



Bulletin of Scientific Contribution GEOLOGY

Fakultas Teknik Geologi
UNIVERSITAS PADJADJARAN

homepage: <http://jurnal.unpad.ac.id/bsc>
p-ISSN: 1693-4873; e-ISSN: 2541-514X



Volume 22, No.3
Desember 2024

HUBUNGAN ANTARA INDEKS GRADIEN PANJANG SUNGAI DAN HIPSOMETRI PADA RESPON MORFOTEKTONIK DI CEKUNGAN BANDUNG BAGIAN TIMUR

Pradnya Paramarta Raditya Rendra^{1*}, Emi Sukiyah², Mohamad Sapari Dwi Hadian¹, Shaparas Binti Daliman³, Nana Sulaksana¹

¹Departemen Geologi Terapan, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Indonesia

²Departemen Geologi Sains, Fakultas Teknik Geologi, Universitas Padjadjaran, Indonesia

³Fakulti Sains Bumi, Universiti Malaysia Kelantan, Malaysia

*Corresponding author: raditya.rendra@unpad.ac.id

ABSTRACT

The research was carried out in the eastern Bandung Basin, which geologically is composed of predominantly Quaternary volcanic rocks. This research aims to reveal the relationship between morphotectonic aspects consisting of stream length gradient index (SL) and hypsometry integral (HI) in response to tectonic activity in the research area. The research was carried out using DEM (Digital Elevation Model) through GIS (Geographic Information System) support in the studio. ArcGIS 10.0 software is used in image processing and Microsoft Excel is used in calculation and data analysis. Based on the results, the research area consists of six watersheds, namely Upper Citarik, Cijalupang, Ciwirama, Ciburial, Cikeruh, and Cimande watersheds which are located on the hills and mountains to plains with slopes ranging from very steep to flat. The research area has six river drainage patterns, namely radial, subradial, subdendritic, parallel, subparallel and anastomotic patterns. In general, the six drainage patterns show that the research area is dominated by steep to very steep slopes and composed of volcanic rocks in the northern, eastern and southern of research area, gentle to flat slopes and composed of alluvium in the central to western of research area, and is influenced by minor geological structure. It is proven by the calculation results of the SL (113,24 – 409,75) and HI values (0,22 – 0,50) which show a response from low to medium tectonic activity level. Moreover, the correlation between SL values and HI values shows a very strong level of relationship as reflected in the correlation coefficient (r) = 0,932, namely the greater the SL value, the greater the HI value.

Keywords: Bandung Basin, Hypsometry, Stream Length Gradient Index, Morphotectonic, Geographic Information System

ABSTRAK

Penelitian dilakukan di Cekungan Bandung bagian timur yang secara geologi tersusun oleh dominasi batuan vulkanik berumur Kuartar. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap hubungan antar aspek morfotektonik yang terdiri dari indeks gradien panjang sungai (SL) dan hipsometri (HI) dalam merespon aktivitas tektonik di daerah penelitian. Penelitian dilakukan menggunakan media citra DEM (Digital Elevation Model) melalui dukungan SIG (Sistem Informasi Geografis) di studio. Perangkat lunak ArcGIS 10.0 digunakan dalam proses pengolahan citra serta Microsoft Excel digunakan dalam proses perhitungan dan analisis data. Berdasarkan hasil penelitian, daerah penelitian terdiri dari enam DAS, yaitu DAS Citarik Hulu, Cijalupang, Ciwirama, Ciburial, Cikeruh, dan Cimande yang sebagian besar berada pada morfologi perbukitan dan gunung hingga pedataran dengan kemiringan lereng mulai dari sangat curam hingga datar. Daerah penelitian memiliki enam pola pengaliran sungai, yaitu pola radial, subradial, subdendritik, parallel, subparallel, dan anastomotik. Secara umum, keenam pola pengaliran tersebut menunjukkan bahwa daerah penelitian didominasi area berlereng curam hingga sangat curam dan tersusun oleh batuan vulkanik di bagian utara, timur, dan selatan, berlereng landai hingga datar dan tersusun oleh material lepasan di bagian tengah hingga barat, serta dipengaruhi struktur geologi minor. Hal ini dibuktikan dari hasil perhitungan nilai SL (113,24 – 409,75) dan HI (0,22 – 0,50) yang menunjukkan respon aktivitas tektonik rendah hingga cukup tinggi. Selain itu, korelasi nilai

SL dan HI menunjukkan tingkat hubungan sangat kuat yang tercermin dari koefisien korelasi (r) = 0,932, yaitu semakin besar nilai SL maka semakin besar pula nilai HI.

Kata kunci : Cekungan Bandung, Hipsometri, Indeks Gradien Panjang Sungai, Morfotektonik, Sistem Informasi Geografis

PENDAHULUAN

Cekungan Bandung bagi sebagian besar peneliti sangat menarik, terutama bagi para peneliti di bidang ilmu kebumihan (Bronto et al., 2006; Haryanto et al., 2019; Rendra et al., 2023b; Rifai et al., 2018). Berbagai fenomena geologi yang berkaitan dengan karakteristik fisik daerah tersebut, dalam hal ini adalah geomorfologi, menjadi hal menarik untuk diteliti. Tentunya dibutuhkan berbagai pendekatan untuk meneliti daerah Cekungan Bandung.

Cekungan Bandung secara umum dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian timur, tengah, dan selatan (Bronto & Hartono, 2006). Setiap bagian memiliki karakteristik geologi tertentu. Sebagai contoh misalnya, Cekungan Bandung bagian timur secara geologi tersusun oleh batuan vulkanik berumur Kuarter yang belum mengalami proses litifikasi sempurna serta di beberapa daerah tersusun juga oleh batuan hasil endapan danau (Haryanto et al., 2019; Rendra et al., 2024; Silitonga, 2003). Selain itu, struktur geologi juga ditengarai berada di beberapa daerah di Cekungan Bandung bagian timur meskipun hingga saat ini belum banyak penelitian mengungkap hal tersebut. Oleh karena itu, penelitian yang berkaitan dengan tektonik daerah penelitian perlu dilakukan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap hubungan antar aspek morfotektonik yang terdiri dari parameter indeks gradien panjang sungai dan hipsometri dalam merespon aktivitas tektonik di daerah penelitian. Kedua parameter tersebut merupakan bagian dari aspek morfotektonik yang dianggap cukup merepresentasikan kondisi permukaan atau geomorfologi daerah penelitian (Rendra et al., 2024; Sukiyah et al., 2023; Tawil et al., 2019).

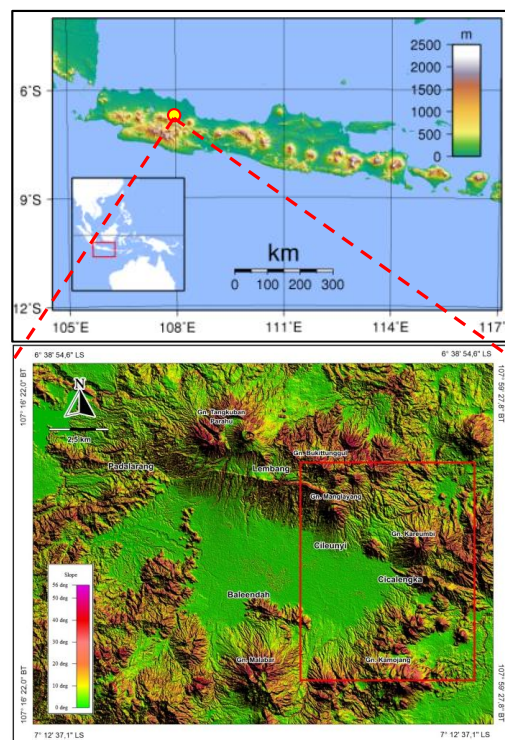
METODE PENELITIAN

Daerah penelitian terletak di Cekungan Bandung bagian timur pada koordinat $6^{\circ}48' \text{ LS} - 7^{\circ}8' \text{ LS}$ dan $107^{\circ}41' \text{ BT} - 107^{\circ}57' \text{ BT}$ (Gambar 1) yang termasuk ke dalam 9 kecamatan di Kabupaten Bandung dan Kabupaten Sumedang, yaitu Kecamatan Cimanggung, Jatinangor, Cileunyi, Cicalengka, Rancaekek, dan Cikandung, serta sebagian Tanjungsari, Majalaya, dan Paseh. Penelitian dilakukan menggunakan media citra DEM (Digital Elevation Model) melalui dukungan SIG (Sistem Informasi Geografis). Penggunaan SIG diperlukan untuk membantu tahap pengolahan dan

analisis data agar proses penelitian berjalan sistematis, efektif, dan efisien (James et al., 2023; Mohd Aris et al., 2023; Rendra et al., 2019, 2020, 2023a; Rendra & Sukiyah, 2021; Rendra & Sulaksana, 2021).

Tahap analisis studio dilakukan melalui pengolahan citra DEM dengan perangkat lunak ArcGIS 10.0. Hasil pengolahan citra tersebut kemudian dianalisis lebih lanjut dengan perangkat lunak Microsoft Excel. Berdasarkan proses pengolahan dan analisis tersebut, informasi mengenai karakter tektonik daerah penelitian dapat diketahui.

Tahap interpretasi dilakukan dengan merekonstruksi hasil pengolahan dan analisis data morfotektonik (indeks gradien panjang sungai dan hipsometri) yang telah diperoleh sebelumnya. Hasil dari tahap interpretasi menjadi acuan dalam merekonstruksi narasi respon morfotektonik terhadap parameter indeks gradien panjang sungai dan hipsometri daerah penelitian.



Gambar 1. Daerah penelitian

Morfotektonik

Morfotektonik atau geomorfologi tektonik merupakan salah satu pendekatan kuantitatif yang melibatkan aspek geomorfologi dan tektonik (Dehbozorgi et al., 2010; El Hamdouni et al., 2008; Muttaqin et al., 2022; Saputra et al., 2022; Sulaksana et al., 2017). Kedua aspek

tersebut berkaitan dengan pembentukan berbagai bentang alam atau roman muka bumi. Parameter morfotektonik yang digunakan di beberapa penelitian seperti indeks gradien panjang sungai, integral hipsometri, faktor asimetri DAS, rasio lebar dasar lembah dan tinggi lembah, bentuk DAS, dan sinusitas muka gunung (Dehbozorgi et al., 2010; El Hamdouni et al., 2008; Rendra et al., 2024; Sukiyah et al., 2023). Namun demikian, penelitian ini hanya menggunakan dua parameter morfotektonik, yaitu indeks gradien panjang sungai dan integral hipsometri dikarenakan kedua parameter tersebut dianggap sudah cukup merepresentasikan permukaan bumi seperti lereng dan sungai serta hubungannya dengan tektonik daerah penelitian.

Indeks Gradien Panjang Sungai (SL)

Indeks gradien panjang sungai (SL) adalah salah satu parameter morfotektonik yang digunakan untuk mengetahui aktivitas tektonik relatif pada suatu daerah (Keller & Pinter, 2002). Nilai SL dapat diklasifikasikan menjadi tiga, yaitu kelas 1 ($SL \geq 500$); kelas 2 ($300 \leq SL < 500$); dan kelas 3 ($SL < 300$) (El Hamdouni et al., 2008). Adapun perhitungan indeks gradien panjang sungai sebagai berikut (Gambar 2):

$$SL = (\Delta H / \Delta L) \cdot L \quad (1)$$

Keterangan:

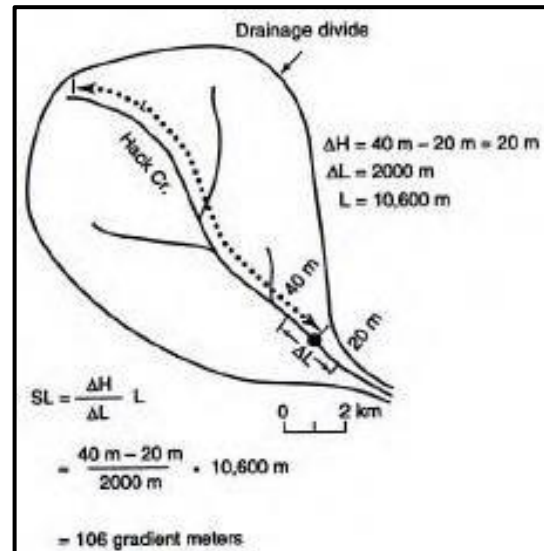
ΔH : perbedaan elevasi antara dua titik yang akan dihitung;

ΔL : panjang sungai hingga titik yang akan dihitung;

L : total panjang sungai dari titik puncak (hulu) hingga ke titik yang akan dihitung.

Kondisi tektonik aktif di suatu daerah berhubungan dengan nilai SL. Nilai SL akan meningkat jika aliran sungai melewati daerah yang mengalami pengangkatan (*uplift*) dan akan menurun jika aliran sungai melewati morfologi lembah yang memanjang (Keller & Pinter, 2002). Selain itu, nilai SL juga digunakan untuk mengetahui ada tidaknya anomali yang disebabkan oleh perbedaan jenis litologi dan aktivitas tektonik aktif (Moussi et al., 2018).

Anomali nilai SL diperoleh dengan melihat sebaran nilai SL di sepanjang aliran sungai daerah penelitian. Perhitungan rerata nilai SL untuk setiap DAS dapat digunakan untuk mengetahui pengaruh morfotektonik di daerah penelitian (Dehbozorgi et al., 2010).



Gambar 2. Ilustrasi perhitungan parameter indeks gradien panjang (SL) (Keller & Pinter, 2002)

Hipsometri

Hipsometri merupakan salah satu parameter yang berkaitan dengan aspek fisik atau geomorfologi di suatu daerah. Aspek ini tidak berkaitan secara langsung dengan tektonik atau geologi daerah penelitian. Namun demikian, parameter ini sangat berkaitan dengan stadium atau umur relatif suatu Daerah Aliran Sungai (DAS) atau cekungan pengaliran (Prabowo et al., 2019). Stadium atau umur relatif inilah yang berhubungan dengan kondisi tektonik di mana stadium atau umur muda cenderung berasosiasi dengan tingkat aktivitas tektonik tinggi yang diindikasikan dari bentuk relief kasar sedangkan stadium atau umur tua cenderung berasosiasi dengan tingkat aktivitas tektonik rendah yang diindikasikan dari bentuk relief halus dan proses erosi intensif (El Hamdouni et al., 2008; Mulyasari et al., 2017).

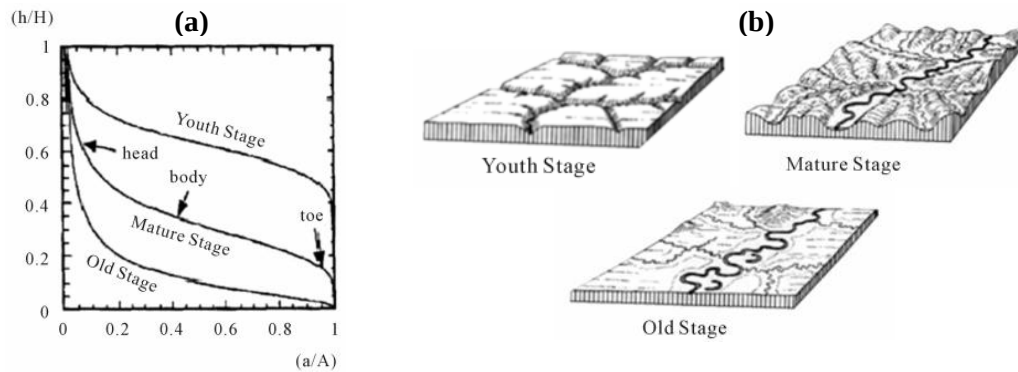
Parameter hipsometri terdiri dari integral hipsometri (HI) dan kurva hipsometri (HC). Nilai HI secara umum menunjukkan sebaran nilai ketinggian atau elevasi di suatu DAS atau cekungan pengaliran (Strahler, 1952). Adapun perhitungan nilai HI sebagai berikut:

$$Hi = \frac{(\text{rerata elevasi} - \text{elevasi minimum})}{(\text{elevasi maksimum} - \text{elevasi minimum})} \quad (2)$$

Nilai HI dapat berkisar antara 0 – 1. Nilai HI tinggi (≥ 0.5) mengindikasikan stadium/umur muda atau kelas 1, nilai HI menengah ($0.5 > Hi \geq 0.4$) mengindikasikan stadium/umur dewasa atau kelas 2, dan nilai HI rendah (< 0.4) mengindikasikan stadium/umur tua atau kelas 3 (Dehbozorgi et al., 2010; El Hamdouni et al., 2008). Selain itu, nilai HI juga berkaitan dengan

kurva hipsometri (HC). Nilai HI tinggi akan berasosiasi dengan bentuk kurva cenderung cembung sedangkan nilai HI rendah akan

berasosiasi dengan bentuk kurva cenderung cekung (Gambar 3).



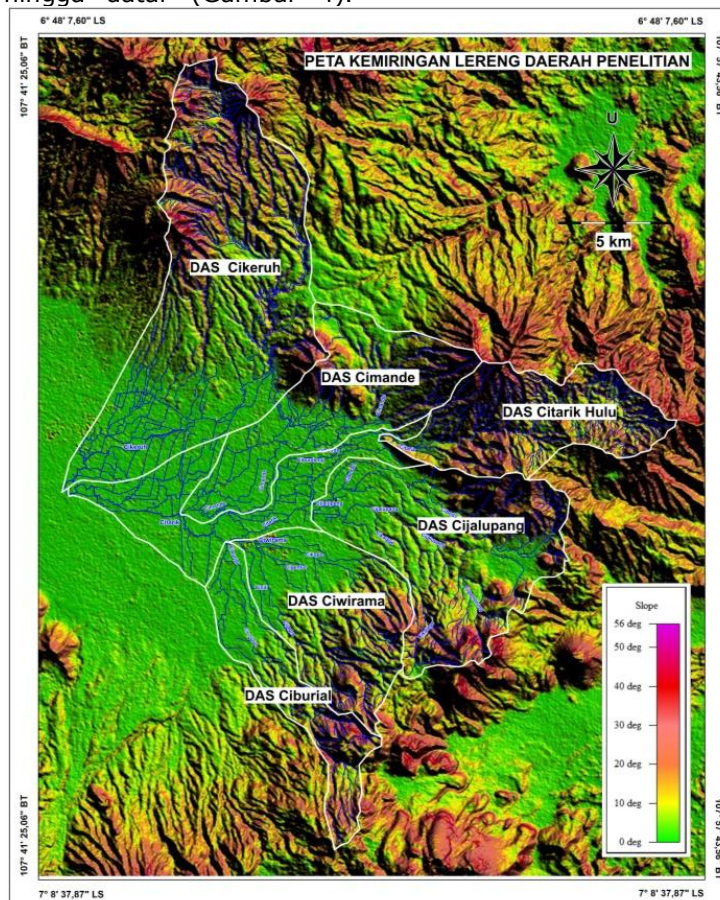
Gambar 3. (a) Kurva hipsometri (HC); (b) ilustrasi stadium atau umur DAS (Strahler, 1957, 1964; Willgoose & Hancock, 1998)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Geomorfologi

Cekungan Bandung bagian timur terdiri dari enam DAS, yaitu DAS Citarik Hulu, Cijalupang, Ciwirama, Ciburial, Cikeruh, dan Cimande. Keenam DAS tersebut berada di sebagian besar morfologi perbukitan dan gunung hingga pedataran dengan kemiringan lereng bervariasi mulai dari sangat curam hingga datar (Gambar 4).

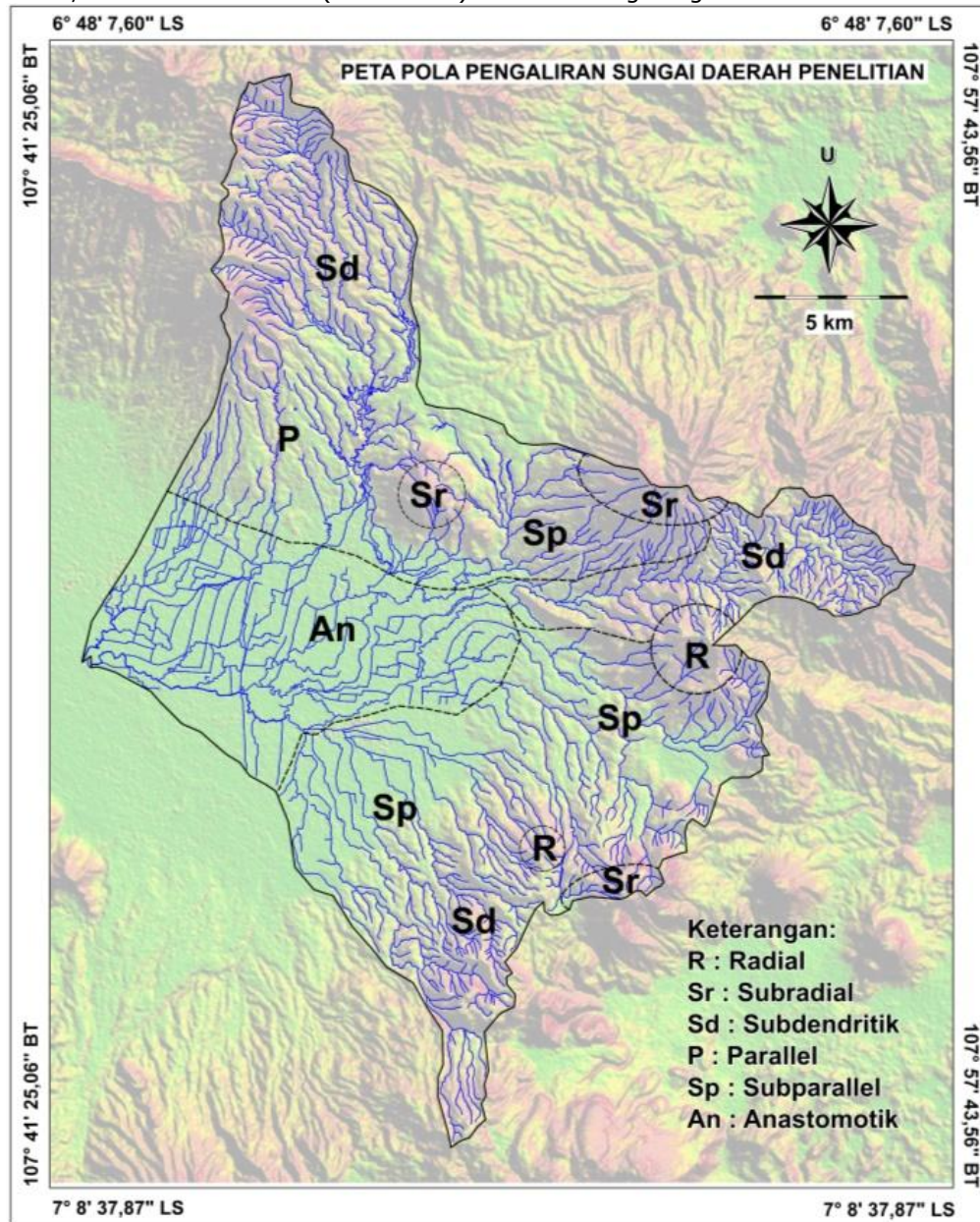
Daerah pedataran hingga lereng landai berada di bagian tengah daerah penelitian yang meliputi Jatinangor, Cileunyi, Rancaekek, Cicalengka, dan Majalaya. Adapun daerah berlereng curam hingga sangat curam mendominasi bagian utara, timur, dan selatan daerah penelitian yang meliputi Tanjungsari, Cikancung, serta sebagian Jatinangor dan Cicalengka.



Gambar 4. Peta kemiringan lereng daerah penelitian

Berdasarkan klasifikasi pola pengaliran sungai (Zuidam, 1985), daerah penelitian memiliki enam pola pengaliran sungai, yaitu pola radial, subradial, subdendritik, parallel, subparallel, dan anastomotik (Gambar 5).

Pembentukan pola pengaliran sungai tersebut umumnya dipengaruhi beberapa faktor, misalnya jenis batuan, tingkat kekerasan batuan, kemiringan lereng, serta struktur geologi.



Gambar 5. Peta pola pengaliran sungai daerah penelitian

Pola radial dan subradial dapat ditemukan di beberapa morfologi kerucut gunung daerah penelitian. Kedua pola pengaliran sungai ini mencirikan daerah yang tersusun oleh batuan relatif keras seperti batuan vulkanik dan batuan beku. Pola parallel dan subparallel dapat ditemukan di bagian tubuh lereng menuju kaki lereng daerah penelitian. Kedua pola pengaliran sungai ini mencirikan daerah berbukit memanjang dengan kemiringan lereng curam hingga sangat curam. Sama halnya dengan pola radial dan subradial, pola parallel dan subparallel juga

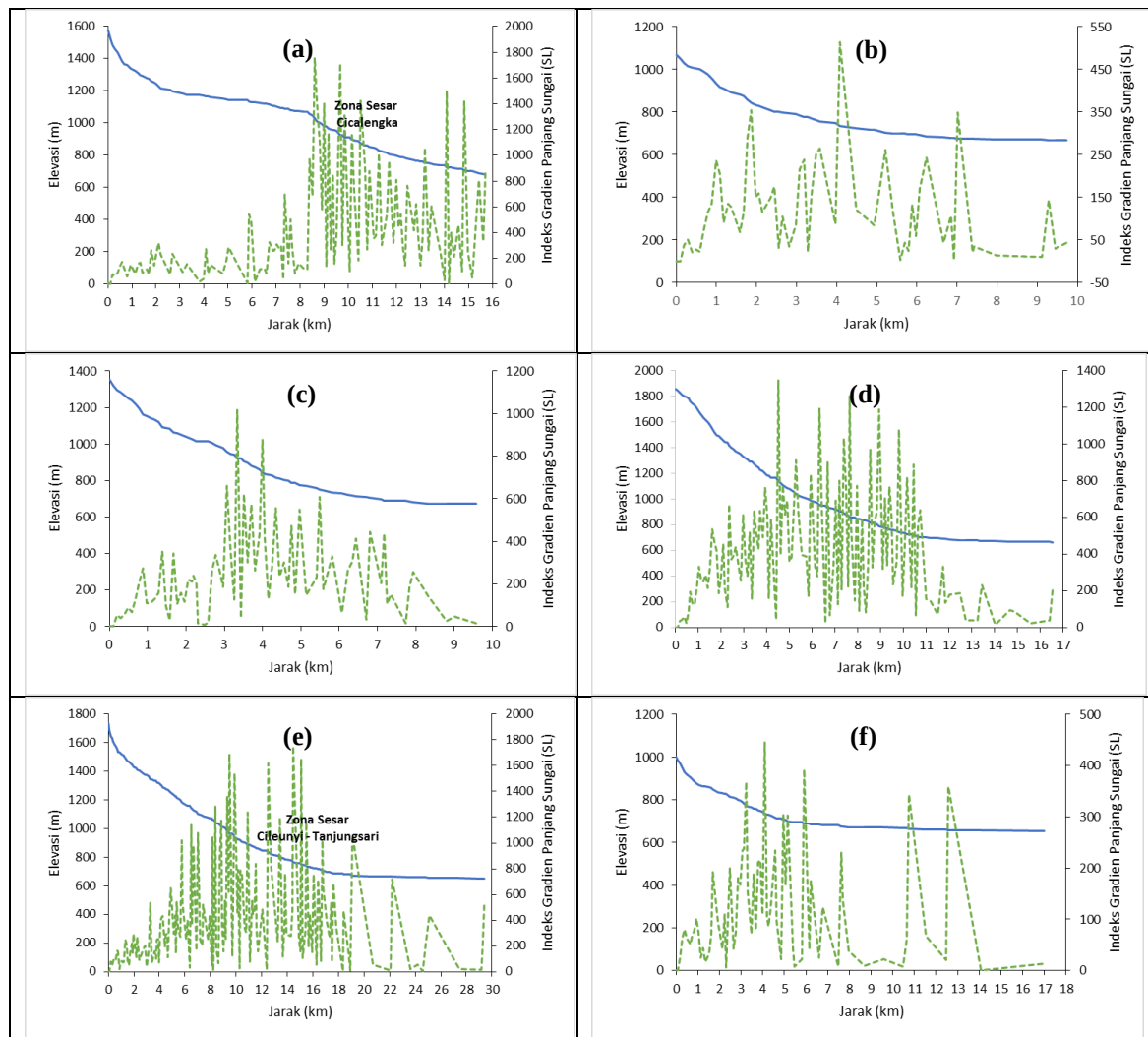
menjadi penciri daerah yang tersusun oleh dominasi batuan vulkanik. Pola pengaliran subdendritik dapat ditemukan di beberapa tempat di daerah penelitian. Pola ini mengindikasikan adanya pengaruh struktur geologi minor di daerah penelitian. Pola pengaliran anastomotik dapat ditemukan di bagian tengah hingga barat daerah penelitian. Pola ini menjadi penciri dari daerah bermorfologi landai hingga datar yang sebagian besar tersusun oleh material lepasan seperti sedimen dan aluvium.

Indeks Gradien Panjang Sungai

Indeks gradien panjang sungai (SL) digunakan untuk mengetahui pengaruh lingkungan dan aktivitas tektonik pada profil melintang suatu aliran sungai. Perhitungan nilai SL dilakukan melalui analisis citra DEM menggunakan pendekatan SIG untuk kemudian diperoleh sebaran nilai SL di sepanjang aliran sungai daerah penelitian. Nilai SL di daerah penelitian berkisar antara 113,24 (DAS Cimande) – 409,75 (DAS Citarik Hulu) (Tabel 1). Nilai ini menunjukkan daerah penelitian dipengaruhi oleh aktivitas tektonik rendah (kelas 3) hingga menengah (kelas 2).

Sebaran nilai SL juga diilustrasikan melalui profil melintang aliran sungai utama di daerah penelitian yang meliputi Sungai Citarik Hulu, Cijalupang, Ciwirama, Ciburial, Cikeruh, dan Cimande (Gambar 6). Profil melintang aliran Sungai Citarik Hulu yang mengalir pada relief tinggi berbukit

menunjukkan bentuk cekung disertai adanya undulasi bentuk cembung (*knick point*) di bagian tengah aliran sungai yang mengindikasikan pengaruh tektonik aktif. Profil melintang aliran Sungai Cijalupang, Ciwirama, dan Cimande yang mengalir pada relief tinggi hingga menengah berbukit menunjukkan bentuk cekung secara umum disertai sedikit undulasi bentuk cembung di bagian hulu hingga tengah aliran yang dapat mengindikasikan perbedaan tingkat kekerasan batuan ataupun pengaruh dari proses erosi. Profil melintang aliran Sungai Cikeruh dan Ciburial yang mengalir pada relief tinggi berbukit menunjukkan bentuk cekung landai disertai sedikit undulasi bentuk cembung di bagian hulu hingga tengah aliran yang dapat mengindikasikan pengaruh tektonik aktif rendah. Hal tersebut juga sejalan dengan penelitian sebelumnya (Rendra et al., 2024).

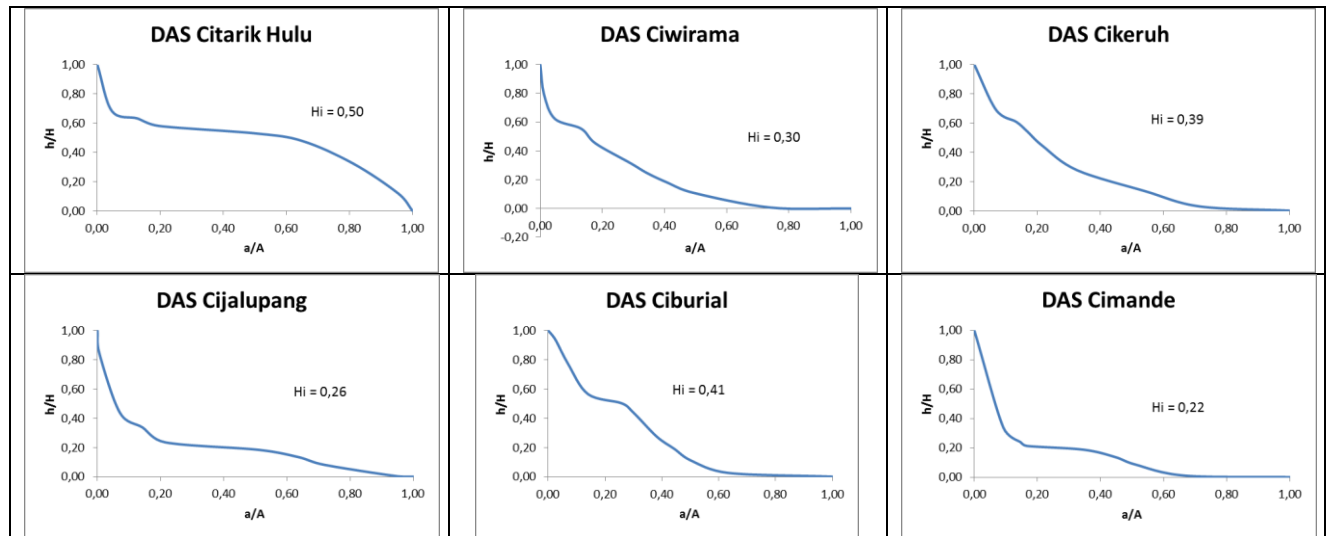


Gambar 6. Grafik SL pada profil melintang sungai di daerah penelitian: (a) Citarik Hulu; (b) Cijalupang; (c) Ciwirama; (d) Ciburial; (e) Cikeruh; (f) Cimande (Rendra et al., 2024)

Hipsometri

Hipsometri daerah penelitian yang dapat diketahui melalui nilai integral hipsometri (HI) menunjukkan stadium atau umur DAS yang berkaitan dengan kondisi tektonik aktif. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai HI di daerah penelitian berkisar antara 0,22 (DAS Cimande) – 0,50 (DAS Citarik Hulu) (Tabel 1). Selain itu, kurva hipsometri (HC) juga menunjukkan bahwa nilai HI lebih tinggi cenderung akan berbentuk cembung seperti pada kurva hipsometri DAS Citarik Hulu (HI = 0,5) yang mengindikasikan

stadium atau umur dewasa dari DAS tersebut serta nilai HI lebih rendah cenderung berbentuk cekung seperti pada kurva hipsometri DAS Cimande (HI = 0,22) yang mengindikasikan stadium atau umur tua dari DAS tersebut (Gambar 7). Hal ini menunjukkan bahwa daerah penelitian secara umum didominasi oleh DAS dengan stadium atau umur dewasa. Selain itu, hal ini juga menunjukkan mulai adanya keseimbangan antara proses endogen dan eksogen di mana proses erosi dapat terjadi semakin intensif.



Gambar 7. Kurva Hipsometri (HC) enam DAS di daerah penelitian (Rendra et al., 2024)

Tabel 1. Nilai indeks gradien panjang sungai (SL) dan integral hipsometri (HI) di daerah penelitian

DAS	Nilai	
	SL	Hi
Citarik Hulu	409,75	0,50
Cijalupang	118,72	0,26
Ciwirama	236,26	0,30
Ciburial	400,04	0,41
Cikeruh	404,77	0,39
Cimande	113,24	0,22

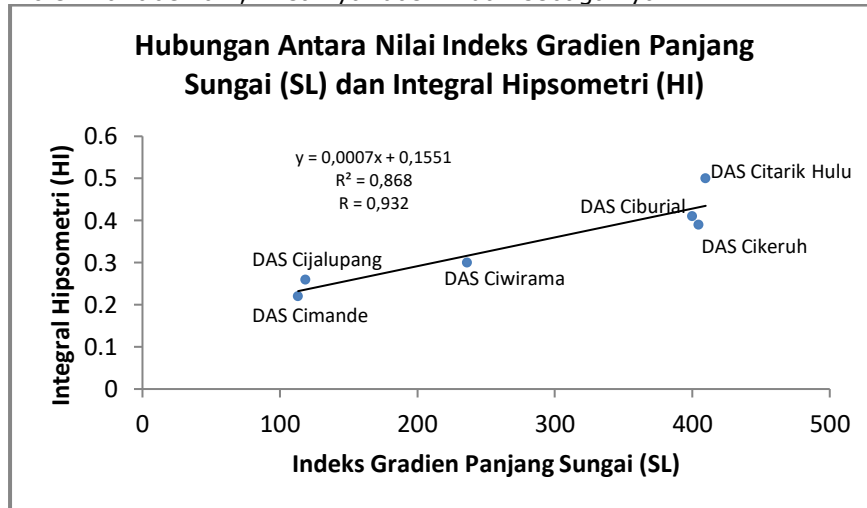
Hubungan Antara Indeks Gradien Panjang Sungai dan Hipsometri Pada Respon Morfotektonik

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisis yang dilakukan, daerah penelitian yang terdiri dari 6 DAS menunjukkan karakter morfotektonik cukup bervariasi. Nilai indeks gradien panjang sungai (SL) di daerah penelitian termasuk ke dalam kelas 2 ($300 \leq SL < 500$) dan kelas 3 ($SL < 300$). Kondisi ini menunjukkan adanya respon aktivitas tektonik rendah hingga menengah yang tercermin pada sungai di daerah penelitian. Nilai integral hipsometri (HI) di daerah penelitian termasuk ke dalam kelas 1 ($\geq 0,5$), kelas 2 ($0,5 > HI \geq 0,4$), dan kelas 3

($< 0,4$). Hal ini menunjukkan adanya respon aktivitas tektonik rendah hingga cukup tinggi yang tercermin pada lereng DAS di daerah penelitian.

Baik nilai SL maupun nilai HI secara umum menunjukkan kesamaan karakter dalam merespon aktivitas tektonik yang berkembang di daerah penelitian. Hubungan atau korelasi positif menunjukkan bahwa semakin besar nilai indeks gradien panjang sungai (SL) maka semakin besar pula nilai integral hipsometri (HI) (Gambar 8). Koefisien korelasi ($r = 0,932$) menunjukkan tingkat hubungan sangat kuat dan koefisien determinasi ($r^2 = 0,868$) menunjukkan 86,8% variabel nilai HI dipengaruhi variabel

nilai SL sedangkan sisanya dapat cekungan pengaliran atau DAS, elevasi DAS, dipengaruhi oleh variabel lain, misalnya luas dan sebagainya.



Gambar 8. Grafik hubungan antara nilai indeks gradien panjang sungai (SL) dan integral hipsometri (HI)

KESIMPULAN

Cekungan Bandung bagian timur terdiri dari enam DAS, yaitu DAS Citarik Hulu, Cijalupang, Ciwirama, Ciburial, Cikeruh, dan Cimande yang sebagian besar berada di perbukitan dan gunung hingga pedataran dengan kemiringan lereng sangat curam hingga datar. Daerah penelitian memiliki enam pola pengaliran sungai, yaitu pola radial, subradial, subdendritik, parallel, subparallel, dan anastomotik. Keenam pola tersebut menunjukkan daerah penelitian didominasi area berlereng curam hingga sangat curam dan tersusun oleh batuan vulkanik di bagian utara, timur, dan selatan, berlereng landai hingga datar dan tersusun oleh material lepasan di bagian tengah hingga barat, serta dipengaruhi struktur geologi minor. Hasil perhitungan nilai SL (113,24 – 409,75) dan HI (0,22 – 0,50) menunjukkan respon aktivitas tektonik rendah hingga cukup tinggi. Selain itu, korelasi nilai SL dan HI menunjukkan tingkat hubungan sangat kuat yang tercermin dari koefisien korelasi (r) = 0,932, yaitu semakin besar nilai SL maka semakin besar pula nilai HI. Adapun koefisien determinasi (r^2) = 0,868 dapat menunjukkan 86,8% variabel nilai HI dipengaruhi variabel nilai SL sedangkan sisanya dapat dipengaruhi oleh variabel lain seperti luas cekungan pengaliran atau DAS, elevasi DAS, dan sebagainya.

DAFTAR PUSTAKA

Bronto, S., & Hartono, U. (2006). Potensi Sumber Daya Geologi di Daerah Cekungan Bandung dan Sekitarnya. *Jurnal Geologi Indonesia*, 1(1), 9–18.

<https://doi.org/10.17014/ijog.vol1no1.20062a>

- Bronto, S., Koswara, A., & Lumbanbatu, K. (2006). Stratigrafi Gunung Api Daerah Bandung Selatan, Jawa Barat. *Jurnal Geologi Indonesia*, 1(2), 89–101. <https://doi.org/10.17014/ijog.vol1no2.20064>
- Dehbozorgi, M., Pourkermani, M., Arian, M., Matkan, A. A., Motamedi, H., & Hosseiniasl, A. (2010). Quantitative analysis of relative tectonic activity in the Sarvestan area, central Zagros, Iran. *Geomorphology*, 121(3–4), 329–341. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2010.05.002>
- 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), 150–173. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2007.08.004>
- Haryanto, E. T., Sukiyah, E., Rendra, P. P. R., Hendarmawan, & Suratman. (2019). Implication of Catchment Morphometric on Small River Discharge of Upper Citarik River, West Java. *Indonesian Journal of Geography*, 51(2), 224–230. <https://doi.org/10.22146/ijg.36472>
- James, J., Daliman, S., Rendra, P. P. R., Sukiyah, E., Hadian, M. S. D., & Sulaksana, N. (2023). Integrating Remote Sensing and GIS Techniques for Accurate Mapping and Analysis of Oil Palm Plantation Distribution in Kelantan: A Case Study. *BIO Web of Conferences*, 73.

- <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237305009>
- Keller, E. A., & Pinter, N. (2002). *Active Tectonics :Earthquakes, Uplift, and Landscape*. Prentice Hall.
- Mohd Aris, N. A., Daliman, S., Rendra, P. P. R., Sukiyah, E., Hadian, M. S. D., & Sulaksana, N. (2023). Integrating Remote Sensing and GIS Techniques for Accurate Mapping and Analysis of Paddy Field Distribution in Kelantan: A Case Study. *BIO Web of Conferences*, 73. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237305010>
- Moussi, A., Rebaï, N., Chaieb, A., & Saâdi, A. (2018). GIS-Based Analysis of the Stream Length-Gradient Index for Evaluating Effects of Active Tectonics: A Case Study of Enfidha (North-East of Tunisia). *Arabian Journal of Geosciences*, 11(6). <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3466-x>
- Mulyasari, R., Brahmantyo, B., & Supartoyo. (2017). Morphometric Analysis of Relative Tectonic Activity in the Baturagung Mountain, Central Java, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 71(1), 1–11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/71/1/012006>
- Muttaqin, M. A., Sulastri, M., Sulaksana, N., & Rendra, P. P. R. (2022). Morfotektonik Das Citarik Hulu Kaitan Dengan Tata Guna Lahan, Di Wilayah Cicalengka, Kab. Bandung. *Journal of Geoscience Engineering & Energy*, 3(1), 49–61. <https://doi.org/10.25105/jogee.v3i1.12986>
- Prabowo, D., Sulaksana, N., Haryanto, E. T., & Rendra, P. P. R. (2019). Analisis Kecenderungan Aspek Morfometri Dengan Stadium Erosi, Das Cikapundung, Kabupaten Bandung, Jawa Barat. *Padjadjaran Geoscience Journal*, 3(4), 261–264.
- Rendra, P. P. R., & Sukiyah, E. (2021). Morphometric Characteristics of Cipeles Watershed to Identify Flood Prone Area. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 11(3), 889–897. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.11.3.12937>
- Rendra, P. P. R., Sukiyah, E., Hadian, M. S. D., Daliman, S. B., & Sulaksana, N. (2023a). Quantitative Geomorphology of Cipancar Watershed and the Implication for Flood Risk. *International Journal of GEOMATE*, 25(111), 16–23. <https://doi.org/10.21660/2023.111.3573>
- Rendra, P. P. R., Sukiyah, E., Hadian, M. S. D., Daliman, S. B., & Sulaksana, N. (2023b). The Quantitative Geomorphology of Upper Citarik Watershed and Its Implication to the Flash Flood Potential. *BIO Web of Conferences*, 73. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20237304010>
- Rendra, P. P. R., Sukiyah, E., Hadian, M. S. D., Daliman, S. B., & Sulaksana, N. (2024). Quantitative Assessment of Relative Tectonic Activity in the Eastern Bandung Basin, Indonesia. *Geology, Ecology, and Landscapes*. <https://doi.org/10.1080/24749508.2024.2359785>
- Rendra, P. P. R., Sukiyah, E., & Sulaksana, N. (2020). Karakteristik Morfometri DAS Cipeles Menggunakan Pendekatan Sistem Informasi Geografis. *Bulletin of Scientific Contribution Geology*, 18(2), 81–98.
- Rendra, P. P. R., & Sulaksana, N. (2021). Karakteristik Morfometri DAS Citarik Hulu Dan Implikasinya Terhadap Potensi Banjir. *Jurnal Geominerba (Jurnal Geologi, Mineral Dan Batubara)*, 6(1), 1–16. <https://doi.org/10.58522/ppsdm22.v6i1.29>
- Rendra, P. P. R., Sulaksana, N., & Alam, B. Y. C. S. S. . (2019). Peran Citra Satelit Landsat 8 dalam Identifikasi Tata Guna Lahan di Wilayah Kabupaten Sumedang. *Bulletin of Scientific Contribution Geology*, 17(2), 101–108.
- Rifai, A., Sulaksana, N., Iskandarsyah, T. Y. W. M., Sulastri, M., Raditya, P. P., & Mulyani, S. (2018). Development of Urban Areas in Potential Areas of Natural Disasters in South Bandung, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1–11. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/145/1/012116>
- Saputra, A., Sulastri, M., Sulaksana, N., & Rendra, P. P. R. (2022). Aktivitas Tektonik Relatif Berdasarkan Indeks Geomorfik Daerah Tangkapan Air Cihaur Kabupaten Bandung Barat Provinsi Jawa Barat. *Journal of Geoscience Engineering & Energy*, 3(2), 216–226. <https://doi.org/10.25105/jogee.v3i2.13631>
- Silitonga, P. H. (2003). *Geological Map of The Bandung Quadrangle, Java*.
- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (Area-Altitude) Analysis of Erosional Topography. *Bulletin of the Geological Society of America*, 63(11), 1117–1142. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)
- Strahler, A. N. (1957). Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913–920.

- <https://doi.org/10.1029/TR038i006p00913>
- Strahler, A. N. (1964). Quantitative Geomorphology of Drainage Basin and Channel Networks. In V. T. Chow (Ed.), *Handbook of Applied Hydrology* (pp. 439–476). McGraw-Hill. <https://cir.nii.ac.jp/crid/1572824500442828288>
- Sukiyah, E., Mawardi, S., Rendra, P. P. R., Tresnasari, E., Nurfadli, E., & Setiawan, H. (2023). The Active Fault Detection Base on Morphotectonic Characteristic of Cikeruh Watershed, West Java, Indonesia. *Journal of Engineering Science and Technology*, 18, 34–41.
- Sulaksana, N., Supriyadi, Ismawan, Rendra, P. P. R., & Sulastri, M. (2017). Active Fault Analysis Through Quantitative Assesment Method in Cikapundung Sub Watershed. *International Journal of Scientific Research in Science and Technology*, 3(6).
- Tawil, S., Sukiyah, E., Rosana, M. F., Muslim, D., & Raditya, P. P. (2019). The Morphotectonic Characteristic of Buol Watershed and Implication To Spatial Planning in Buol Region , Central Sulawesi , Indonesia. *Journal of Geological Sciences and Applied Geology*, 3(2), 1–9.
- Willgoose, C., & Hancock, G. (1998). Revisiting the Hypsometric Curve as An Indicator of Form and Process in Transport-Limited Catchment. *Earth Surface Processes and Landforms*, 23(7), 611–623. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-9837\(199807\)23:7<611::AID-ESP872>3.0.CO;2-Y](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-9837(199807)23:7<611::AID-ESP872>3.0.CO;2-Y)
- Zuidam, R. A. van. (1985). *Aerial Photo-Interpretation in Terrain Analysis and Geomorphologic Mapping* (I. I. for Aerospace Survey & E. Sciences (eds.)). Smits Publishers.