

ANALISIS KELURUSAN STRUKTUR GEOLOGI TALAWI-BARANGIN, KOTA SAWAHLUNTO MENGGUNAKAN *HILLSHADE* DAN DIAGRAM ROSE BERDASARKAN DATA DEM SRTM

**Akmal Alfian Fatuha¹, Dinda Fitri Voanda¹, Nandi Haerudin¹, Karyanto¹, Rahmat Catur Wibowo²,
Rahmi Mulyasari^{2*}**

¹Program Studi Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl.Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Gedong Meneng, Kota Bandar Lampung, 35142, Indonesia

²Program Studi Teknik Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Jl.Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Gedong Meneng, Kota Bandar Lampung, 35142, Indonesia

*email: rahmi.mulyasari@eng.unila.ac.id

ABSTRAK

Wilayah Talawi-Barangin, Kota Sawahlunto, berada di zona tektonik aktif Pulau Sumatera yang memiliki sejarah geologi kompleks akibat aktivitas pergerakan lempeng tektonik. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi pola kelurusan dan orientasi struktur geologi di daerah tersebut serta memahami kaitannya dengan dinamika geologi di Pulau Sumatera. Pemahaman terhadap pola struktur geologi penting untuk mitigasi bencana geologi serta eksplorasi sumber daya alam. Metode yang digunakan meliputi analisis geospasial berbasis Digital Elevation Model (DEM) resolusi 30 meter dari SRTM, yang diolah menjadi hillshade untuk yang diolah menjadi hillshade untuk menghasilkan representasi bayangan topografi berdasarkan sudut pencahayaan, guna meningkatkan persepsi kedalaman dan bentuk morfologi permukaan peta. Hillshade digunakan dengan berbagai sudut azimuth untuk mengidentifikasi bentuk topografi yang lebih detail. Ekstraksi kelurusan dilakukan dengan PCI Geomatica menggunakan parameter seperti RADI (Filter Radius), GTHR (Gradien Threshold), dan LTHR (Length Threshold). Diagram Rose dibuat menggunakan perangkat lunak RockWorks untuk menentukan arah dominan dari struktur geologi. Hasil analisis menunjukkan bahwa pola dan orientasi struktur geologi di Talawi-Barangin didominasi oleh kelurusan berarah barat-laut-tenggara (NW-SE). Pola ini sesuai dengan karakteristik struktur geologi di Pulau Sumatera yang juga berorientasi NW-SE. Penelitian ini menegaskan bahwa orientasi struktur geologi di Talawi-Barangin menggambarkan kompleksitas geologi wilayah tersebut dan keterkaitannya dengan dinamika geologi Sumatera secara keseluruhan.

Kata Kunci: Diagram Rose; Hillshade; Struktur Geologi; Talawi-Barangin; Kelurusan

ABSTRACT

[Title: Analysis Of Geological Structure Linearity Of Talawi-Barangin, Sawahlunto City Using Hillshade And Rose Diagram Based On Srtm Dem Data] The Talawi-Barangin region, located in Sawahlunto City, lies within the active tectonic zone of Sumatra Island, characterized by a complex geological history resulting from tectonic plate movements. This study aims to identify the lineament patterns and orientation of geological structures in the area and to understand their relation to the broader geological dynamics of Sumatra. Understanding structural patterns is essential for geological hazard mitigation and natural resource exploration. The methodology involves geospatial analysis based on a 30-meter resolution Digital Elevation Model (DEM) derived from SRTM data, which was processed into hillshade to generate topographic shadow representations based on lighting azimuth angles, enhancing the perception of surface morphology and depth. Hillshade analysis used various azimuth angles to identify topographic features in greater detail. Lineament extraction was performed using PCI Geomatica software with parameters such as RADI (Filter Radius), GTHR (Gradient Threshold), and LTHR (Length Threshold). Rose diagrams were generated using RockWorks software to determine the dominant orientation of geological structures. The results indicate that the structural patterns and orientations in Talawi-Barangin are predominantly aligned in a northwest-southeast (NW-SE) direction. This pattern is consistent with the geological structure of Sumatra Island, which also trends NW-SE. The study confirms that the structural orientation in Talawi-Barangin reflects the geological complexity of the region and its connection to the tectonic evolution of Sumatra as a whole.

Keywords: Rose Diagram; Hillshade; Geological Structure; Talawi-Barangin; Lineament

PENDAHULUAN

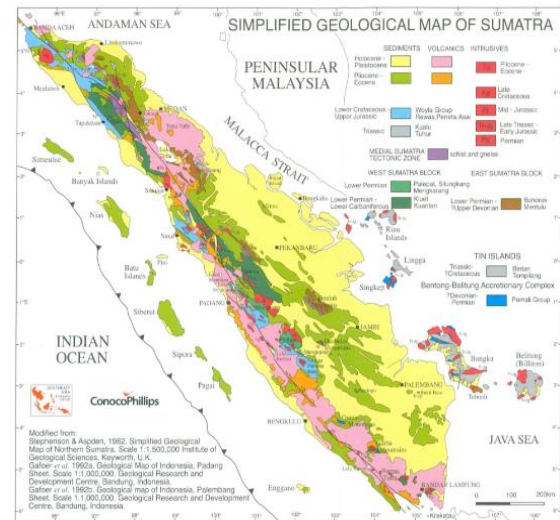
Pulau Sumatera memiliki struktur geologi yang beragam, dengan cekungan-cekungan yang menunjukkan variasi dalam sifat geologi, geomorfologi, dan sedimentologi (Barber dkk., 2005) (Gambar 1). Salah satu cekungan yang menarik untuk diteliti adalah Cekungan Ombilin, yang terletak di sepanjang sistem cekungan busur kepulauan. Cekungan ini terbentuk sejak zaman Tersier dan mencerminkan sejarah tektonik yang sangat kaya, terutama terkait dengan Sesar Sumatera (Situmorang dkk., 1991). Menurut De Coster (1974), pada awal Tersier cekungan ini mengalami perkembangan fasies non-marine, yang mencakup lingkungan sedimen danau, delta, dan fluvial, menjadikannya lokasi yang cocok untuk kajian geologi.

Pulau Sumatera berada di zona tektonik aktif, terletak di zona pertemuan antara Lempeng Eurasia di bagian utara dan Lempeng Indo-Australia di bagian selatan. Proses utama yang mempengaruhi tektonik di Sumatera adalah subduksi Lempeng Indo-Australia di bawah Lempeng Eurasia, yang terjadi di zona subduksi yang berada di lepas pantai barat Sumatera. Proses subduksi ini membentuk busur kepulauan vulkanik dan menyebabkan aktivitas vulkanik serta seismik yang tinggi. Salah satu fitur tektonik terpenting di Sumatera adalah Sesar Sumatera, yang membentang sejajar dengan pantai barat Sumatera dari utara hingga selatan. Sesar ini merupakan patahan geser murni dengan panjang lebih dari 1.900 km dan terbagi menjadi beberapa segmen aktif yang bertanggung jawab atas banyak gempa besar di wilayah tersebut (Sih dan Natawidjaja, 2000).

Selain Sesar Sumatera, tektonik di wilayah ini juga menghasilkan berbagai struktur geologi lainnya, seperti cekungan sedimen yang kaya akan minyak dan gas bumi. Cekungan-cekungan ini terbentuk akibat aktivitas deformasi dan pergerakan kerak bumi yang memicu pembentukan cekungan-cekungan pengendapan di sepanjang jalur patahan. Cekungan Ombilin, misalnya, merupakan salah satu cekungan yang terbentuk pada zaman Tersier dan dipengaruhi oleh aktivitas tektonik sepanjang Sesar Sumatera (Situmorang dkk., 1991). Selain itu, aktivitas subduksi juga menciptakan zona vulkanik aktif di sepanjang Bukit Barisan, yang menjadikan Sumatera salah satu daerah dengan gunung berapi terbanyak di Indonesia.

Sumatera Barat, termasuk daerah Talawi-Barangin adalah bagian dari Busur Vulkanik Sumatera yang aktif, yang dipengaruhi oleh subduksi lempeng Australia di bawah lempeng Eurasia (Katili,

1978). Proses tektonik ini telah menghasilkan berbagai struktur geologi, termasuk sesar-sesar besar seperti Sesar Sumatera, yang memanjang dari utara ke selatan Sumatera.

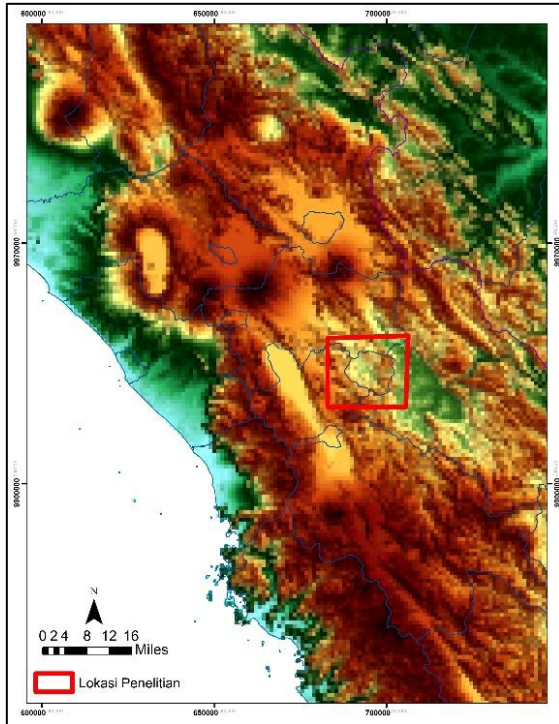


Gambar 1. Peta Geologi (Barber dkk., 2005).

Penelitian ini berfokus pada wilayah Talawi-Barangin di Kota Sawahlunto, Sumatera Barat, yang meliputi dua kecamatan: Talawi dan Barangin. Wilayah ini terletak berbatasan dengan Kabupaten Tanah Datar di utara, Kabupaten Solok di barat, dan Kabupaten Sijunjung di timur. Secara Astronomis, Kota Sawahlunto terletak antara $0^{\circ}33'40''$ – $0^{\circ}48'33''$ LS dan $100^{\circ}41'59''$ – $100^{\circ}49'60''$ BT. Kecamatan Talawi terletak diantara $0^{\circ}46$ LS dan $100^{\circ}2$ BT. Kecamatan Barangin terletak pada $0^{\circ}46$ LS dan $101^{\circ}47$ BT (Gambar 2).

Talawi-Barangin berada dalam zona tektonik aktif yang dipengaruhi oleh interaksi antara lempeng Eurasia dan lempeng Australia. Proses subduksi lempeng ini telah membentuk berbagai struktur geologi kompleks, seperti patahan, lipatan, dan fraktur. Penelitian geologi di wilayah ini penting untuk memahami pola dan orientasi struktur geologi, yang bisa berdampak pada eksplorasi sumber daya alam dan mitigasi risiko geologi.

Dalam konteks tersebut, penelitian ini menganalisis pola dan orientasi struktur geologi daerah Talawi-Barangin dengan memanfaatkan metode analisis data geospasial dan pemodelan geologi. Identifikasi struktur geologi yang ada di daerah ini tidak hanya bertujuan untuk meningkatkan pemahaman mengenai dinamika geologi lokal tetapi juga untuk memberikan kontribusi pada pengelolaan sumber daya alam dan perencanaan mitigasi bencana.



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian.

Pemecahan masalah dalam penelitian ini mencakup pengumpulan data geologi dan geomorfologi, analisis menggunakan perangkat lunak geospasial, serta interpretasi hasil untuk mengidentifikasi pola dan orientasi struktur geologi. Dengan pendekatan ini, diharapkan dapat diperoleh hasil yang komprehensif mengenai karakteristik geologi di daerah Talawi-Barangin.

Tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi, memetakan dan menganalisis pola serta orientasi struktur geologi di daerah Talawi-Barangin. Hasil analisis penelitian ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang lebih mendalam tentang potensi sumber daya alam, serta membantu dalam upaya mitigasi risiko geologi di kawasan tersebut, sehingga mendukung pembangunan berkelanjutan di wilayah Kota Sawahlunto.

METODE

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laptop sebagai media pemrosesan data, dengan bantuan perangkat lunak ArcGIS 10.8 untuk pembuatan hillshade dan pemetaan spasial, serta RockWorks untuk analisis orientasi struktur melalui pembuatan Diagram Rose. *Data Digital Elevation Model* (DEM) yang digunakan berasal dari DEMNAS SRTM dengan resolusi 30 meter, yang diunduh dari situs resmi <https://tanahair.indonesia.go.id/>. Data ini dimanfaatkan untuk berbagai analisis, termasuk analisis hillshade guna identifikasi bentuk topografi,

ekstraksi kelurusan menggunakan PCI Geomatica, serta penentuan orientasi struktur geologi melalui Diagram Rose.

Metode Penelitian

Metode penelitian ini mengidentifikasi dan menganalisis pola serta orientasi struktur geologi di daerah Talawi-Barangin dengan memanfaatkan data spasial. Data spasial yang digunakan berupa Digital Elevation Model (DEM) dengan resolusi 30 meter dari SRTM yang menyediakan gambaran morfologi yang lebih mendetail.

Data DEM di tahap ini diproses untuk menghasilkan *hillshade* dengan memanfaatkan fungsi 3D Analyst pada ArcMap. Analisis *Hillshade* merupakan metode yang digunakan untuk memberikan efek tiga dimensi pada permukaan peta dua dimensi, dengan memperhitungkan arah datangnya cahaya. *Hillshade* juga digunakan untuk menghasilkan bayangan linear binarisasi, yang kemudian digabungkan dengan garis kelurusan awal yang telah diekstraksi (Mulyasari dkk., 2017; Kaas dkk., 2024).

Proyeksi bayangan (*hillshade*) dibuat berdasarkan variasi elevasi dan sudut pencahayaan untuk memungkinkan identifikasi yang lebih rinci terhadap bentuk-bentuk morfologi permukaan. Dalam penelitian ini, *hillshade* dihasilkan dengan sudut azimuth 0° , 45° , 90° , dan 135° , serta ketinggian cahaya (*altitude*) yang diseragamkan pada 45° untuk semua arah. Pemilihan variasi sudut ini didasarkan pada pendekatan umum dalam studi morfotektonik, yang bertujuan untuk mengungkap fitur topografi dari berbagai arah pencahayaan sehingga dapat meningkatkan akurasi dalam deteksi kelurusan atau lineament (Kaas dkk., 2024).

Sebagai pembandingan, penelitian oleh Doke dkk. (2018) menggunakan delapan sudut azimuth dengan interval 45° (0° , 45° , 90° , 135° , 180° , 225° , 270° , dan 315°) untuk meningkatkan identifikasi kelurusan di Cekungan Pravara, India. Sementara itu, Adaviruku dan Oyatayo (2023) menerapkan variasi rasio azimuth-altitude ($315^\circ:45^\circ$, $200^\circ:50^\circ$, $150^\circ:65^\circ$, dan $100^\circ:60^\circ$) untuk meningkatkan kejelasan fitur linier pada sub-DAS Sungai Benue Atas, Nigeria. Oleh karena itu, variasi azimuth yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk mencakup arah dominan dan diagonal utama sehingga diperoleh hasil lineament yang lebih menyeluruh dan representatif. Proses ini bertujuan untuk mengoptimalkan kelurusan yang diperoleh, sehingga lebih akurat dalam merepresentasikan kondisi morfologi medan yang sebenarnya.

Analisis yang dilakukan dalam penelitian ini mencakup pengukuran densitas *lineament*, panjang

lineament, dan orientasi *lineament*. Untuk mencapai hasil yang optimal, proses ekstraksi kelurusan menggunakan PCI Geomatica memerlukan pengaturan beberapa parameter garis modular. Salah satu parameternya adalah RADI (*filter radius*), yang mengontrol seberapa banyak detail terkecil dari sebuah gambar yang bisa terlihat pada tingkat piksel. Saat nilai radi lebih tinggi, detail-detail kecil cenderung tak terdeteksi lagi, dan nilai standar yang biasa digunakan adalah 10. Parameter GTHR (*gradient threshold*) berfungsi untuk menetapkan batas minimum perubahan intensitas warna yang dianggap sebagai garis tepi dalam gambar, di mana ambang batas standarnya adalah 100. Panjang minimum dari sebuah kurva, yang diperlukan untuk dikenali sebagai garis lurus, diatur oleh LTHR (*length threshold*). Kurva yang panjangnya kurang dari nilai standar 30 piksel tidak akan dianggap sebagai garis lurus. FTTH (*line fitting error threshold*) membatasi seberapa besar kesalahan yang diizinkan saat menggambar garis poligon dari kumpulan piksel, dengan nilai yang lebih rendah menghasilkan garis yang lebih akurat tetapi segmen poligon yang lebih pendek. Sementara itu, ATHR (*angular difference threshold*) berperan mengukur perbedaan sudut terbesar antara dua segmen garis. Jika sudut tersebut melebihi batas yang ditentukan, maka garis tersebut akan dipisah menjadi beberapa segmen, dengan nilai standar 30. DTHR (*linking distance threshold*) mengatur seberapa dekat dua segmen garis harus berada untuk bisa dianggap terhubung, dengan jarak default yang digunakan sebesar 20 piksel (Naufal & Sya'ban, 2021)

Pada penelitian ini, parameter-parameter tersebut digunakan untuk melakukan analisis kelurusan secara efektif, seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Line module (Ustinov dkk., 2022).

No	Parameter	Nilai
1	RADI (<i>Filter Radius</i>)	10
2	GTHR (<i>Gradien Threshold</i>)	100
3	LTHR (<i>Lenght Threshold</i>)	30
4	FTTH (<i>Line Fitting Error Threshold</i>)	3
5	ATHR (<i>Angular Difference Threshold</i>)	30
6	DTHR (<i>Linking Distance Threshold</i>)	20

Analisis lebih lanjut dilakukan menggunakan Diagram Rose untuk analisis orientasi struktur geologi. Diagram rose adalah metode grafis yang kerap digunakan untuk menampilkan hubungan

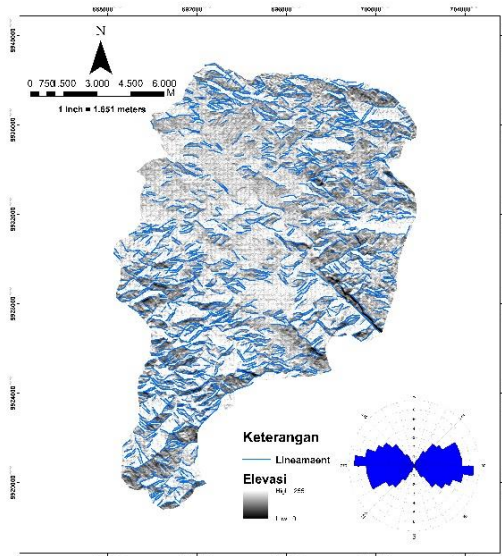
antara dua variabel. Variabel pertama, yang mengindikasikan arah atau sudut, ditunjukkan melalui sudut-sudut di sekitar lingkaran layaknya tampilan kompas. Variabel kedua, berupa nilai skalar, diungkapkan melalui jarak radial dari pusat lingkaran. Fungsi utama diagram ini adalah untuk menggambarkan distribusi data secara lebih sederhana dan mudah dipahami (Sanderson & Peacock, 2020). Diagram ini dibuat untuk memvisualisasikan distribusi azimuth dari struktur geologi seperti sesar atau rekahan, sehingga arah dominan dari struktur geologi di area penelitian dapat diidentifikasi. Proses pembuatan Diagram Rose dilakukan menggunakan *software* RockWorks, yang memungkinkan analisis visual terhadap pola orientasi struktur geologi. Orientasi sesar yang dominan akan mencerminkan arah utama gaya tektonik yang bekerja di wilayah tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis pola kelurusan dilakukan dengan memanfaatkan *Digital Elevation Model (DEM)* dan variasi sudut pencahayaan untuk mengungkap struktur geologi di wilayah penelitian. Hasil ekstraksi *lineament* pada azimuth 0°, 45°, 90°, dan 135° menunjukkan orientasi struktur geologi yang teridentifikasi.

Pola Kelurusan Berdasarkan Hillshade dengan Azimuth 0°

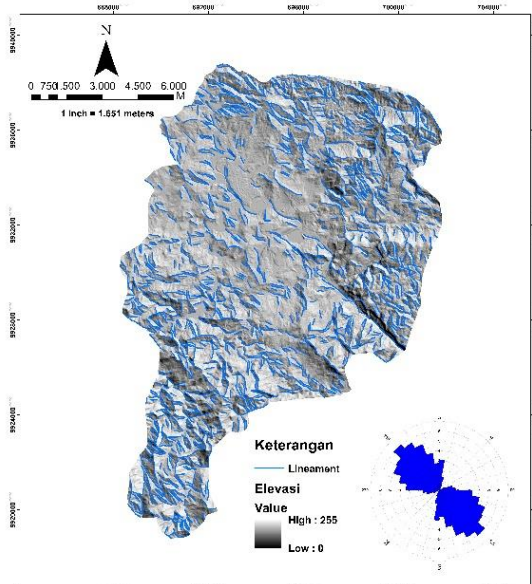
Hasil analisis menggunakan Digital Elevation Model (DEM) dengan pencahayaan pada azimuth 0° menunjukkan pola kelurusan yang signifikan, ditunjukkan oleh tingginya frekuensi kemunculan *lineament* pada orientasi dominan dalam hasil ekstraksi. Diagram roset dari hasil analisis ini menunjukkan konsentrasi kelurusan pada orientasi N 269° E, dengan intensitas segmen yang lebih menonjol dibanding orientasi lainnya. Pola ini mengindikasikan bahwa struktur geologi yang berkontribusi di wilayah penelitian cenderung berarah barat–timur (W–E), yang berperan penting dalam pembentukan morfologi kawasan (Gambar 3). Signifikansi arah ini diperkuat oleh visualisasi kelurusan yang seragam dan terdistribusi secara konsisten dalam data *lineament* hasil ekstraksi.



Gambar 3. Hasil analisis pada azimuth 0°.

Pola Kelurusan Berdasarkan Hillshade dengan Azimuth 45°

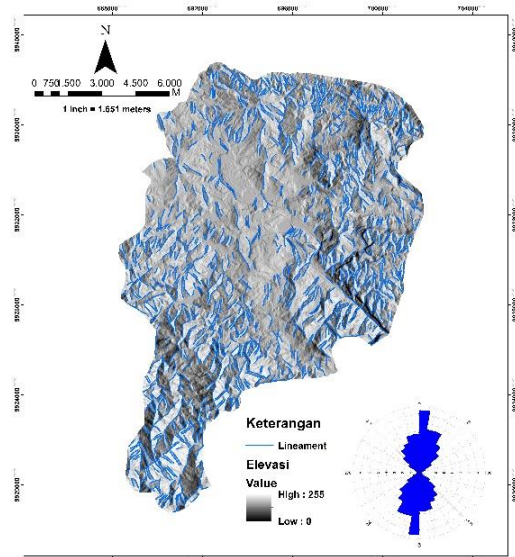
Hasil analisis menggunakan *Digital Elevation Model (DEM)* dengan pencahayaan pada azimuth 45° menunjukkan adanya pola kelurusan yang signifikan, ditunjukkan oleh tingginya frekuensi kemunculan lineament pada orientasi dominan dalam hasil ekstraksi. Diagram roset dari hasil analisis ini menunjukkan konsentrasi kelurusan pada orientasi N 315° W. Pola ini mengindikasikan bahwa struktur geologi yang berkontribusi di wilayah penelitian berarah baratlaut-tenggara (NW-SE), yang berperan penting dalam pembentukan morfologi kawasan (Gambar 4).



Gambar 4. Hasil analisis pada azimuth 45°.

Pola Kelurusan Berdasarkan Hillshade dengan Azimuth 90°

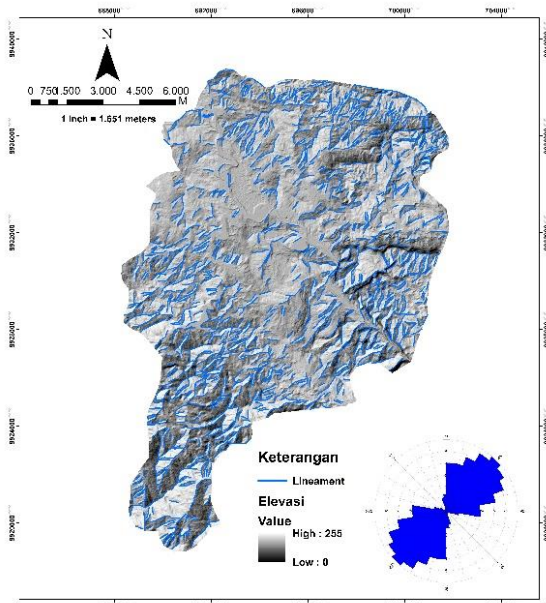
Hasil analisis menggunakan *Digital Elevation Model (DEM)* dengan pencahayaan pada azimuth 90° menunjukkan adanya pola kelurusan yang signifikan, ditunjukkan oleh tingginya frekuensi kemunculan lineament pada orientasi dominan dalam hasil ekstraksi. Diagram roset dari hasil analisis ini menunjukkan konsentrasi kelurusan pada orientasi N 3° S. Pola ini mengindikasikan bahwa struktur geologi yang berkontribusi di wilayah penelitian berarah utara-selatan (N-S), yang berperan penting dalam pembentukan morfologi kawasan. (Gambar 5).



Gambar 5. Hasil analisis pada azimuth 90°.

Pola Kelurusan Berdasarkan Hillshade dengan Azimuth 135°

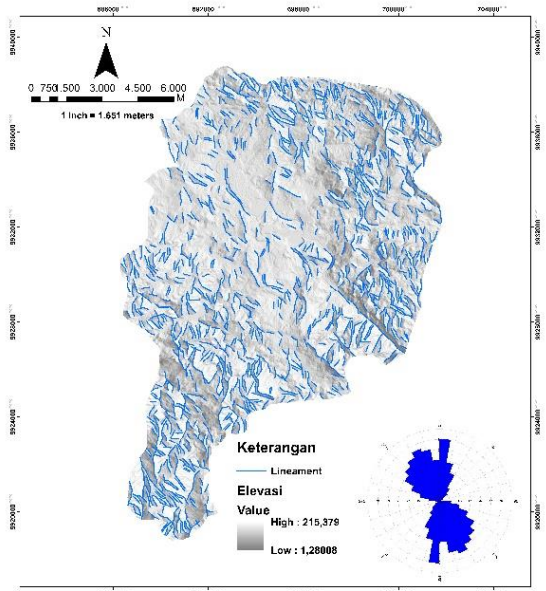
Hasil analisis menggunakan *Digital Elevation Model (DEM)* dengan pencahayaan pada azimuth 135° menunjukkan adanya pola kelurusan yang signifikan, ditunjukkan oleh tingginya frekuensi kemunculan lineament pada orientasi dominan dalam hasil ekstraksi. Diagram roset dari hasil analisis ini menunjukkan konsentrasi kelurusan pada orientasi N 45° E. Pola ini mengindikasikan bahwa struktur geologi yang berkontribusi di wilayah penelitian berarah timurlaut-baratdaya (NE-SW) yang berperan penting dalam pembentukan morfologi kawasan (Gambar 6).



Gambar 6. Hasil analisis pada azimuth 135°.

Pola Kelurusan Berdasarkan Kombinasi Hillshade dari Azimuth 0°, 45°, 90°, dan 135°

Hasil analisis dari penggabungan hillshade dengan pencahayaan pada azimuth 0°, 45°, 90°, dan 135° menghasilkan pola kelurusan yang lebih jelas dan terintegrasi. Kombinasi ini meningkatkan visibilitas serta kontras fitur topografi, memudahkan pendeteksian struktur geologi seperti patahan dan rekahan di seluruh wilayah penelitian. Setelah dilakukan proses ekstraksi kelurusan, diagram roset menunjukkan konsentrasi utama pada orientasi N 315° W (Gambar 7).



Gambar 7. Hasil analisis pada kombinasi azimuth 0°, 45°, 90°, dan 135°.

Berdasarkan hasil analisis, disimpulkan bahwa pola dan orientasi struktur geologi di area penelitian didominasi oleh arah barat laut-tenggara (NW-SE).. Pola kelurusan ini sesuai dengan adanya struktur geologi di Cekungan Ombilin pada daerah penelitian. Cekungan Ombilin, yang merupakan cekungan Paleogen dan bagian dari Pegunungan Barisan, memiliki orientasi baratlaut-tenggara (NW-SE) yang sejajar dengan fitur Sesar Sumatra. Dengan demikian, pola dan orientasi struktur geologi yang teridentifikasi dalam analisis ini sesuai dengan karakteristik geologis di daerah penelitian.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, diketahui bahwa pola dan orientasi struktur geologi di daerah Talawi-Barangin, Kota Sawahlunto, didominasi oleh kelurusan berarah baratlaut-tenggara (NW-SE). Hasil ekstraksi menunjukkan bahwa sekitar 61% dari total kelurusan memiliki orientasi NW-SE, menjadikannya arah dominan dalam struktur geologi wilayah ini. Temuan ini selaras dengan karakteristik umum struktur geologi Pulau Sumatera yang juga berarah NW-SE. Hal ini menunjukkan bahwa dinamika tektonik regional, khususnya pengaruh dari Sesar Sumatera, turut membentuk pola struktur geologi di wilayah Talawi-Barangin.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang mendalam kepada Program Studi Teknik Geofisika, Universitas Lampung, atas dukungan dalam penyediaan fasilitas dan data yang diperlukan untuk keperluan analisis. Tak lupa, penulis juga berterima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan kontribusi selama proses penelitian ini berlangsung.

DAFTAR PUSTAKA

Adaviruku, P. E., & Oyatayo, K. T. 2023. Extraction, Mapping, and Analysis of Structural Lineaments using Geospatial Azimuth-Altitude Ratio Technique on a DEM of a Sub-Catchment of the Upper Benue River Basin, Nigeria. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 1(6), 90. [https://doi.org/10.59324/ejtas.2023.1\(6\).90](https://doi.org/10.59324/ejtas.2023.1(6).90)

De Coster, G.L., 1974, *The Geology of the Central and South Sumatra Basin*, Proceeding 5th Annual Convention Indonesian Petroleum Association: 77 – 111.

Doke, A., Das, S., & Pardeshi, S. D. 2018. Extraction of lineaments from different

- azimuth angles using geospatial techniques: A case study of Pravara basin, Maharashtra, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(160). <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3522-6>
- Barber, A. J., Crow M. J. & Milsom J. S. 2005. Sumatra. Geology, Resources and Tectonic Evolution. Geological Society Memoir no. 31. ix + 290 pp. London, Bath: Geological Society of London.
- Kaas, O., Šilhavý, J., Kolingerová, I., & Čada, V. 2024. Accelerated multi-hillshade hierarchic clustering for automatic lineament extraction. *Journal of Geographical Systems*, 26(1), 73–90. <https://doi.org/10.1007/s10109-023-00423-y>
- Katili, J. A. 1978. *Past and present geotectonic position of Sulawesi, Indonesia*. In Proceedings of the Royal Society of London. A. Mathematical and Physical Sciences, 356(1684), 137-144.
- Mulyasari, R., Brahmantyo, B., & Supartoyo, 2017, Morphometric analysis of relative tectonic activity in the Baturagung Mountain, Central Java, Indonesia, *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 71, No. 1, p. 012006). IOP Publishing.
- Naufal, M. R., & Sya'ban, S. N. 2021. Aplikasi Lineament Density Analysis Untuk Prospekti Endapan Timah Primer: Studi Kasus Daerah Bangka Selatan. *Jurnal Teknik Kebumihan*, 7(1), 1–4.
- Sanderson, D. J., & Peacock, D. C. P. 2020. Making rose diagrams fit-for-purpose. *Earth-Science Reviews*, 201(November). <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2019.103055>
- Sieh, K., & Natawidjaja, D. 2000. Neotectonics of the Sumatran fault, Indonesia. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 105(B12), 28295-28326.
- Situmorang, B., Yulihanto, B., Guntur, A., Himawan, R., dan Jakob, G. T., 1991, *Structural Development of the Ombilin Basin West Sumatra*, Proceeding 20th Annual Convention Indonesian Petroleum.
- Situmorang, B., Guntur, A., Yulihanto, B., Himawan, R. & Gamal, J. H. 1991, Structural development of the Ombilin Basin, West Sumatra. Proceedings of the Indonesian Petroleum Association, 20, 1-16.
- Ustinov, S., Ostapchuk, A., Svecherevskiy, A., Usachev, A., Gridin, G., Grigor'eva, A., & Nafigin, I. 2022. Prospects of Geoinformatics in Analyzing Spatial Heterogeneities of Microstructural Properties of a Tectonic Fault. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/app12062864>