

Ekstraksi Kelurusan (*Lineament*) Otomatis di Sekitar Sesar Garsela, Garut Selatan, Jawa Barat

Nazla Syafitri Rangkuti*, Puncak Joyontono¹, Tika Hapsari¹, Husein Sadewa Wiguna¹, Zahratunnisa¹

¹ Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

*Email Koresponden: nazla.syafitri@gmail.com

Diterima: 12-03-2025

Disetujui: 21-05-2025

Publish: 04-06-2025

Abstrak Cekungan Bandung dan Cekungan Garut dikelilingi oleh perbukitan vulkanik serta gunungapi yang masih aktif. Pembentukan kedua cekungan ini tidak hanya disebabkan oleh perbedaan ketinggian akibat penumpukan material vulkanik dari gunungapi Kuartar, tetapi juga dipengaruhi oleh struktur geologi yang mengaturnya. Keberadaan Sesar Garsela di kawasan Garut yang tertutup endapan vulkanik kuartar dari gunung api aktif seperti Gunung Papandayan, Gunung Guntur, dan Gunung Wayang. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi kelurusan secara otomatis di Garut Selatan. Data yang digunakan merupakan citra DEMNAS (*Digital Elevation Model* Nasional) yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial dengan resolusi 8 m. Data pendukung lainnya adalah peta geologi. Metode yang digunakan adalah metode kuantitatif dengan menggunakan Algoritma LINE untuk mencari zona kelurusan berkerapatan tinggi yang kemungkinan mengindikasikan zona sesar. Kemudian diinterpretasikan secara kualitatif bersama dengan data geologi lainnya. Proses *hillshading* pada data DEM dengan empat variasi nilai empat azimut sebesar 0°, 45°, 90°, dan 135°. Nilai parameter juga berperan dalam menunjukkan kelurusan yang jelas dan masing-masing. Informasi kelurusan yang dihasilkan pada penelitian ini menunjukkan bahwa sebaran kelurusan di Garut Selatan dominan dekat dengan Gunung Papandayan ke selatan, Gunung Malabar, dan Gunung Guntur. Diperoleh 2841 segmen kelurusan yang dihasilkan dari proses ekstraksi kelurusan otomatis dengan arah kelurusan dominan timur laut – barat daya. Geomorfologi tersusun dari perbukitan dan pegunungan yang menghasilkan tekstur kasar menghasilkan kesan kelurusan di permukaan. Untuk penelitian selanjutnya, ekstraksi kelurusan otomatis ini dapat dibandingkan dengan hasil kelurusan manual yang menggunakan *sense of geology* untuk membedakan kelurusan dipengaruhi oleh aktivitas tektonik atau vulkanik.

Kata kunci: Kelurusan, Garut Selatan, Sesar Garsela, Geomorfologi

Abstract The Bandung Basin and Garut Basin are surrounded by volcanic hills and active volcanoes. The formation of these two basins is not only caused by elevation differences due to the accumulation of volcanic materials from Quaternary volcanoes, but is also influenced by controlling geological structures. The presence of the Garsela Fault in the Garut area is covered by Quaternary volcanic deposits from active volcanoes such as Mount Papandayan, Mount Guntur, and Mount Wayang. This study aims to obtain automatic lineament information in South Garut. The data used are DEMNAS (National Digital Elevation Model) images released by the Geospatial Information Agency with a resolution of 8 meters. Supporting data include geological maps. The method used is a quantitative approach employing the LINE Algorithm to identify high-density lineament zones that potentially indicate fault zones. These are then qualitatively interpreted together with other geological data. The hillshading process on the DEM data is performed with four variations of azimuth values at 0°, 45°, 90°, and 135°. Parameter values also play a role in clearly highlighting distinct lineaments. The lineament information obtained from this study shows that lineament distributions in South Garut are dominant near Mount Papandayan to the south, Mount Malabar, and Mount Guntur. A total of 2,841 lineament segments were extracted automatically, with a dominant northeast–southwest orientation. For further research, this automatic lineament extraction can be compared with manual lineament mapping using geological sense to differentiate lineaments influenced by tectonic activity or volcanic activity.

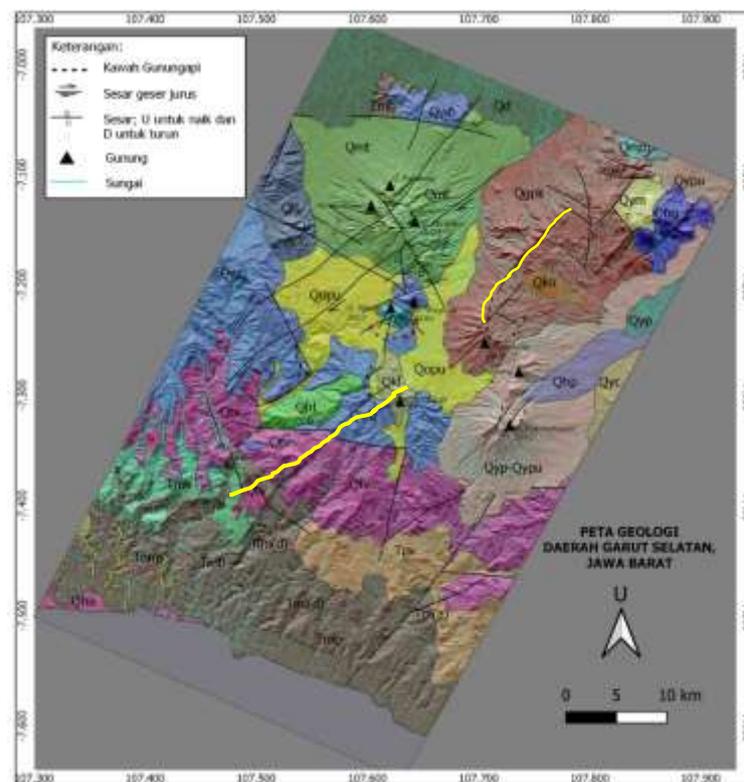
Keywords: Lineament, South Garut, Garsela Fault, Geomorphology

1. PENDAHULUAN

Cekungan Bandung dan Cekungan Garut dikelilingi oleh perbukitan vulkanik serta gunungapi yang masih aktif. Pembentukan kedua cekungan ini tidak hanya merupakan hasil dari perbedaan elevasi akibat penumpukan material vulkanik dari gunungapi Kuartar, melainkan juga dipengaruhi oleh struktur geologi. Pada Cekungan Bandung, batas utara dan selatan dipengaruhi oleh kelurusan struktur sesar yang berarah barat–timur, sementara batas bagian barat dan timurnya dibatasi oleh sesar yang berarah utara–selatan. Pada selatan Cekungan Bandung diidentifikasi adanya Sesar Garsela sebagai sesar aktif yang saat ini telah tercatat sebagai sesar aktif dalam Peta Sumber dan Bahaya Gempa Indonesia tahun

2017. Sesar ini terbagi menjadi dua segmen, yaitu Rakutai dan Kencana dengan panjang masing-masing 19 km dan 17 km yang terletak di tenggara Pesisir Selatan Jawa (Irsyam, 2017; Supendi, et al., 2018; Supendi, et al., 2018; Supendi & Nugraha, 2016). Gempa bumi dengan magnitudo kurang dari 5 (lima) tercatat cukup tinggi pada tahun 2009 hingga sekarang, menurut data yang dikeluarkan oleh Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG) (Nugroho & Tjahjaningsih, 2016). Dengan aktivitas seismik yang tinggi, keberadaan sesar aktif sebagai pemicu kemungkinan terjadinya gempa bermagnitudo kecil memang ada, namun belum dipelajari secara jelas.

Keberadaan Sesar Garsela di wilayah Garut tertutup oleh endapan vulkanik Kuarter yang berasal dari gunung api aktif seperti Gunung Papandayan, Gunung Wayang, dan Gunung Guntur yang menunjukkan adanya pola kelurusan sesar yang diduga sebagai jejak dari Sesar Garsela (Alzwar et al., 1992). Endapan vulkanik yang berumur mulai dari Miosen–Pliosen hingga Holosen menunjukkan bahwa aktivitas vulkanik di daerah ini masih aktif dan sebaran struktur geologi regional (Gambar 1). Sebaran kedalaman dan sesar yang terbentuk di bawah permukaan dari data gravitasi (Sunardi & Adhiperdana, 2008) (Gambar 2). Wilayah Garut Selatan telah mengalami beberapa kali proses tektonik seperti perlipatan, pensesaran dan proses sedimentasi yang dipengaruhi oleh proses subduksi di selatan Pulau Jawa (Van Bemmelen, 1949 dalam Gaffar, 2017).



Gambar 1. Peta geologi daerah penelitian mencakup lembar Bandung oleh Silitonga (1973), Lembar Sindang Barang – Bandar Waru oleh bur, et al. (1996), dan Lembar Garut dan Pameungpeuk oleh (Alzwar et al., 1992).

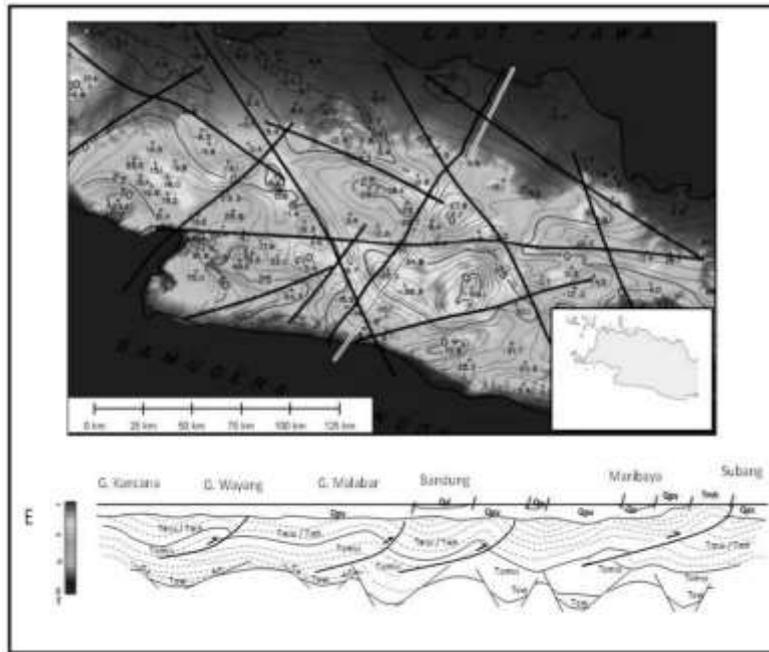
Meskipun dianggap sebagai sesar yang baru ditemukan, sesar ini memerlukan penelitian lebih lanjut, terutama dari aspek geologi. Permasalahan dasar dalam menentukan keberadaan suatu sesar adalah keteraturan atau keselarasan sesar tersebut, baik dalam bentuk garis maupun zona. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memperoleh informasi keselarasan sesar dengan menggunakan analisis kelurusan dan struktur geologi yang berkembang di daerah Garut Selatan.

2. METODE PENELITIAN

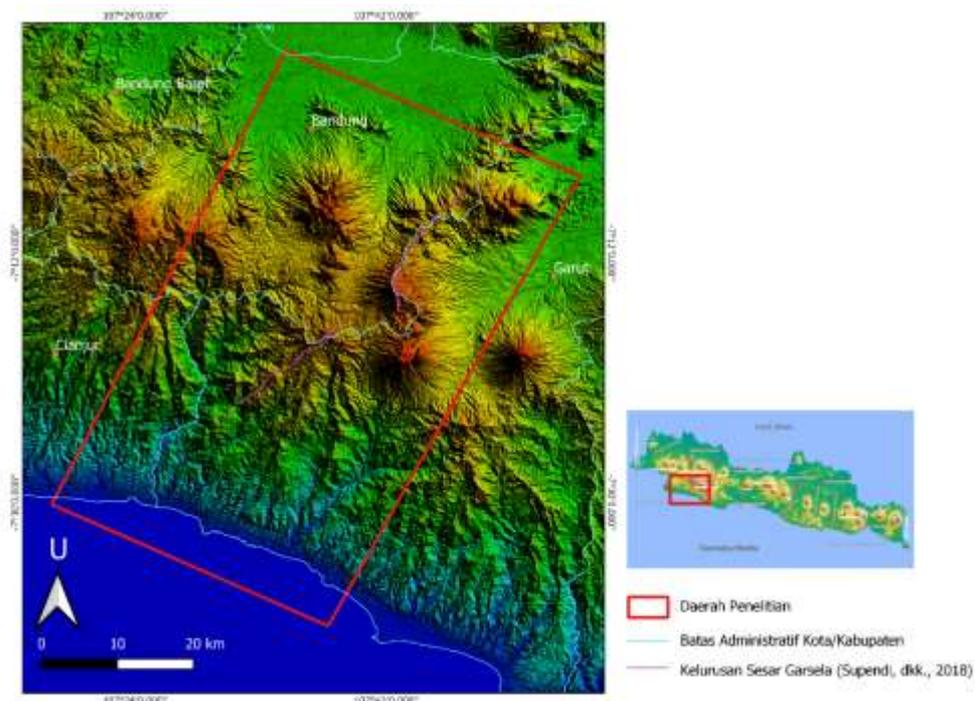
2.1. Lokasi Penelitian

Secara administratif, daerah penelitian terletak pada Kabupaten Bandung di sebelah utara, pesisir Laut Selatan Jawa bagian selatan, dan Kabupaten Garut di sebelah timur. Daerah Garut Selatan

dikelilingi beberapa gunungapi aktif seperti Gunung Wayang (2.182 m), Gunung Kendang (2.608 m), Gunung Malabar (2.321 m), Gunung Windu (2.054 m) dan Gunung Papandayan (2.665 m). Lokasi Sesar Garsela dari penelitian sebelumnya yaitu (Supendi, et al., 2018) memiliki arah timur laut – barat daya tercantum dalam Gambar 3.



Gambar 2. Penampang struktur geologi bawah permukaan Garut Selatan – Subang berdasarkan data gravitasi (Sunardi & Adhiperdana, 2008 dalam Sunardi, 2014)



Gambar 3. Peta lokasi penelitian di Garut Selatan, Jawa Barat.

2.2. Pengolahan Data

Data yang digunakan merupakan citra DEMNAS (*Digital Elevation Model Nasional*) yang dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial dengan resolusi 8 m. Data pendukung lainnya adalah peta geologi (Alzwar et al., 1992). Metode yang digunakan adalah metode kualitatif dengan teknik *hillshading*

pada perangkat lunak *opensource* QGIS 3.43 dan penarikan kelurusan menggunakan *PCI Geomatica*.

a. Teknik *hillshading*

Teknik ini memberikan efek tiga dimensi berupa warna hitam atau putih di tepi tiap kontur yang bergantung pada kedatangan arah sinar (azimut) di QGIS. Jika sisi kontur menghadap sumber cahaya, dengan selisih vektor arah sinar dan vektor normal sisi $<90^\circ$, maka dihasilkan bayangan warna putih. Jika sisi kontur menghadap sumber cahaya, dengan selisih vektor arah sinar dan vektor normal sisi $\geq 90^\circ$, maka dihasilkan bayangan berwarna hitam. Faktor yang mempengaruhi hasil *hillshading*:

1. Faktor Z: merupakan faktor pengubah nilai vertical terhadap sumbu Z. Nilai input pada sumbu Z akan dikalikan dengan nilai faktor Z. Tujuannya adalah menyamakan satuan koordinat antara sumbu X, Y, dan Z.
2. Azimut (Arah penyinaran): merupakan arah penyinaran yang dihitung dari utara dan searah jarum jam dari $0^\circ - 360^\circ$.
Ketinggian penyinaran (*altitude*): merupakan kemiringan atau sudut arah penyinaran dihitung 0° dari garis horizontal hingga 90° tegak lurus.

b. Kelurusan otomatis

Hasil *hillshading* selanjutnya memberikan bayangan punggung atau lembah yang dapat ditarik kelurusan otomatis menggunakan algoritma LINE pada perangkat lunak *PCI Geomatica* dengan arah kedatangan sinar 0° , 45° , 90° , and 135° yang saling tumpang tindih (Abdullah et al., 2010 dalam Oguchi et al., 2003) Input algoritma yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut.

1. **RADI** (*Filter radius*): Parameter ini berfungsi untuk mengatur ukuran radius filter deteksi tepi (dalam satuan piksel) yang digunakan untuk menentukan seberapa kecil detail yang dapat dikenali pada gambar.
2. **GTHR** (*Gradient threshold*): Parameter ini berfungsi untuk mengatur ukuran radius filter deteksi tepi (dalam satuan piksel) yang digunakan untuk menentukan seberapa kecil detail yang dapat dikenali pada gambar.
3. **LTHR** (*Length threshold*): Parameter ini mengatur panjang minimum kurva (dalam piksel) yang dipertimbangkan sebagai kelurusan yang menerus
4. **FTHR** (*Line fitting error threshold*): Parameter ini menentukan batas maksimal kesalahan (dalam piksel) yang diizinkan pada poligon untuk mengikuti kurva piksel. Nilai FTHR yang rendah akan menghasilkan segmen dengan tingkat presisi lebih tinggi, tetapi poligon yang terbentuk cenderung lebih pendek.
5. **ATHR** (*Angular difference threshold*): Parameter ini mengatur sudut maksimum (dalam derajat) antara segmen-segmen poligon. Jika sudutnya melebihi nilai tersebut, poligon akan tersegmentasi menjadi dua atau lebih vektor.
6. **DTHR** (*Linking distance threshold*): Parameter ini menetapkan jarak minimum (dalam piksel) antara ujung dua vektor agar keduanya dapat dihubungkan.

Nilai input mempengaruhi kecerahan, ketajaman, dan kelurusan yang dihasilkan. Nilai yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1, dibandingkan dengan penelitian sebelumnya Thannoun (2013), Abdullah et al. (2010), dan Nugroho & Tjahjaningsih (2016). Ketiga penelitian sebelumnya berkaitan dengan kelurusan dan nilai yang paling sesuai menunjukkan kelurusan di daerah penelitian menggunakan parameter dari (Nugroho & Tjahjaningsih, 2016).

Tabel 1. Perbandingan nilai input parameter yang digunakan pada penelitian sebelumnya.

Name	Description	Previous Researches		
		Abdullah et al., 2010	Thannoun (2013)	Nugroho & Tjahjaningsih (2016)
RADI	Filter radius	12	5	60
GTHR	Gradient threshold	90	75	120
LTHR	Length threshold	30	10	100
FTHR	Line fitting error threshold	10	2	3
ATHR	Angular difference threshold	30	20	30
DTHR	Linking distance threshold	20	1	100

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

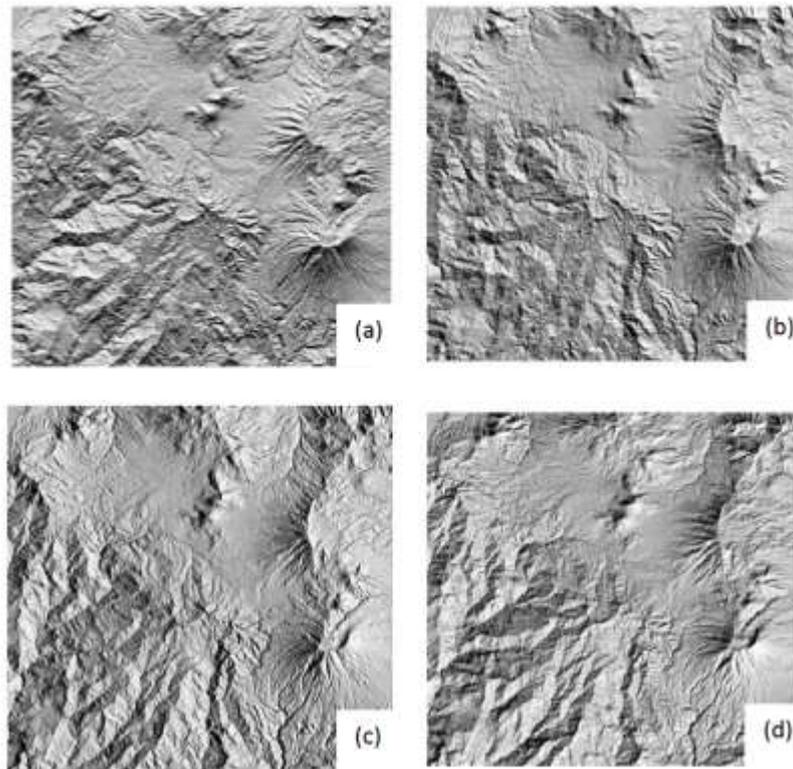
3.1 Hasil Penelitian

Nilai *altitude* yang diinput yaitu 45° untuk mendapatkan ukuran bayangan yang sama dengan ukuran objek yang terkena sinar (Yanis et al., 2019). Faktor lain yang diinput adalah skala (*scale*) adalah tingkat kehalusan bayangan yang dihasilkan. Semakin tinggi nilai skala, maka permukaan hasil *hillshade* semakin halus. Nilai skala yang diinput adalah 75.000 dengan garis bayangan jelas dan dapat mencerminkan kelurusan dari tiap azimut. Selanjutnya, hasil citra ini akan digunakan untuk menganalisis kelurusan secara manual dan otomatis menggunakan *LINE Algorithm*.

Hasil citra dari proses *hillshade* pada empat azimut menunjukkan adanya kelurusan seperti kelurusan lembah atau pegunungan. Seluruh bayangan akan menampilkan kenampakan garis yang mendekati nyata di permukaan bumi karena pencahayaan dari berbagai arah menciptakan kesan tiga dimensi. Hal ini disebabkan oleh kombinasi efek gelap – terang atau bayangan, di mana perbedaan nilai variabel input akan menghasilkan bentuk bayangan yang berbeda, dan memengaruhi pola kenampakan garis. Nilai-nilai dari parameter input yang disebutkan di atas juga berperan dalam menampilkan kenampakan garis secara jelas dan berurutan.

Hasil *hillshade* ini diolah ke dalam *PCI Geomatica* untuk menarik kelurusan otomatis. Nilai parameter yang digunakan mengacu kepada penelitian sebelumnya oleh (Nugroho & Tjahjaningsih, 2016) yang mengaplikasikan algoritma LINE untuk menganalisis potensi mineral di daerah Geumpang, Aceh. Penggunaan nilai parameter dari peneliti ini jauh lebih representatif daripada penelitian lain. Salah satunya adalah karena kelurusan yang dihasilkan lebih panjang dari nilai parameter lain. Hal ini disebabkan nilai filter dan ambang panjang kelurusan jauh lebih tinggi sehingga tiap kelurusan yang dianalisis per grid piksel saling terhubung.

Hasil proses *hillshade* dari empat arah mata angin diperoleh bayangan tiga dimensi pada Gambar 4. Tren kelurusan yang diperoleh berarah dominan timur laut – barat daya (Gambar 6). Hal ini sesuai arah struktur geologi regional yang berkembang di daerah Jawa Barat menerus ke arah pantai utara (Sunardi & Adhiperdana, 2008).



Gambar 4. Citra DEMNAS menggunakan teknik *hillshade* dengan skala kecerahan 75.000, sudut kemiringan (*altitude*) 45° , arah penyorotan (azimut) dari empat arah berbeda yaitu, (a) azimut 0° , (b) azimut 45° , (c) azimut 90° , (d) azimut 135° .

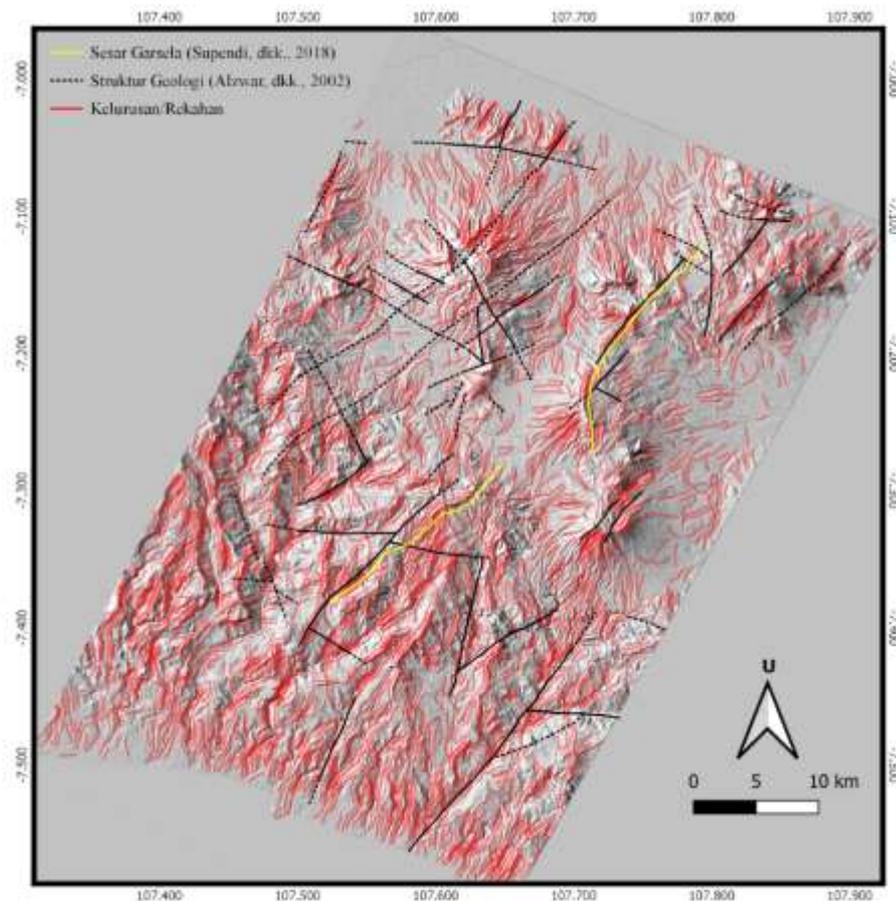
3.2 Pembahasan

Setiap azimut menghasilkan bentuk bayangan yang berbeda. Hal ini dapat diamati pada kawah Gunung Papandayan yang menunjukkan adanya kelurusan pada azimut 90° dan 135° daripada azimut 0° dan 45° . Kelurusan dari keempat azimut diatas mendominasi lokasi yang memiliki tingkat kekasaran yang tinggi seperti di sekitar Gunung Papandayan ke arah selatan, Gunung Malabar, dan Gunung Guntur (Gambar 4). Jumlah kelurusan yang ditarik sebanyak 2481 segmen. Jumlah ini disebabkan geomorfologi daerah penelitian tersusun dari perbukitan dan pegunungan yang menghasilkan tekstur kasar (Gambar 5). Kekasaran permukaan inilah yang dideteksi sebagai kelurusan oleh metode ekstraksi otomatis. Karena tidak semua kelurusan yang dihasilkan sebagai cerminan aktivitas struktur geologi, maka diperlukan pemahaman geologi daerah penelitian untuk menginterpretasi kelurusan yang dihasilkan.

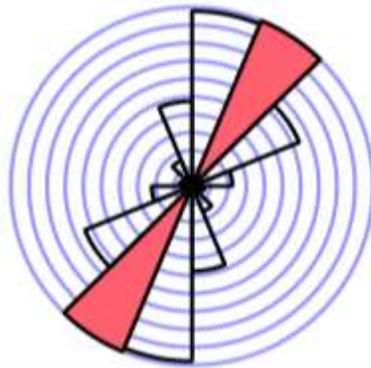
Faktor lain yang memengaruhi hasil kelurusan secara otomatis adalah nilai parameter yang dimasukkan. Pada umumnya kelurusan cenderung memiliki ukuran yang lebih pendek daripada struktur geologi itu sendiri. Besarnya nilai ambang tiap piksel akan memengaruhi panjang kelurusan. Pada penelitian ini digunakan nilai parameter oleh karena panjang kelurusan lebih representatif dari sumber yang lain. Meskipun begitu, kesalahan pada penarikan berulang pada satu garis masih banyak ditemukan. Karenanya, metode ini perlu dievaluasi sebelum digunakan.

Jika dibandingkan dengan keberadaan Sesar Garsela (garis berwarna kuning) tidak seluruhnya didominasi oleh kelurusan yang dihasilkan secara otomatis. Pada Segmen Kencana di bagian Selatan, kelurusan Sesar Garsela berada diatas dominansi kelurusan yang dihasilkan, sedangkan Segmen Rakutai pada bagian utara tidak didominasi kelurusan. Dari kedua segmen sesar tersebut, kelurusan sesar kurang tercermin secara geomorfologi. Kelurusan sesar tidak teramati di permukaan secara jelas dapat disebabkan oleh magnitudo gempa kurang dari 5 dan interval kejadiannya lama. Selain itu, kondisi alam yang lembap dan tropis, sesar dapat tertutupi endapan sedimen yang tebal atau tanah yang tebal (Marliyani et al., 2016). Hal ini sesuai dengan lokasi sesar yang dikelilingi endapan vulkanik Kuarter dan

Tersier sehingga sulit mengidentifikasi keberadaan sesar sesungguhnya.



Gambar 5. Kelurusan rekahan secara otomatis yang digabungkan dari empat arah azimut.



Gambar 6. Tren kelurusan dominan berarah timur laut – barat daya.

Dengan melihat kekurangan dari penarikan secara otomatis, diperlukan *sense of geology* untuk menarik kelurusan secara manual dengan pertimbangan tambahan seperti jenis batuan dan kemungkinan kelurusan yang dapat dipertanggungjawabkan. Karenanya, penarikan kelurusan otomatis ini diharapkan menjadi dasar penelitian yang selanjutnya dapat dikembangkan lebih lanjut.

4. KESIMPULAN

Sebaran kelurusan (*lineament*) di Garut Selatan didominasi di sekitar Gunung Papandayan ke arah selatan, Gunung Malabar, dan Gunung Guntur. Kelurusan tercermin secara geomorfologi terutama di wilayah pegunungan selatan dengan batuan Tersier dan endapan vulkanik Kuartar. Diperoleh 2841 segmen kelurusan yang dihasilkan dari proses ekstraksi kelurusan otomatis dengan arah kelurusan

dominan timur laut – barat daya. Arah kelurusan ini bisa mengindikasikan adanya pengaruh tektonik yang membentuk arah struktur geologi di Jawa Barat. Untuk penelitian selanjutnya, ekstraksi kelurusan otomatis ini dapat dibandingkan dengan hasil kelurusan manual yang menggunakan *sense of geology* untuk membedakan kelurusan dipengaruhi oleh aktivitas tektonik atau vulkanik.

5. REFERENSI

- Abdullah, A., Akhir, J. M., & Abdullah, I. (2010). Automatic mapping of lineaments using shaded relief images derived from digital elevation model (DEMs) in the Maran-Sungai Lembing area, Malaysia. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, 15(6), 949–958.
- Alzwar, M., Akbar, N., & Bachri, S. (1992). *Peta Geologi lembar Garut dan Pamengpeuk, Jawa Barat, Skala 1: 100.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Departemen Pertambangan dan Energi.
- Gaffar, E. Z. (2017). Struktur Geologi Bawah Permukaan Di Garut Selatan Berdasarkan Data Elektromagnetik. *RISSET Geologi Dan Pertambangan*, 27(2). <https://jrisetgeotam.brin.go.id/index.php/jrisgeotam/article/view/450>
- Irsyam, M. (2017). *Peta sumber dan bahaya gempa Indonesia tahun 2017*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman, Badan Penelitian
- Marliyani, G. I., Arrowsmith, J. R., & Whipple, K. X. (2016). Characterization of slow slip rate faults in humid areas: Cimandiri fault zone, Indonesia. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 121(12), 2287–2308. <https://doi.org/10.1002/2016JF003846>
- Nugroho, U. C., & Tjahjaningsih, A. (2016). Lineament density information extraction using dem srtm data to predict the mineral potential zones. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, 13(1), 67–74.
- Oguchi, T., Aoki, T., & Matsuta, N. (2003). Identification of an active fault in the Japanese Alps from DEM-based hill shading. *Computers & Geosciences*, 29(7), 885–891.
- Sunardi, E. (2014). Reaktivasi sesar tua dan pengaruhnya terhadap pembentukan struktur geologi dan cekungan Kuartar di daerah Bandung-Garut. *Bulletin of Sci. Contribution*, 12, 63–68.
- Sunardi, E., & Adhiperdana, B. G. (2008). *An Account for the Petroleum Prospectivity of the Southern Mountain of West Java: A Geological Frontier in the West?* https://archives.datapages.com/data/ipa_pdf/079/079001/pdfs/IPA08-G-083.pdf
- Supendi, P., & Nugraha, A. D. (2016). Preliminary result of earthquake hypocenter determination using hypoellipse around western Java region. *AIP Conference Proceedings*, 1730(1). <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/1730/1/020002/884310>
- Supendi, P., Nugraha, A. D., Puspito, N. T., Widiyantoro, S., & Daryono, D. (2018). Identification of active faults in West Java, Indonesia, based on earthquake hypocenter determination, relocation, and focal mechanism analysis. *Geoscience Letters*, 5(1), 31. <https://doi.org/10.1186/s40562-018-0130-y>
- Supendi, P., Nugraha, A. D., & Widiyantoro, S. (2018). Recent destructive earthquakes around Garut area, West Java, Indonesia: An unidentified fault? *AIP Conference Proceedings*, 1987(1). <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/1987/1/020077/909527>
- Thannoun, R. G. (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*, 2(2), 1–11.

- Van Bemmelen, R. W. (1949). *The geology of Indonesia* (Vol. 1). US Government Printing Office.
- Yanis, M., Ismail, N., Nanda, L. V. H. M., & Abdullah, F. (2019). *Delineasi sebaran Sesar di Pulau Web Berdasarkan Metode Fault Fracture Density (FFD) Fault Mapping in Web Island based on Fault Fracture Density Method (FFD)*. <https://core.ac.uk/download/pdf/297022358.pdf>