KESIMPULAN

Karakteristik geomorfologi pada daerah penelitian secara garis besar merupakan wilayah satuan perbukitan vulkanik dan satuan

dataran aluvial. Berdasarkan hasil pengamatan kondisi geomorfologi pada daerah penelitian ditemukan adanya proses geomorfik berupa *triangular facets* dan pola aliran sungai berupa dendritik dan subdendritik. Pada DAS Grindulu kontrol erosi vertikal lebih mendominasi dengan stadia sungai muda berdasarkan hasil analisis morfometri hipsometri integral dan kurva hipsometri. Struktur geologi pada daerah penelitian didominasi sesar-sesar berarah barat daya-timur laut. Berdasarkan hasil analisis morfometri rata-rata nilai SL pada Sub-DAS 2, 7, 8, dan 10 memiliki aktivitas tektonik tinggi, nilai AF pada Sub-DAS 2, 5, 6, 7, 9, dan 10 memiliki aktivitas tektonik tinggi, nilai HI pada Sub-DAS 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, dan 10 memiliki aktivitas tektonik tinggi, nilai Vf Sub-DAS 4 dan 5 memiliki aktivitas tektonik tinggi, dan nilai Bs hanya Sub-DAS 1 yang memiliki aktivitas tektonik tinggi. Peta kuantitatif indeks aktivitas tektonik relatif atau IATR pada DAS Grindulu yang memiliki aktivitas tektonik tinggi adalah Sub-DAS 2, 7, dan 10 menempati 33,57% pada daerah penelitian, untuk aktivitas tektonik sedang adalah Sub-DAS 1, 3, 5, 8, dan 9 menempati 49,28% pada daerah penelitian, sedangkan untuk aktivitas tektonik rendah adalah Sub-DAS 4 dan 6 menempati 17,16% pada daerah penelitian sehingga dapat disimpulkan bahwa daerah penelitian memiliki kelas aktivitas tektonik menengah-sedang. Berdasarkan hasil analisis morfometri daerah penelitian tidak dipengaruhi oleh kondisi litologi melainkan lebih banyak dipengaruhi oleh struktur geologi. Hasil penelitian ini bisa dijadikan refrensi untuk penataan kota serta tata ruang dalam mitigasi bencana Kabupaten Pacitan dan sekitarnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alipoor, R., Poorkermani, M., Zare, M., and El Hamdouni, R. (2011): Active tectonic assessment around Rudbar Lorestan dam site, High Zagros Belt (SW of Iran), *Geomorphology*.  
<https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.10.014>

- Arthur David Howard (2) (1967): Drainage Analysis in Geologic Interpretation: A Summation, *AAPG Bulletin*. <https://doi.org/10.1306/5d25c26d-16c1-11d7-8645000102c1865d>
- Bachri, S. (2014): Pengaruh Tektonik Regional Terhadap Pola Struktur dan Tektonik Pulau Jawa, *Geologi Dan Sumberdaya Mineral*.
- BMKG, (2019): Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821-2018, *BMC Public Health*.
- BNPB (2014): Rencana Nasional Penanggulangan Bencana 2015-2019, *Rencana Nasional Penanggulangan Bencana 2015-2019 RINGKASAN*.
- Burbank, D. W., and Anderson, R. S. (2011): *Tectonic Geomorphology: Second Edition*, *Tectonic Geomorphology: Second Edition*. <https://doi.org/10.1002/9781444345063>
- Chorley, R. (1995): Horton, R.E. 1945: Erosional development of streams and their drainage basins: Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America* 56, 2 75-370, *Progress in Physical Geography*. <https://doi.org/10.1177/030913339501900406>
- Crosby, B. T., and Whipple, K. X. (2006): Knickpoint initiation and distribution within fluvial networks: 236 waterfalls in the Waipaoa River, North Island, New Zealand, *Geomorphology*. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2005.08.023>
- Dehbozorgi, M., Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, M. M., Motamedi, H., dan Hosseiniasl, A. (2010): Quantitative Analysis of Relative Tectonic Activity in The Sarvestan Area, Central Zagros, Iran, *Jurnal of Geomorphology*, 1–13.
- El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernández, T., Chacón, J., and Keller, E. A. (2008): Assessment of relative active tectonics, southwest border of the Sierra Nevada (southern Spain), *Geomorphology*, 96(1–2), 150–173. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.004>
- Figueroa, A. M., and Knott, J. R. (2010): Tectonic geomorphology of the southern Sierra Nevada Mountains (California): Evidence for uplift and basin formation, *Geomorphology*. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.06.009>
- Font, M., Amorese, D., and Lagarde, J. L. (2010): DEM and GIS analysis of the stream gradient index to evaluate effects of tectonics: The Normandy intraplate area (NW France), *Geomorphology*. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.03.017>
- Gajbhiye, S., Mishra, S. K., and Pandey, A. (2014): Hypsometric analysis of Shakkar river catchment through geographical information system, *Journal of the Geological Society of India*. <https://doi.org/10.1007/s12594-014-0123-1>
- Groshong, R. H. (2006): *3-D structural geology: A practical guide to quantitative surface and subsurface map interpretation*, *3-D Structural Geology: A Practical Guide to Quantitative Surface and Subsurface Map Interpretation*. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-31055-6>
- H. Samodra, S. G. dan S. T. (1992): *Peta Geologi Lembar Pacitan, Jawa Timur*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Haskins, D. M., Correll, C. S., Foster, R. a, Chatolian, J. M., Fincher, J. M., Strenger, J. M., Keys Jr., J. E., Maxwell, J. R., and King, T. (1999): A geomorphic classification system, *Abstracts with Programs - Geological Society of America*.
- Hikmadhan Gultaf (2014): *Analisa Kinematik Sesar Grindulu Di Daerah Pacitan Dan Sekitarnya*, Institut Teknologi Bandung.
- Huggett, R. J. (2016): *Fundamentals of Geomorphology*, *Fundamentals of Geomorphology*. <https://doi.org/10.4324/9781315674179>
- I. Abdullah, C., A. Magetsari, N., and S. Purwanto, H. (2003): Analisis Dinamik Tegasan Purba pada Satuan Batuan

- Paleogen – Neogen di Daerah Pacitan dan Sekitarnya, Provinsi Jawa Timur Ditinjau dari Studi Sesar Minor dan Kekar Tektonik, *ITB Journal of Sciences*, **35**(2), 111–127.
- Kaushal, R. K., Singh, V., Mukul, M., and Jain, V. (2017): Identification of deformation variability and active structures using geomorphic markers in the Nahan salient, NW Himalaya, India, *Quaternary International*.  
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.08.015>
- Miardini, A. (2019): Dinamika Bentukan Lahan Fluvial Akibat Sedimentasi di Sungai Grindulu, Segmen Arjosari-Pacitan, *Jurnal Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*.
- O'leary, D. W., Friedman, J. D., and Pohn, H. A. (1976): Lineament, linear, lineation: Some proposed new standards for old terms, *Bulletin of the Geological Society of America*. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1976\)87<1463:LLSPN>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1976)87<1463:LLSPN>2.0.CO;2)
- Prasetyadi, C. (2007): *Evolusitektonik Paleogen Jawa bagian timur*, *Dissertation*.
- Pulunggono, A., and Martodjojo, S. (1994): Perubahan Tektonik Paleogen - Neogen Merupakan Peristiwa Terpenting di Jawa, *Proceedings Geologi Dan Geotektonik Pulau Jawa*.
- Queiroz, G. L., Salamuni, E., and Nascimento, E. R. (2015): Knickpoint finder: A software tool that improves neotectonic analysis, *Computers and Geosciences*. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2014.11.004>
- Ramirez-Herrera, M. T. (1998): Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay Graben, Mexican volcanic belt, *Earth Surf. Proc. Land*, **23**, 317–332.
- Scheidegger, A. E., and Ai, N. S. (1986): Tectonic processes and geomorphological design, *Tectonophysics*.  
[https://doi.org/10.1016/0040-1951\(86\)90234-9](https://doi.org/10.1016/0040-1951(86)90234-9)
- Scott, D. N., and Wohl, E. E. (2019): Bedrock fracture influences on geomorphic process and form across process domains and scales, *Earth Surface Processes and Landforms*.  
<https://doi.org/10.1002/esp.4473>
- Suripin (2002): *Pelestarian sumber daya tanah dan air*, Andi, Yogyakarta.
- Thannoun, R.G., 2013 (2013): Automatic Extraction and Geospatial Analysis of Lineaments and their Tectonic Significance in some areas of Northern Iraq using Remote Sensing Techniques and GIS, *International Journal Of Enhanced Research In Science Technology & Engineering Bulletin*, Vol. 2.
- Topal, S., Keller, E., Bufe, A., and Koçyiğit, A. (2016): Tectonic geomorphology of a large normal fault: Akşehir fault, SW Turkey, *Geomorphology*, **259**, 55–69. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2016.01.014>
- van Bemmelen, R. W. (1949): The Geology of Indonesia. General Geology of Indonesia and Adjacent Archipelagoes, *Government Printing Office, The Hague*.
- van Zuidam, R. A. (1986): Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping., *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping*. <https://doi.org/10.2307/634926>
- Zuliyanti, R. (2018): *Analisis Parameter Mikrotremor Di Kawasan Jalur Sesar Grindulu Pacitan*.

#### **Situs Internet (web site) :**

DEMNAS BIG (DEM Nasional Badan Informasi Geospasial),  
<http://tides.big.go.id/DEMNAS/>.  
 Diunduh pada tanggal 3 November 2020.