

## Mekanisme Struktur Geologi Berdasarkan Analisis DEM dan Analisis Stereografis Daerah Banjaranyar Sekitarnya Kabupaten Ciamis Jawa Barat

**Felix Mateus Exaudi Gultom<sup>1)\*</sup>, Yogie Zulkurnia Rochmana<sup>1)</sup>**

<sup>1)</sup> Teknik/Teknik Geologi, Universitas Sriwijaya

### ABSTRAK

Daerah Banjaranyar memiliki kondisi geologi yang kompleks, ditandai oleh aktivitas tektonik yang berperan dalam pembentukan morfologi permukaan serta perkembangan struktur geologi di wilayah tersebut. Oleh karena itu, analisis mekanisme struktur menjadi penting untuk memahami keterkaitan antara proses tektonik dan pembentukan formasi batuan yang berkembang di daerah penelitian. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan mendeskripsikan jenis struktur geologi, arah gaya utama, serta arah pergerakan struktur yang berkembang di Daerah Banjaranyar. Metode penelitian yang digunakan meliputi pendekatan integratif melalui analisis citra satelit berbasis Digital Elevation Model (DEM) dan analisis stereografis menggunakan perangkat lunak Dips dan Win Tensor. Analisis stereografis dalam penelitian ini juga menggunakan beberapa klasifikasi untuk menghasilkan data yang akurat seperti klasifikasi penamaan sesar dan klasifikasi penamaan lipatan. Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan pengolahan data struktur struktur geologi menggunakan klasifikasi arah gaya tegasan, diidentifikasi struktur Orde 1 yang meliputi Sesar Pasawahan, Antiklin Banjaranyar, Sinklin Pasawahan dengan arah orientasi Barat – Timur, membentuk 45° terhadap tegasan utama. Selain itu, struktur Orde 2 berupa Sesar Cigayam memiliki arah orientasi Barat Laut – Tenggara, dengan sudut sekitar 45° terhadap orientasi struktur Orde 1.

Kata Kunci: Antiklin, Sesar, Sinklin, Struktur Geologi.

### ABSTRACT

*The Banjaranyar area has complex geological conditions, characterized by tectonic activity that plays a role in the formation of surface morphology and the development of geological structures in the region. Therefore, structural mechanism analysis is important to understand the relationship between tectonic processes and the formation of rock formations that developed in the study area. This study aims to identify and describe the types of geological structures, the direction of the main forces, and the direction of structural movement that developed in the Banjaranyar area. The research methods used include an integrative approach through satellite image analysis based on Digital Elevation Model (DEM) and stereographic analysis using Dips and Win Tensor software. Stereographic analysis in this study also uses several classifications to produce accurate data, such as fault naming classification and fold naming classification. Based on field observations and processing of geological structure data using stress direction classification, Order 1 structures were identified, including the Pasawahan Fault, Banjaranyar Anticline, and Pasawahan Syncline with a west-east orientation, forming 45° to the main stress. In addition, the Order 2 structure in the form of the Cigayam Fault has a northwest-southeast orientation, with an angle of approximately 45° to the orientation of the Order 1 structure.*

*Keyword:* Anticline, Fault, Sincline, Geology Structure.

### 1. Pendahuluan

Struktur geologi mengkaji arsitektur kerak bumi yang berkaitan dengan perubahan bentuk atau deformasi pada batuan. Deformasi ini merekam perubahan dalam beragam bentuk geometris batuan yang secara umum diklasifikasikan sebagai kekar (*joint*), lipatan (*fold*), dan sesar (*fault*). Melalui identifikasi dan analisis terhadap struktur-struktur ini, dimungkinkan untuk melakukan rekonstruksi kinematika dan dinamika yang terlibat. Dengan demikian, studi struktur geologi menjadi kunci untuk memahami rangkaian proses kompleks yang membentuk wajah bumi masa kini (Attoriq & Rochmana, 2024).

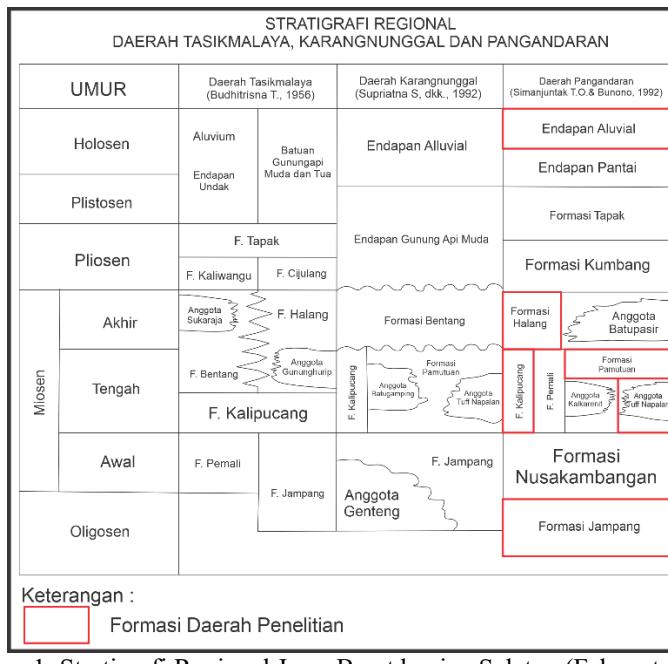
Lokasi penelitian berada di daerah Banjaranyar dan sekitarnya Kabupaten Ciamis Provinsi Jawa Barat. Kondisi geologi daerah penelitian wilayah geologi yang kompleks. Lokasi penelitian ini dipengaruhi dengan adanya proses vulkanik, sedimentasi serta aktivitas tektonik aktif yang telah berlangsung sejak periode Tersier, yang ditunjukkan dengan adanya Batugamping, Tuff, Breksi yang ada di daerah penelitian. Struktur geologi yang ada di daerah penelitian pada umumnya berupa sesar dan lipatan (Hapidin, 2018). Sesar pada daerah penelitian dijumpai berupa sesar normal berarah Tenggara – Barat Laut, dan lipatan pada umumnya memiliki arah sumbu Barat- Timur (Tungkagi, Rosana, & Sunarie, 2020). Struktur geologi pada daerah Jawa Barat selalu berkaitan dengan teori tektonik lempeng, karena Indonesia sendiri merupakan pertemuan antara tiga lempeng yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng Samudra Pasifik, dan Lempeng Indo-Australia (Hidayat, Rosana, & Haryanto, 2021)

Jawa Barat telah mengalami banyak aktivitas geologi sejak berjuta-juta tahun yang lalu, yang menghasilkan beragam litologi batuan yang ditemukan seperti batuan beku, batuan metamorf, dan batuan sedimen. Terkhususnya Jawa Barat bagian Selatan, di Zona Pegunungan Selatan, dicirikan oleh persebaran batuan gunung api yang merupakan produk busur vulkanik tua (*ancient volcanic arc*) (Pratama, Isnawan, & Kurnianto, 2024). Secara tektonik, perkembangan struktur geologi wilayah Jawa Barat bagian Selatan dikontrol oleh interaksi Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia (Verdiana, Yuniardi, & Nur, 2014). Ketika lempeng samudra bergerak menunjam di bawah lempeng benua (subduksi), area tumbukan tersebut menciptakan morfologi palung laut. Palung ini menjadi tempat terakumulasinya berbagai jenis batuan, seperti sedimen laut dalam, batuan metamorf (malihan), dan batuan beku yang bersifat basa hingga ultrabasa (Subagio, 2018). Pulau Jawa termasuk dalam bagian selatan dari sundaland yang diperkirakan mulai berkembang dari 60 juta tahun yang lalu (Pra-Tersier), dan terus mengalami evolusi tektonik secara bertahap terhadap subduksi pada lempeng Indo Australia dengan tumbukan lempeng eurasia yang berlangsung sejak Zaman Kapur hingga saat ini sehingga mengakibatkan Jawa Barat bagian selatan mencerminkan hasil evolusi tektonik Pulau Jawa yang ditandai oleh perkembangan struktur geologi kompleks pada Zona Pegunungan Selatan.

Penelitian terdahulu telah mengkaji struktur geologi Jawa Barat bagian selatan dengan menggunakan beragam pendekatan, meliputi pengamatan lapangan yaitu struktur geologi bawah permukaan Pegunungan Selatan Jawa Barat berdasarkan pola anomali Bouguer. Hasil penelitian pada daerah Jawa Barat bagian Selatan menunjukkan adanya normal fault dengan gradien tinggi anomali di sepanjang pantai selatan dan perbedaan karakter bawah permukaan yang dipengaruhi oleh benturan lempeng Indo-Australia dan Eurasia (Subagio, 2018), metode geofisika seperti magnetik, didapatkan dari hasil penelitian pada daerah Pangandaran, Jawa barat menggunakan data dari peta anomali magnetik hasil digitasi dari peta anomali magnetik Lembar Pangandaran, Jawa Barat untuk mendapatkan data struktur geologi bawah permukaan (Adiltha, Muhardi, & Perdhana, 2024). Namun, kajian struktural yang mengintegrasikan analisis Digital Elevation Model (DEM) dan analisis stereografis orientasi struktur secara komprehensif, khususnya pada skala lokal di daerah Banjaranyar, Kabupaten Ciamis, masih terbatas. Oleh karena itu, kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan pendekatan kuantitatif melalui integrasi analisis Digital Elevation Model (DEM) dan analisis stereografis orientasi struktur untuk memetakan serta memodelkan mekanisme deformasi struktur geologi di daerah Banjaranyar, Kabupaten Ciamis. Hasil analisis tersebut kemudian divalidasi menggunakan data pengukuran lapangan, sehingga memungkinkan interpretasi mekanisme struktur yang lebih detail, akurat, dan teruji.

## A. Stratigrafi Regional

Daerah Banjaranyar dan sekitarnya, Kabupaten Ciamis, terendapkan lima formasi batuan dengan karakteristik litologi dan ukuran butir yang beragam, yaitu: Formasi Jampang (Tomj), Formasi Jampang yang merupakan formasi batuan tertua yang terendapkan di daerah penelitian, memiliki perkiraan umur Oligosen-Miosen Awal. Batuan Formasi Jampang diperkirakan terbentuk pada lingkungan pengendapan campuran (darat dan laut). Batuan penyusun Formasi Jampang memiliki karakteristik yang beragam, mencakup batuan beku vulkanik seperti breksi aneka bahan, tuf, dan lava, serta batuan sedimen klastik halus hingga kasar, yaitu batupasir, batulanau, dan batulempung. Formasi Pamutuan (Tmpt), Formasi Pamutuan berumur Miosen Tengah yang terdiri dari kalkarenit, batupasir, tuf, napal, batulempung, dan batugamping. Formasi Pamutuan pada lokasi pemetaan geologi saya termasuk kedalam Anggota Tuf Napalan, terdiri dari tuf napalan berselingan batupasir, batulempung, dan batugamping. Formasi Kalipucang (Tmkl), Formasi Kalipucang ini berumur Miosen Tengah yang terdiri atas Batugamping terumbu. Formasi Halang (Tmph), Formasi Halang ini berumur Miosen Akhir yang terdiri dari perselingan napal, kalkarenit, batupasir, konglomerat, dengan sisipan batugamping dan batupasir kerikil dibagian tertua. Formasi ini dicirikan dengan napal yang semakin mendominasi di bagian atas. Endapan Alluvial (Qa), terdiri dari endapan lumpur, pasir, dan kerikil (Gambar 1).



Gambar 1. Stratigrafi Regional Jawa Barat bagian Selatan (Febyanto, 2016)

## B. Struktur Geologi

Struktur geologi yang berkembang di Pulau Jawa ini memiliki 3 pola yang disebabkan adanya perubahan tatanan tektonik selama Paleogen hingga Neogen (Pulunggono & Martodjojo, 1994). Tiga pola struktur yang berkembang yaitu Pola Meratus, Pola Meratus terbentuk pada Kapur Akhir hingga Paleosen. Pola yang terbentuk ketika rezim tektonik kompresi ini, memiliki arah Timur Laut-Barat Daya yang merupakan arah awal dari jalur subduksi yang dihasilkan oleh penunjaman Lempeng Indo-Australia ke bawah Paparan Sunda. Sesar Cimandiri mewakili Pola Meratus di daerah Jawa Barat. Pola Sunda, Pola Sunda terbentuk pada Eosen Awal hingga Oligosen Akhir, pola ini merupakan pola struktur paling dominan di daerah Jawa Barat. Terbentuk pada rezim tektonik regangan, akibat adanya *rollback* yang terjadi karena penurunan kecepatan penunjaman akibat adanya tumbukan Benua India dan Eurasia. Pola Jawa, Pola Jawa terbentuk pada Miosen Awal hingga Pliosen pada rezim tektonik kompresi akibat adanya penunjaman di selatan Pulau Jawa yang menerus hingga Sumatera. Pola yang memiliki arah Barat-Timur ini, menerus melalui Pulau Madura hingga Utara Pulau Lombok (Gambar 2).



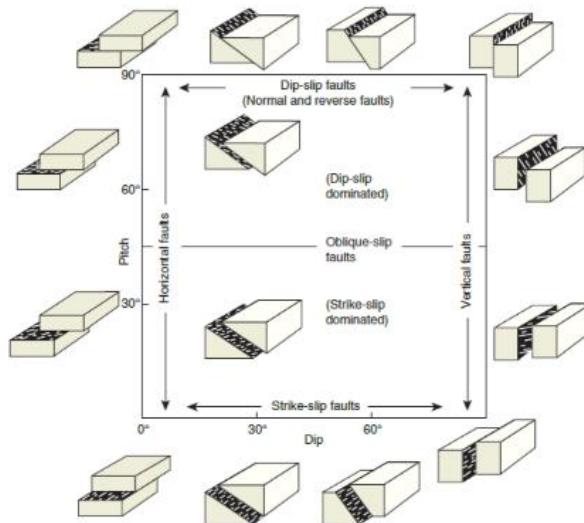
Gambar 2. Struktur regional Jawa Barat

## 2. Metode Penelitian

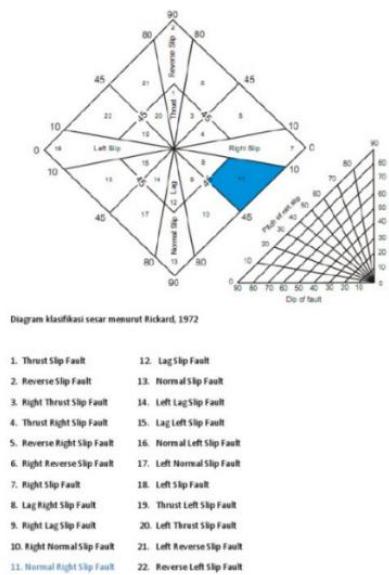
Penelitian ini menerapkan metode integratif dimana metode ini menyajikan suatu materi atau rancangan secara terpadu dengan mengombinasikan analisis citra satelit berbasis Digital Elevation Model (DEM) dan analisis stereografis data struktur geologi. Pendekatan ini dirancang untuk menghasilkan interpretasi struktur geologi yang komprehensif melalui penggabungan data spasial, analisis kuantitatif orientasi struktur, dan validasi lapangan. Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak Dips dan Win Tensor, dengan hasil akhir berupa representasi stereografis dan model mekanisme deformasi. Untuk mendukung penelitian ini juga diperlukan data lapangan berupa titik pengukuran struktur geologi sebanyak 4 lokasi pengamatan, jenis data (strike-dip, rake/pitch slickenside), kontrol kualitas (outlier, error pengukuran), serta beberapa alat lapangan seperti kompas, GPS, buku lapangan, palu sedimen dan beku, serta alat tulis.

DEM (Digital Elevation Model) merupakan model topografi atau ketinggian digital muka tanah berdasarkan hasil interpolasi deterministik (Iswari & Anggraini, 2018). Data yang digunakan berupa Digital Elevation Model Nasional (DEMNAS) yang diperoleh dari Data Geospasial. DEM memiliki resolusi spasial  $\pm 8$  m, dengan tahun akuisisi 2018–2020, menggunakan datum horizontal WGS 84, datum vertikal EGM 2008, dan sistem proyeksi UTM Zona 48S. Dalam penelitian ini, terdapat tahap pra-pengolahan Digital Elevation Model (DEM) pada bidang geomorfologi dan geologi struktural, yang merupakan langkah penting untuk memastikan data DEM akurat, konsisten, dan siap digunakan dalam analisis spasial lebih lanjut. Tahap ini dapat dilakukan dengan pemotongan (*Clipping*) DEM berdasarkan kesesuaian lokasi penelitian, setelah itu dilakukan pengamatan lokasi secara langsung dengan menggunakan data DEM yang sudah dipotong untuk memastikan kesesuaian dengan kondisi di lapangan. *Lineament* (kelurusan) merupakan proses pengolahan data DEM menggunakan software PCI Geomatica guna mengekstrak penarikan kelurusan (*Lineament*) secara otomatis (Mochammad & Juliarka, 2019). Parameter ekstraksi lineament pada PCI Geomatica dengan algoritma LINE mencakup RADI (radius filter), GTHR (ambang gradien), LTHT (ambang panjang), FTHR (ambang kesalahan kesesuaian garis), ATHR (ambang perbedaan sudut), serta DTHR (ambang jarak penghubung). Parameter-parameter ini berfungsi untuk mengontrol proses pendekripsi tepi, mutu dan panjang garis, serta keterhubungan antarsegmen dalam mengidentifikasi fitur kelurusan secara otomatis dari citra satelit. Ekstraksi kelurusan (*lineament*) dilakukan secara semi-otomatis menggunakan modul LINE pada perangkat lunak PCI Geomatica. Parameter yang digunakan meliputi ambang deteksi tepi yang disesuaikan dengan kontras topografi, panjang minimum lineament 200 m, tingkat smoothing sedang, jarak penghubung maksimum 150 m, dan perbedaan sudut maksimum 15°.

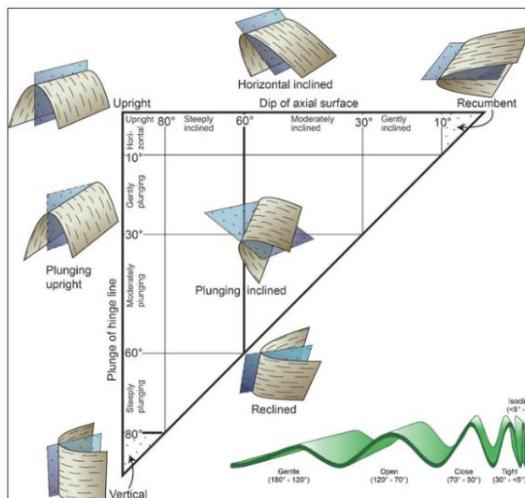
Proyeksi stereografis adalah pendeskripsiannya menyerupai geometri yang efisien untuk menggambarkan hubungan sudut antar garis dan bidang secara langsung. Unsur struktur geologi pada proyeksi stereografis dibatasi di dalam suatu permukaan bola. Struktur bidang dan atau garis diproyeksikan dengan cara melalui perpotongannya dengan permukaan bola sebagai proyeksi sferis atau titik, kemudian diproyeksikan pada bidang horizontal melalui zenith (Manik, 2021). Data struktur yang didapatkan dari hasil pengamatan data lapangan adalah berupa kedudukan lapisan batuan, bidang sesar, dan bidang *limb* 1 dan *limb* 2 untuk lipatan. Dari data-data tersebut bisa kita dapatkan informasi penting mengenai jenis, arah, dan intensitas deformasi yang terjadi pada batuan di daerah penelitian. Data yang dikumpulkan meliputi orientasi bidang sesar dan rekahan (strike-dip) serta data kinematika berupa *rake/pitch slickenside*. Pengukuran dilakukan menggunakan kompas geologi, dengan kontrol kualitas melalui pengulangan pengukuran dan koreksi kesalahan pembacaan alat dengan toleransi  $\pm 2-3^\circ$ . Data-data struktur tersebut diolah menggunakan analisis stereografi. Analisis stereografi berisikan plotting data struktur berupa *strike* dan *dip* bidang struktur yang didapatkan pada saat pengambilan data lapangan ke dalam stereonet. Data-data ini digunakan agar memudahkan dalam merekonstruksi kinematik agar dapat menentukan jenis sesar menggunakan klasifikasi arah tegasan sesar (Fossen, 2010) (Gambar 4) dan klasifikasi arah jurus sesar (Rickard, 1972) (Gambar 5) serta untuk klasifikasi penamaan lipatan (Fossen H. , 2016) (Gambar 6).



Gambar 4. Berdasarkan klasifikasi arah tegasan sesar (Fossen, 2010); (Manik, 2021)



Gambar 5. Berdasarkan klasifikasi arah jurus sesar (Rickard, 1972); (Manik, 2021)

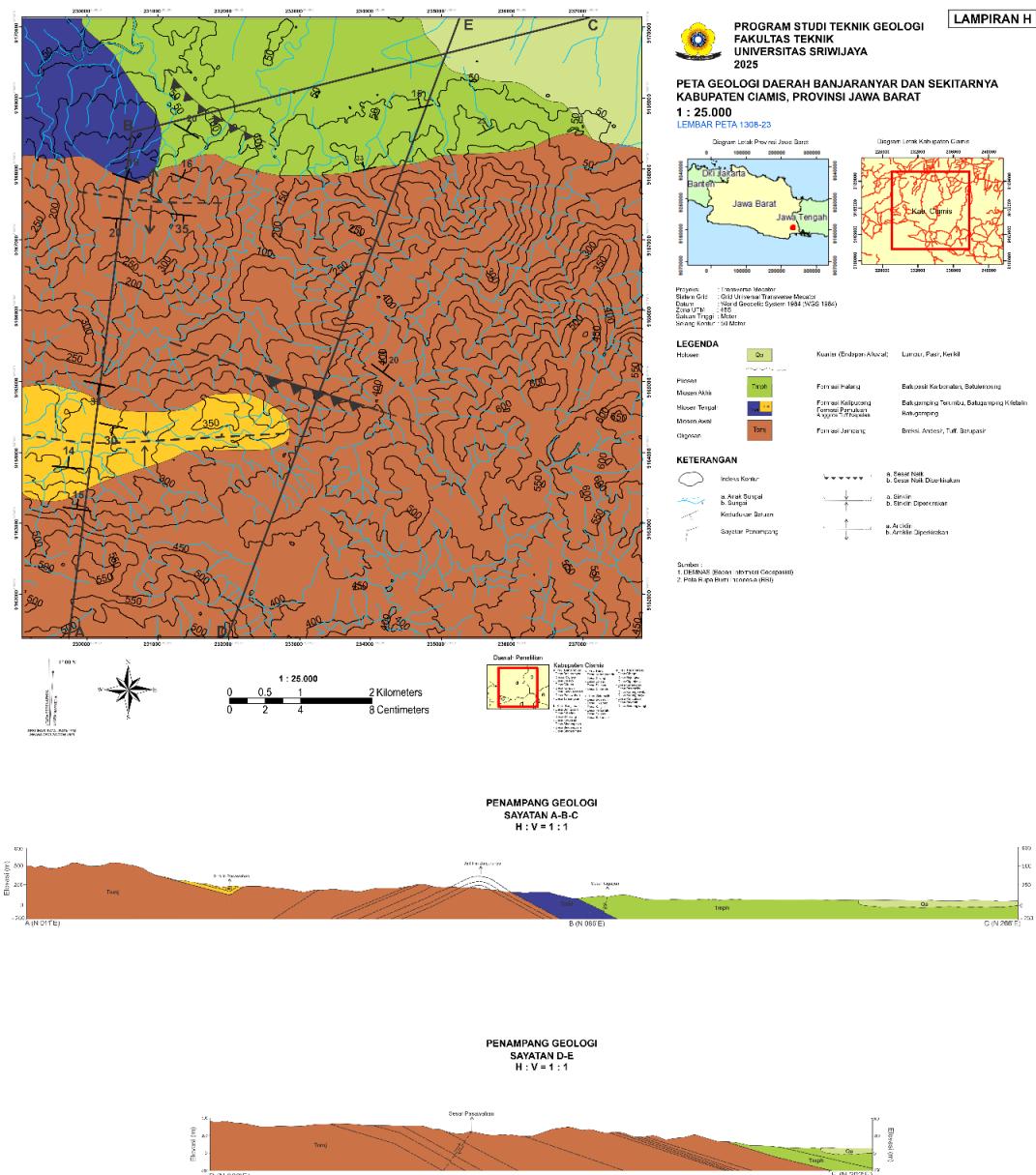


Gambar 6. Klasifikasi penamaan lipatan (Fossen H. , 2016)

### 3. Hasil dan Pembahasan

## A. Peta Geologi Lokasi Penelitian

Peta geologi berfungsi sebagai gambaran keadaan geologi yang terjadi pada daerah penelitian. Peta geologi juga dapat mengetahui formasi apa saja yang tersebar pada lokasi penelitian, mulai dari formasi batuan yang paling tua sampai formasi batuan paling muda. Terendapkan lima formasi batuan pada daerah penelitian, yaitu Formasi Jampang, Formasi Pamutuan, Formasi Kalipucang, Formasi Halang, dan Endapan Alluvial (Kuarter). Formasi Jampang merupakan formasi yang tertua pada daerah penelitian, Formasi Jampang berumur Oligosen – Miosen Awal. Formasi Jampang sendiri pada daerah penelitian, terdiri dari litologi berupa breksi, andesit, tuff dan batupasir. Hal ini menandakan bahwa Formasi Jampang merupakan Formasi dari aktifitas gunung berapi. Di atas Jampang terendapkan Formasi Pamutuan dengan umur Miosen Tengah. Formasi Pamutuan ini terendapkan secara selaras diatas Formasi Jampang bagian Selatan. Pada bagian Utara terendapkan Formasi Kalipucang secara selaras dengan umur sama seperti Pamutuan yaitu Miosen Tengah. Lalu diatas Kalipucang terendapkan Formasi Halang secara selaras. Formasi Halang ini memiliki umur Miosen Akhir – Pliosen. Formasi ini pada daerah penelitian terdapat beberapa litologi seperti batupasir dan batulempung. Lalu Formasi terakhir yaitu Formasi Endapan Alluvial yang memiliki umur Holosen. Pada endapan alluvial ini di daerah penelitian terdapat beberapa seperti kerikil, lumpur, dan pasir.



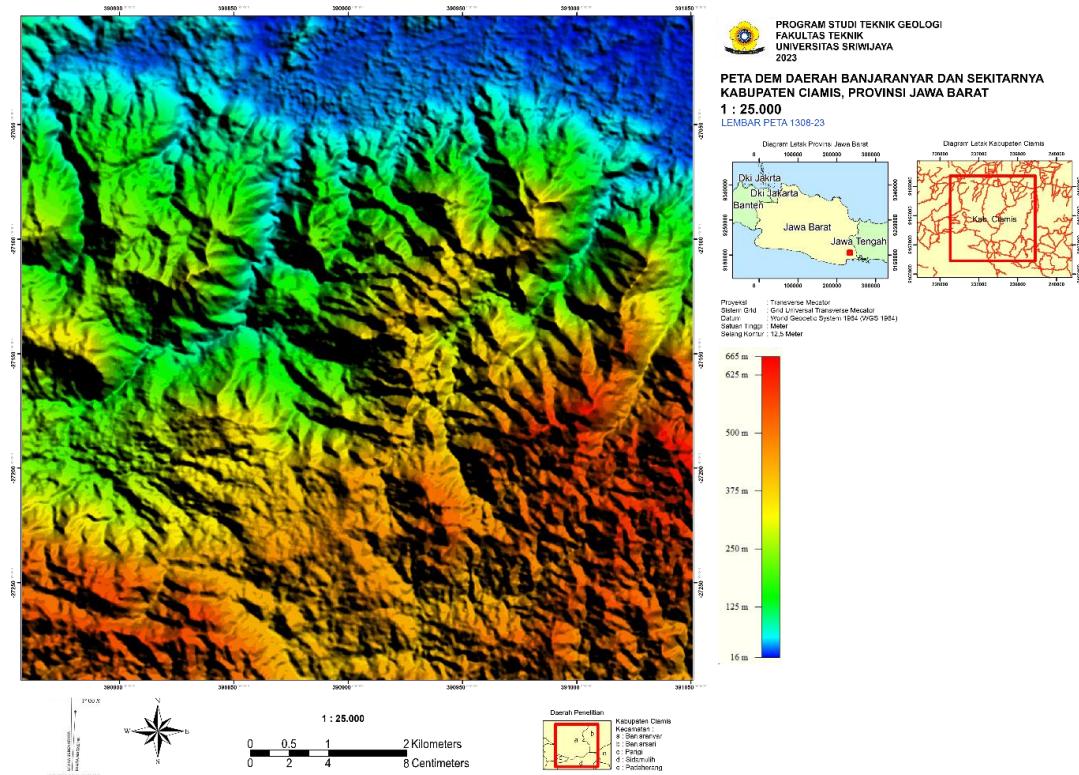
Gambar 7. Peta geologi lokasi penelitian

Peta geologi daerah Banjaranyar dan sekitarnya terdapat dua sayatan untuk penampang geologi, yang berfungsi untuk menggambarkan bagaimana bentuk dan gambaran dibawah permukaan. Pada penampang sayatan A-B-C ini terdapat empat formasi batuan, jika diurutkan dari yang tertua sampai ke muda yaitu Formasi Jampang, Formasi Kalipucang, Formasi Halang, dan Endapan Alluvial. Selain itu juga terlihat jelas terdapat tiga struktur geologi, yaitu Sinklin Pasawahan, Antiklin Banjaranyar, dan Sesar Cigayam. Berdasarkan Mekanisme Struktur Moody and Hill (Moody & Hill, 1956), Antiklin Pasawahan dan Sinklin termasuk ke dalam kategori Orde 1 yang berorientasi Timur Tenggara – Selatan Barat Laut. Serta terdapat Sesar Cigayam yang termasuk kategori Orde 2 dengan arah orientasi Tenggara – Barat Laut. Kontak formasi antara Formasi Jampang dengan Formasi Pamutuan kemiringan lapisannya berkisar antara  $14^\circ$  -  $17^\circ$ . Kontak formasi antara Formasi Jampang dengan Formasi Kalipucang memiliki kemiringan lapisan berkisar  $18^\circ$ . Kontak formasi antara Formasi Kalipucang dengan Formasi Halang memiliki kemiringan lapisan berkisar  $16^\circ$  -  $20^\circ$ . Lalu terdapat Endapan Alluvial yang terendapkan secara vertikal pada Formasi Halang (Gambar 7).

Penampang geologi sayatan D-E ini terdapat tiga formasi batuan yang jika diurutkan mulai dari yang tertua sampai yang muda yaitu, Formasi Jampang, Formasi Halang, dan Endapan Alluvial. Dapat dilihat bahwa pada penampang ini terdapat satu struktur geologi yaitu Sesar Pasawahan. Sesar Pasawahan ini berdasarkan Mekanisme Struktur Moody and Hill (Moody & Hill, 1956), termasuk ke dalam kategori Orde 1 dengan arah orientasi Timur – Barat. Terdapat kontak formasi antara Formasi Jampang dengan Formasi Halang dengan kemiringan lapisannya berkisar  $33^\circ$ . Lalu terdapat Endapan Alluvial yang terendapkan secara vertikal pada Formasi Halang (Gambar 7).

## B. DEM (Digital Elevation Model)

DEM (*Digital Elevation Model*) menggambarkan bentuk permukaan bumi (*Surface*) dalam bentuk digital untuk memberikan informasi elevasi (ketinggian) pada setiap permukaan bumi. DEM memberikan data relief atau topografi suatu wilayah dalam bentuk data raster, sehingga setiap piksel memiliki nilai ketinggian tertentu relatif terhadap permukaan laut. Peta DEM memiliki berbagai fungsi yang mendukung dalam berbagai aspek, salah satunya yaitu untuk membantu pemetaan struktur geologi seperti sesar dan lipatan. Berdasarkan Peta DEM dapat dilihat bahwa pada daerah penelitian memiliki elevasi paling rendah yaitu 16 m dan paling tinggi yaitu 665 m di atas permukaan laut. Berdasarkan peta DEM memiliki beragam warna dengan tingkat ketinggian yang berbeda, seperti daerah dataran rendah ditandai warna biru sampai hijau, daerah dataran ditandai dengan warna kuning sampai oren, serta daerah dataran tinggi ditandai dengan warna merah (Gambar 8).

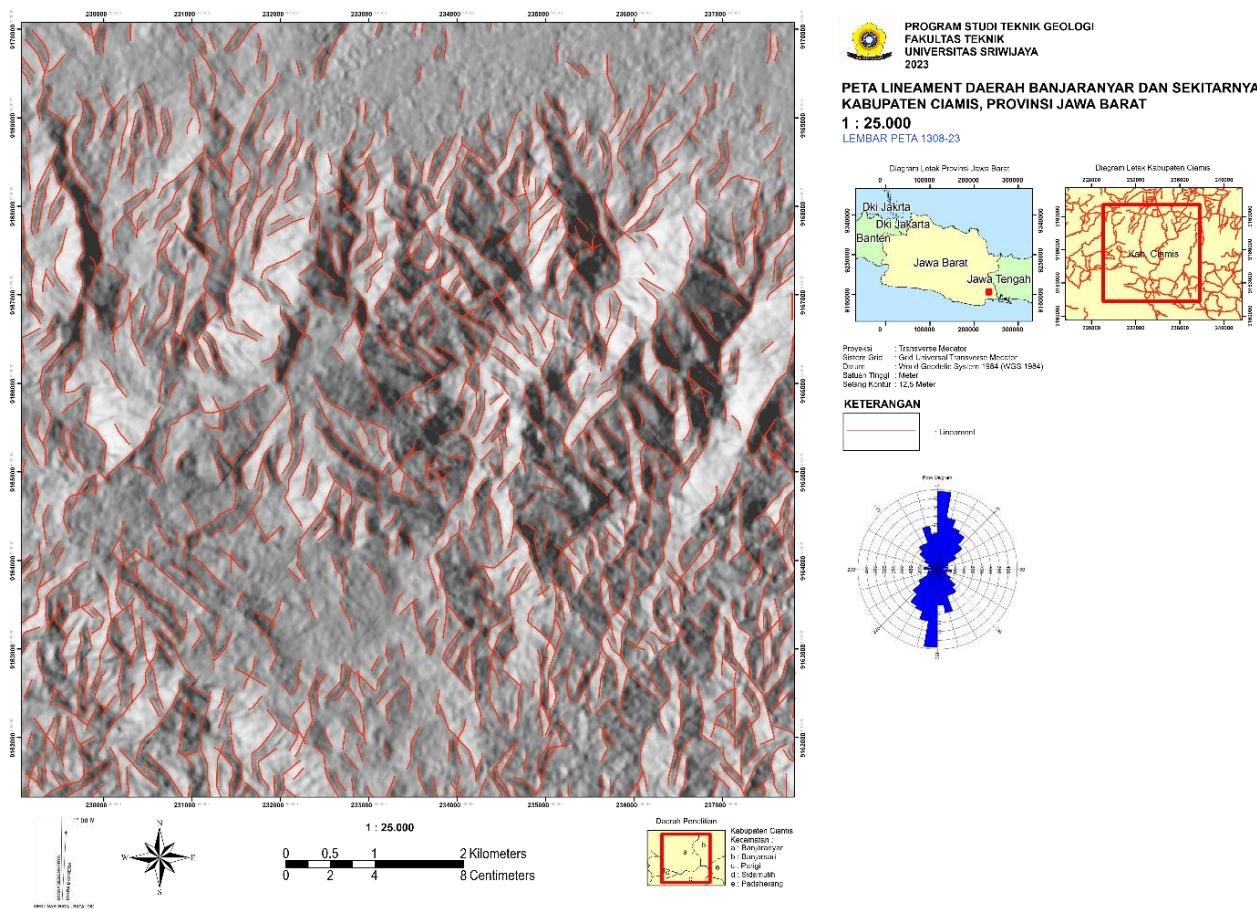


Gambar 8. Hasil analisis DEM

### C. Kelurusan

Analisis kelurusan menangkap topografi permukaan, dan *hillshade* serta ekstraksi otomatis struktur geologi yang menjadi objek identifikasi. Tujuan utama dari analisis kelurusan adalah untuk memahami proses genetik yang bertanggung jawab dalam pembentukan pola kelurusan di daerah penelitian. Berdasarkan data kelurusan yang sudah dibuat, didapatkan arah dominan. Hasil interpretasi secara otomatis menggunakan *software* yaitu kelurusan dominan berarah Utara – Selatan, arah tersebut diinterpretasikan sebagai pola kelurusan dari morfologi perbukitan dan lembah yang terjadi karena adanya erosi dan juga merupakan hasil dari gaya kompresi yang bekerja pada struktur geologi sehingga menghasilkan punggungan (Gambar 9).

Dalam pemetaan lineament dari data Digital Elevation Model (DEM), penting untuk membedakan antara lineament struktur geologi yang mencerminkan kontrol tektonik (misalnya sesar, rekahan) dan lineament morfologi yang merupakan manifestasi proses permukaan seperti erosi, lembah sungai, atau pola jaringan drainase. Lineament struktural pada umumnya berkaitan dengan manifestasi permukaan dari zone patahan atau rekahan dalam batuan yang dikontrol oleh tegasan regional, sedangkan lineament morfologi terutama merupakan produk dari proses denudasi, aliran sungai, dan perubahan morfologi lereng tanpa keterkaitan langsung dengan mekanisme tegasan batuan itu sendiri (Ahmadi, 2021).



Gambar 9. Hasil data kelurusan

### D. Struktur Geologi Daerah Penelitian

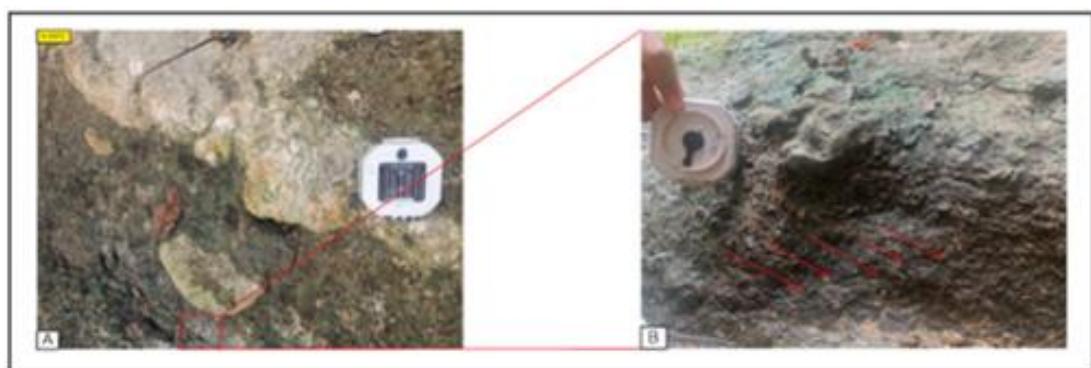
Struktur geologi pada daerah penelitian terdapat sesar dan lipatan, dimana hal ini dapat diketahui dari ditemukannya bidang besar di daerah penelitian yang mengindikasikan adanya kontrol struktur. Interpretasi dan analisis struktur pada daerah penelitian menggunakan analisis struktur geologi regional yang dibandingkan dengan data pengukuran di lapangan, data struktur bidang, dan *slickenside*. Selain itu juga ditemukan pembalikan kedudukan melalui data kedudukan dan dilakukan pengolahan data untuk menentukan *limb 1* dan *limb 2* dari lipatan pada daerah penelitian.

## Sesar

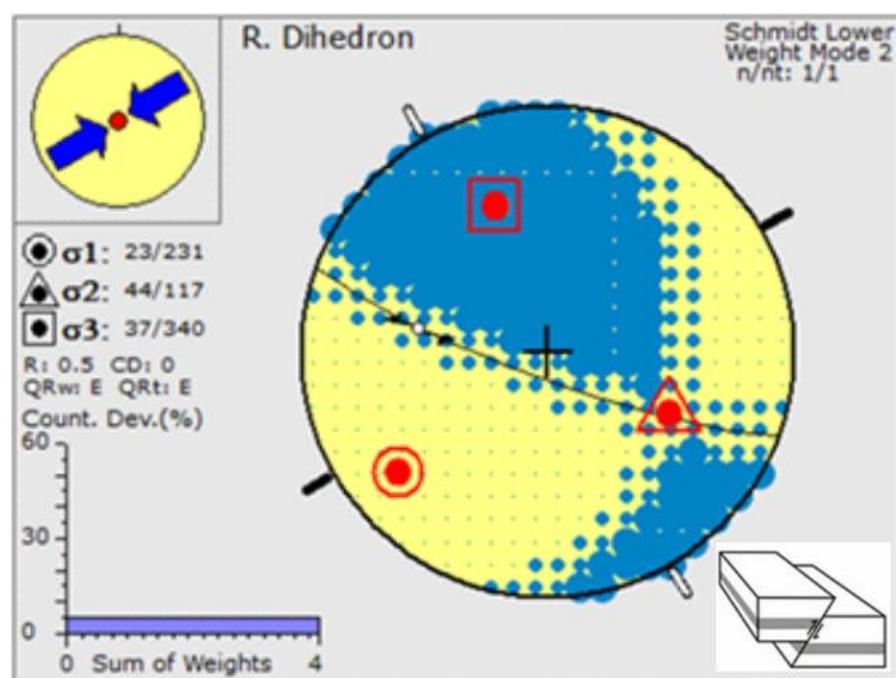
Sesar (*fault*) merupakan deformasi brittle berupa zona rekahan pada batuan yang memperlihatkan adanya pergeseran (*displacement*). Indikasi kehadiran sesar pada daerah penelitian ditunjukkan melalui adanya *slickenside* pada bidang sesar. Data yang diperoleh dari lapangan selanjutnya dianalisis menggunakan proyeksi stereografis untuk menentukan arah pergerakan (*kinematika*) dan gaya pembentuknya (*dinamika tegasan*). Untuk mengetahui penamaan struktur sesar tersebut digunakan klasifikasi Rickard (Rickard, 1972) dan klasifikasi Fossen (Fossen, 2010). Setelah dilakukan pengklasifikasian dari data lapangan, didapatkan jenis dua sesar yaitu sesar naik mengiri.

### 1. Sesar Cigayam

Sesar Cigayam merupakan sesar yang ditemukan di Desa Cigayam dengan koordinat stasiun 49 M 229278 E 9168951 N. Sesar ini ditemukan pada litologi batugamping terumbu Formasi Kalipucang dan didapatkan data *slickenside* (jejak pergerakan sesar) (Gambar 10). Setelah dilakukan pengukuran diketahui bidang sesar yaitu N110°E/81° dengan nilai pitch 47°. Dari hasil analisa stereografis diketahui arah tegasan utama struktur ini berorientasi Tenggara – Barat Laut, dimana Sigma 1 ( $\sigma_1$ ) = 21°, N220°E (tegasan maksimum) dan Sigma 3 ( $\sigma_3$ ) = 38°, N328°E (tegasan minimum) (Gambar 11). Struktur sesar ini memiliki nilai trend N280°E dan plunge 46°. Hasil rekonstruksi menggunakan klasifikasi Fossen (2010) menunjukkan bahwa Sesar Cigayam ini merupakan *Vertical Dip Slip Fault* (Fossen, 2010) dan *Left Reverse Slip Fault* (Rickard, 1972) (Tabel 1).



Gambar 10. (A) Kenampakan jarak dekat Sesar Cigayam, (B) *Slickenside* Sesar Cigayam



Gambar 11. Hasil analisis stereografis Sesar Cigayam

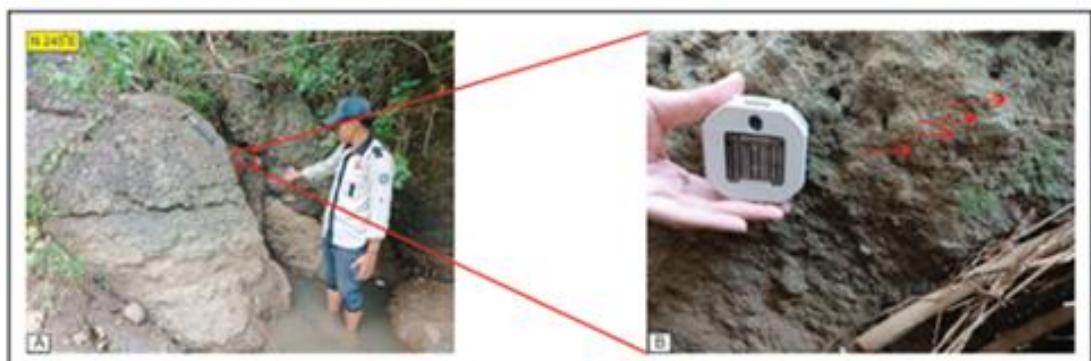
Tabel 1. Hasil analisis stereografis Sesar Cigayam

Bidang Sesar	N110°E/81°
<i>Netslip</i>	46°, N280°E
<i>Pitch</i>	47°
O1	23°, N231°E
O2	44°, N117°E
O3	37°, N340°E
<i>Vertical Dip Slip Fault</i> (Fossen, 2010) ; <i>Left Reverse Slip Fault</i> (Rickard, 1972)	

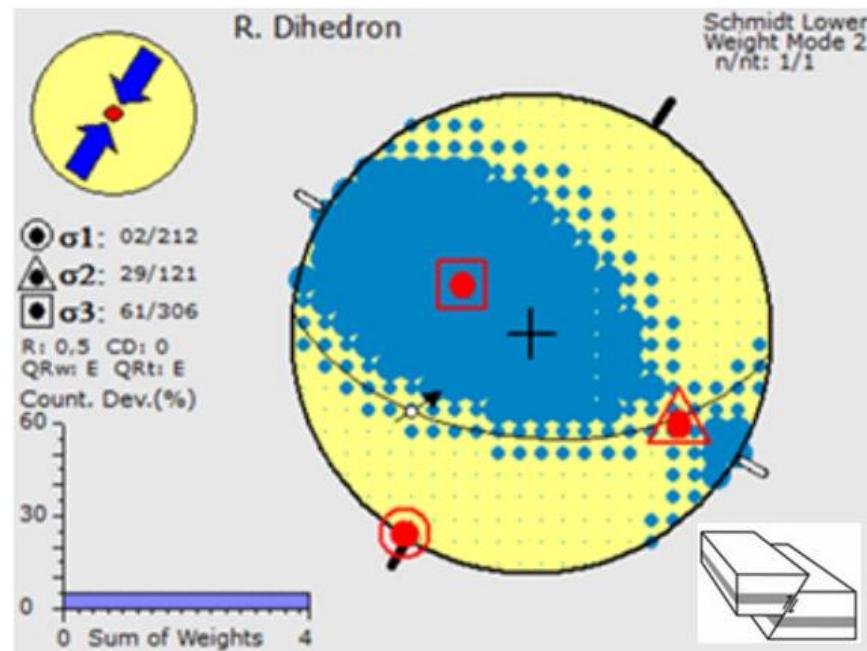
Dip-slip merupakan tipe pergerakan sesar yang didominasi oleh komponen vertikal, yaitu pergeseran naik atau turun yang berlangsung searah dengan kemiringan bidang sesar. Pergerakan ini menghasilkan sesar naik (*reverse fault*) atau sesar turun (*normal fault*), bergantung pada arah relatif blok batuan yang bergerak. Sebaliknya, oblique-slip dicirikan oleh kombinasi pergerakan vertikal dan horizontal pada bidang sesar, sehingga arah pergeserannya bersifat miring atau diagonal. Tipe pergerakan ini terbentuk akibat kombinasi gaya tekan (kompresi) dan gaya geser (*shear*). Klasifikasi tipe pergerakan sesar dalam penelitian ini didasarkan pada hubungan sudut antara arah jurus (*strike*) bidang sesar dan arah gores garis (*slickenside*). Apabila sudut yang terbentuk lebih besar dari 45°, maka pergerakan sesar dikategorikan sebagai dip-slip. Sebaliknya, apabila sudut tersebut mendekati atau sama dengan 45°, maka pergerakan sesar diklasifikasikan sebagai oblique-slip.

## 2. Sesar Pasawahan

Sesar Pasawahan merupakan sesar yang ditemukan di Desa Pasawahan dengan koordinat stasiun 49 M 237458 E 9168308 N. Sesar ini ditemukan pada litologi Breksi Formasi Jampang dan didapatkan *offset* (bidang sesar) dan data *slickenside* (jejak pergerakan sesar) (Gambar 12). Setelah dilakukan pengukuran diketahui bidang sesar yaitu N095°E/54° dengan nilai pitch 53°. Dari hasil analisa stereografis diketahui arah tegasan utama struktur ini berorientasi Timur – Barat, dimana Sigma 1 ( $\sigma_1$ ) = 02°, N212°E (tegasan maksimum) dan Sigma 3 ( $\sigma_3$ ) = 61°, N306°E (tegasan minimum) (Gambar 13). Struktur sesar ini memiliki nilai trend N237°E dan plunge 40°. Hasil rekonstruksi menggunakan Klasifikasi Fossen (2010) menunjukkan bahwa Sesar Cigayam ini merupakan *Vertical Dip Slip Fault* (Fossen, 2010) dan *Left Reverse Slip Fault* (Rickard, 1972) (Tabel 2).



Gambar 12. (A) Foto jarak dekat Sesar Pasawahan, (B) Foto jarak dekat Sesar Pasawahan yang menunjukkan *slickenside*



Gambar 13. Hasil analisis stereografis Sesar Pasawahan

Tabel 2. Tabulasi data lapangan dan hasil analisis stereografis Sesar Kawasen

Bidang Sesar	N095°E/54°
<i>Netslip</i>	40°, N237°E
<i>Pitch</i>	53°
O1	02°, N212°E
O2	29°, N121°E
O3	61°, N306°E
<i>Vertical Dip Slip Fault</i> (Fossen, 2010); <i>Left Reverse Slip Fault</i> (Rickard, 1972)	

Dip-slip merupakan tipe pergerakan sesar yang didominasi oleh komponen vertikal, yaitu pergeseran naik atau turun yang berlangsung searah dengan kemiringan bidang sesar. Pergerakan ini menghasilkan sesar naik (*reverse fault*) atau sesar turun (*normal fault*), bergantung pada arah relatif blok batuan yang bergerak. Sebaliknya, oblique-slip dicirikan oleh kombinasi pergerakan vertikal dan horizontal pada bidang sesar, sehingga arah pergeserannya bersifat miring atau diagonal. Tipe pergerakan ini terbentuk akibat kombinasi gaya tekan (kompresi) dan gaya geser (*shear*). Klasifikasi tipe pergerakan sesar dalam penelitian ini didasarkan pada hubungan sudut antara arah jurus (*strike*) bidang sesar dan arah gores garis (*slickenside*). Apabila sudut yang terbentuk lebih besar dari 45°, maka pergerakan sesar dikategorikan sebagai dip-slip. Sebaliknya, apabila sudut tersebut mendekati atau sama dengan 45°, maka pergerakan sesar diklasifikasikan sebagai oblique-slip.

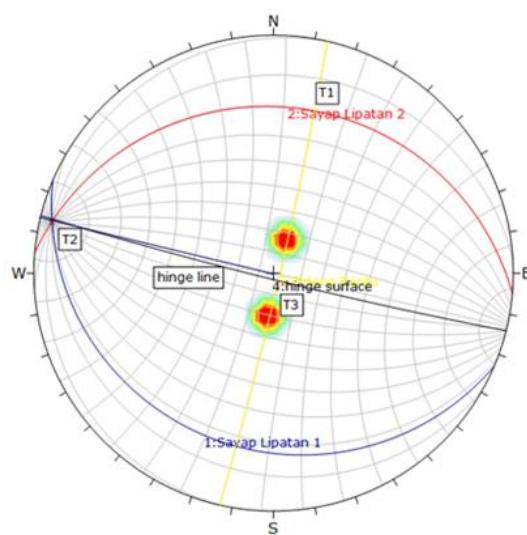
### Lipatan

Lipatan di definisikan sebagai struktur geologi yang terbentuk dari deformasi daktik (lunak) pada batuan. Proses ini terjadi akibat tegasan, menghasilkan perubahan bentuk dan volume batuan menjadi lengkungan. Secara umum bentuk lipatan dibedakan menjadi antiklin dan sinklin. Lipatan antiklin dicirikan oleh bentuk cembung (konveks) ke atas, di mana sayap-sayapnya miring menjauhi sumbu lipatan. Sebaliknya, lipatan sinklin memiliki bentuk cekung (konkaf) ke atas, dengan sayap-sayap yang miring mendekati sumbu lipatan.. Pada daerah penelitian, dilakukan analisa dan observasi data lapangan, didapatkan pada daerah penelitian, memiliki dua struktur lipatan. Setelah pengambilan data lipatan, dilakukan analisis lebih lanjut

melalui proyeksi stereografis dan dilakukan plotting untuk mengetahui penamaan dari lipatan tersebut menggunakan klasifikasi menurut Fossen (Fossen, 2010) dan Nabavi & Fossen (2010).

### 1. Antiklin Banjaranyar

Struktur Lipatan Antiklin Banjaranyar terletak di Desa Cigayam dan merupakan hasil rekonstruksi dari kedudukan lapisan batuan di sekitarnya. Antiklin Banjaranyar melintang dari arah Timur – Barat yang mana struktur lipatan ini diketahui melalui adanya pembalikan kedudukan lapisan batuan. Hasil analisis plot kontur dari kedudukan batuan sekitar lokasi diperoleh kedudukan NE (*northeast*) Limb = N113°E/17° dan SW (*southwest*) Limb = N275°E/20°. Selanjutnya data kedudukan sayap tersebut diproyeksikan dalam stereografis sehingga didapatkan nilai *hinge surface*, *hinge line*,  $\sigma_1$  (tegasan utama), dan  $\sigma_3$  (tegasan minimum) (Gambar 14). Dari analisis data struktur tersebut, diketahui bahwa tegasan utama berorientasi Timur Laut – Barat Daya. Antiklin Banjaranyar diklasifikasikan sebagai *Upright Horizontal Fold* (Fossen, 2010) dengan klasifikasi *Interlimb Angle* yaitu *Gentle* dimana sudutnya bernilai 143° (Tabel 3).



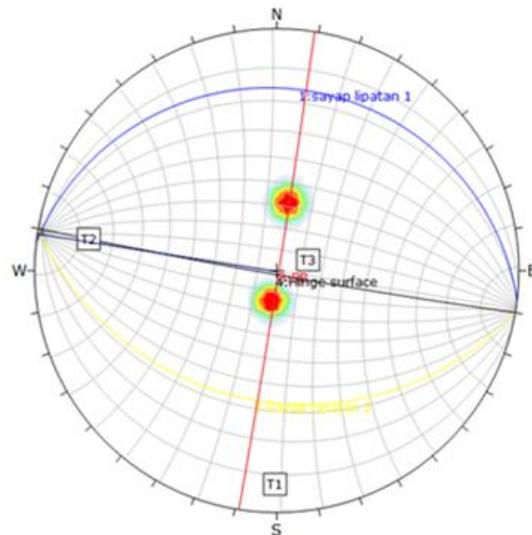
Gambar 14. Hasil analisis stereografis Antiklin Banjaranyar

Tabel 3. Tabulasi data lapangan dan hasil analisis stereografis Antiklin Banjaranyar

NE Limb	N113°E/17°
SW Limb	N275°E/20°
$\sigma_1$	13°, N014°E
$\sigma_2$	02°, N283°E
$\sigma_3$	85°, N156°E
<i>Hinge Surface</i>	N104°E/87°
<i>Hinge Line</i>	03°, N283°E
<i>Interlimb Angle</i>	143°
<i>Upright Horizontal Fold</i> (Fossen, 2010); <i>Gentle</i> (Nabavi dan Fossen, 2010)	

### 2. Sinklin Pasawahan

Struktur Lipatan Sinklin Pasawahan terletak di Desa Cigayam dan merupakan hasil rekonstruksi dari kedudukan lapisan batuan di sekitarnya. Sinklin Pasawahan melintang dari arah Timur – Barat yang mana struktur lipatan ini diketahui melalui adanya pembalikan kedudukan lapisan batuan. Hasil analisis plot kontur dari kedudukan batuan sekitar lokasi diperoleh kedudukan NE (*northeast*) Limb = N100°E/33° dan SW (*southwest*) Limb = N277°E/16°. Selanjutnya data kedudukan sayap tersebut diproyeksikan dalam stereografis sehingga didapatkan nilai *hinge surface*, *hinge line*,  $\sigma_1$  (tegasan utama), dan  $\sigma_3$  (tegasan minimum) (Gambar 15). Dari analisis data struktur tersebut, diketahui bahwa tegasan utama berorientasi Timur Laut – Barat Daya. Sinklin Pasawahan diklasifikasikan sebagai *Upright Horizontal Fold* (Fossen, 2010) dengan klasifikasi *Interlimb Angle* yaitu *Gentle* dimana sudutnya bernilai 130° (Tabel 4).



Gambar 15. Hasil analisis stereografis Sinklin Pasawahan

Tabel 4. Tabulasi data lapangan dan hasil analisis stereografis Sinklin Pasawahan

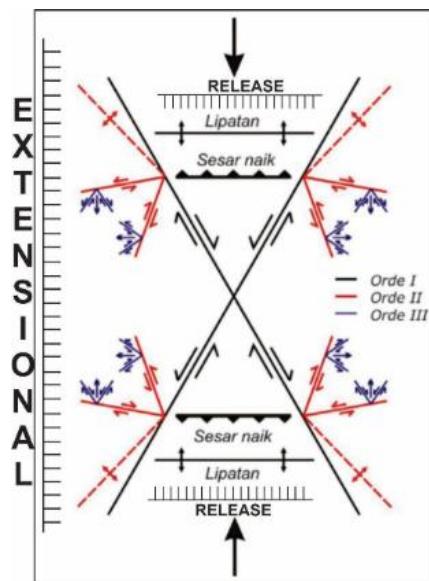
NE Limb	N100°E/33°
SW Limb	N277°E/16°
O1	06°, N188°E
O2	01°, N279°E
O3	88°, N056°E
Hinge Surface	N100°E/88°
Hinge Line	01°, N280°E
Interlimb Angle	130°
Upright Horizontal Fold (Fossen, 2010); Gentle (Nabavi dan Fossen, 2010)	

## E. Mekanisme Struktur Geologi

Jawa Barat bagian Selatan tepatnya Zona Pegunungan Selatan memiliki banyak batuan hasil dari material aktivitas vulkanik purba, dan memang benar adanya bahwa pada daerah penelitian juga menunjukkan banyaknya litologi batuan hasil dari erupsi gunung api, hal ini memperkuat hasil penelitian terdahulu yaitu Jawa Barat bagian Selatan tepatnya Zona Pegunungan Selatan memiliki banyak sebaran batuan gunung api produk dari busur gunung api purba menurut (Pratama, Isnawan, & Kurnianto, 2024). Lempeng samudera yang menunjam ke bawah lempeng benua, hal ini juga memperkuat data yang ditemukan di daerah penelitian dimana Pegunungan Selatan itu sendiri terbentuk karena adanya aktivitas tabrakan lempeng tersebut menurut penelitian terdahulu yaitu proses penunjaman (subduksi) lempeng samudra ke bawah lempeng benua membentuk morfologi palung laut. Palung ini menampung berbagai macam batuan hasil akumulasi, seperti sedimen laut dalam, batuan metamorf (malihan), dan batuan beku menurut (Subagio, 2018). Berdasarkan penelitian yang dilakukan, didapatkan data struktur geologi berupa sesar dan lipatan yang dimana hal ini memperkuat penelitian terdahulu dimana Jawa Barat bagian Selatan banyak ditemukan struktur sesar, lipatan dan kelurusinan menurut (Tungkagi, Rosana, & Sunarie, 2020). Pada Lokasi penelitian ini arah kelurusinan dominan mengarah ke Utara – Selatan yang dipengaruhi oleh baik itu kelurusinan struktur atau kelurusinan morfologi, hal ini juga selaras dengan penelitian terdahulu dimana arah dominan kelurusinan pada Daerah Cimahi, Jawa Barat berarah Utara – Selatan (kelurusinan sungai dan lembah) menurut (Ulayo & Verdiansyah, 2025). Menurut Klasifikasi Fossen, kedua lipatan pada daerah penelitian termasuk ke dalam upright horizontal fold dengan arah tegasan utama Timur Laut – Barat Daya, yang terletak di Desa Pasawahan dan Desa Banjaranyar, hal ini membuktikan penelitian sebelumnya yaitu telah ditemukan tiga lipatan yang termasuk ke dalam upright horizontal fold juga, ketiga lipatan itu tersebar di Desa Kalijaya, Desa Bojong, dan Desa Jadikarya dengan tegasan utama berarah Timur Laut – Barat Daya berdasarkan penelitian (Salsabila, Mayasari, & Hastuti, 2022).

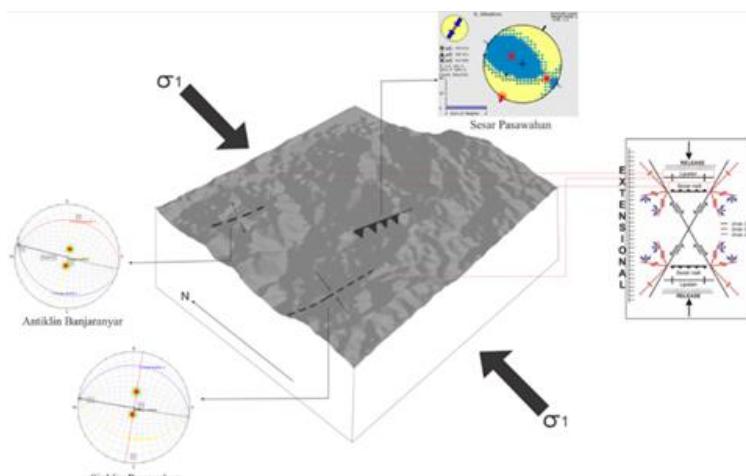
Klasifikasi arah tegasan struktur geologi (Moody & Hill, 1956) dalam kajian geologi struktur, penentuan orde struktur menurut model Moody & Hill dilakukan dengan mempertimbangkan tiga klasifikasi utama, yaitu: (1) orientasi struktur, yang merujuk pada arah jurus atau orientasi geometri struktur dan sangat

menentukan apakah suatu struktur dikategorikan sebagai Orde 1, Orde 2, atau Orde 3, karena struktur utama regional biasanya menunjukkan orientasi yang konsisten dan signifikan secara tektonik, (2) pola regional, yang mencerminkan skala dan kontinuitas struktur apabila dianalisis secara regional (panjang, keterkaitan dengan sistem tektonik regional, serta pola distribusi struktur sepanjang wilayah studi), sehingga struktur yang dominan secara regional umumnya digolongkan ke dalam orde tinggi, (3) jenis struktur, yakni klasifikasi berdasarkan mekanisme deformasi yang dihasilkan (*brittle* seperti sesar atau *ductile* seperti lipatan), di mana struktur *ductile* dan *shear zone* yang berkembang pada kedalaman tertentu seringkali menunjukkan pengaruh deformasi regional yang lebih besar dibandingkan struktur *brittle* yang lebih lokal, sehingga memengaruhi penentuan orde struktur dalam analisis geologi struktur wilayah tertentu (Gambar 16).

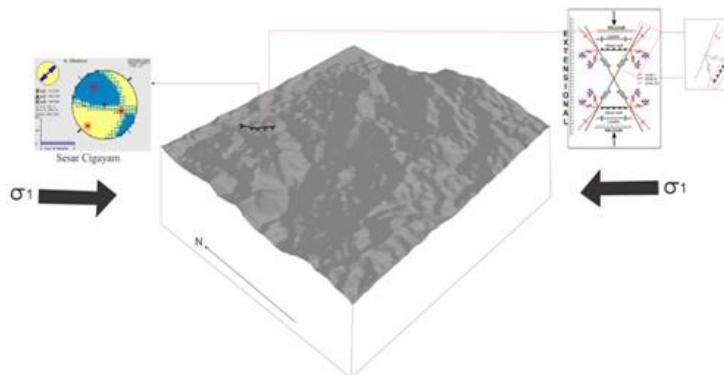


Gambar 16. Klasifikasi arah tegasan struktur geologi (Moody & Hill, 1956)

Pada daerah penelitian terdapat empat struktur geologi, yaitu Sesar Pasawahan, Sesar Cigayam, Antiklin Banjaranyar, dan Sinklin Pasawahan. Terdapat dua sesar, Sesar Cigayam dan Sesar Pasawahan yang berorientasi Timur – Barat. Hal ini memperkuat penelitian terdahulu dimana Pola Jawa yang berorientasi Timur – Barat (Pulunggono & Martodjojo, 1994). Pada daerah penelitian ada dua lipatan yaitu Antiklin Banjaranyar dan Sinklin Pasawahan yang berorientasi Timur Tenggara – Barat Barat Laut hal ini memperkuat penelitian sebelumnya dimana termasuk Pola Sunda yang berorientasi Barat Laut - Tenggara (Pulunggono & Martodjojo, 1994). Berdasarkan pemodelan mekanisme struktur geologi dan penelitian terdahulu menurut (Moody & Hill, 1956), keempat struktur geologi tersebut termasuk ke dalam Orde 1 dengan arah tegasan utama Utara – Selatan (Gambar 17) dan Orde 2 dengan arah tegasan utama Barat Laut – Tenggara (Gambar 18).



Gambar 17. Model perkembangan struktur geologi Orde 1 daerah penelitian



Gambar 18. Model perkembangan struktur geologi Orde 2 daerah penelitian

#### 4. Kesimpulan

Struktur Geologi yang berkembang pada daerah penelitian menunjukkan keragaman deformasi yang dapat di klasifikasikan berdasarkan pemodelan mekanisme struktur menurut Klasifikasi Moody and Hill kedalam keterbentukan struktur pada Orde 1 dan Orde 2. Struktur geologi pada daerah penelitian yang tergolong menjadi Orde 1 yaitu Sesar Naik Pasawahan, Antiklin Banjaranyar, dan Sinklin Pasawahan yang digambarkan dengan arah orientasi Barat – Timur yang terbentuk karena gaya kompresi regional akibat subduksi Lempeng Indo-Australia dengan Lempeng Eurasia. Selanjutnya terdapat struktur pada daerah penelitian yang dikategorikan fase Orde 2 yaitu Sesar Naik Cigayam yang memiliki arah orientasi Barat Laut – Tenggara dan tegasan utama berarah Timur Laut – Barat Daya yang terbentuk setelah fase Orde 1 karena adanya aktivitas tektonik yang mengakibatkan struktur-struktur lama kembali aktif.

#### 5. Daftar Pustaka

Ahmadi, H. P. (2021, April 21). Fault-Based Geological Lineaments Extraction Using Remote Sensing and GIS—A Review. *Geosciences*, 11(5), 183. doi:<https://doi.org/10.3390/geosciences11050183>

Attoriq, M. H., & Rochmana, Y. Z. (2024). Mekanisme Struktur Geologi Daerah Leuwidamar dan Sekitarnya, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten., (pp. 171-177).

Febyanto, I. (2016). Geologi Dan Hidrogeologi Daerah Parigi, Kabupaten Pangandaran, Jawa Barat.

Fossen, H. (2010). Structural geology and structural analysis. In *Structural Geology*, 1-20. doi:<https://doi.org/10.1017/CBO9780511777806.003>

Fossen, H. (2016). *Structural Geology* (Vol. 2). United Kingdom: Cambridge University Press.

Hapidin, A. (2018). Geologi Daerah Gardujaya Dan Sekitarnya Kecamatan Panawangan Kabupaten Ciamis Propinsi Jawa Barat. *Jurnal Online Mahasiswa (JOM)*, 01(01).

Hidayat, A. F., Rosana, M. F., & Haryanto, A. D. (2021). Gologi Daerah Langkaplancar dan Sekitarnya, Kecamatan Langkaplancar, Kabupaten Pangandaran, Provinsi Jawa Barat. *Padjajaran Geoscience Journal*, 5, 59-70.

Iswari, & Anggraini, M. Y. (2018). Demnas : Model Digital Ketinggian Nasional. *Pusat Penelitian Oseanografi - LIPI*, 68-80.

Manik, R. S. (2021). Pemetaan Geologi Struktur Daerah Simpang Tolang Jae Kecamatan Kotanopan Kabupaten Mandailing Natal Provinsi Sumatera Utara. 1-72.

Mochammad, I., & Juliarka, B. R. (2019). Analisis Kerapatan Kelurusan (Lineament Density) sebagai indikator tingkat permeabilitas di Lapangan Panasbumi Suoh-Sekincau, Lampung. *Jurnal of Science and Applicative Technology* 3, 2, 61-67.

Moody, J., & Hill, M. (1956, September 01). Wrench Fault Tectonics. *Bulletin of The Geological Society of America*, 67, 1207-1246. doi:[https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1956\)67\[1207:WT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1956)67[1207:WT]2.0.CO;2)

Pratama, A., Isnawan, D., & Kurnianto, A. B. (2024). Geologi dan Studi Kualitas Batuan Andesit Pada Satuan Breksi Andesit Jampang Daerah Pagergunung Dan Sekitarnya, Pangandaran, Jawa Barat. 3, 1-15.

Pulunggono, A., & Martodjojo, S. (1994). Perubahan tektonik Paleogen-Neogen merupakan peristiwa tektonik penting di Jawa, Kumpulan Makalah Seminar Geologi dan Geotektonik Pulau Jawa sejak Akhir Mesozoik hingga Kuarter. *Gology Department University of Gadjah Mada*, 1-14.

Rickard, M. J. (1972). Fault classification : discussion. *Geological Society of America Bulletin* 83, 8, 2545-2546. doi:[https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1972\)83\[2545:FCD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1972)83[2545:FCD]2.0.CO;2)

Saktiyoso, T., Ekawati, F. D., & Supratno, S. (2024). Penerapan Aplikasi Arcgis Dalam Pembuatan Peta Lokasi Desa Ridomanah. *Jurnal Bakti Bagi Bangsa*, 3, 164-171.

Salsabila, A., Mayasari, E. D., & Hastuti, E. W. (2022). Studi Petrogenesis Batuan Vulkanik Menggunakan Analisis Petrografi pada Formasi Jampang, Daerah Bodjong, Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN)*, 1, 90-99.

Subagio. (2018). Struktur Geologi Bawah Permukaan Pegunungan Selatan Jawa Barat Ditafsir dari Anomali Bouguer., 19, pp. 187-200.

Tungkagi, R. A., Rosana, M. F., & Sunarie, C. Y. (2020). Geologi Daerah Desacampaka Dan Sekitarnya, Kecamatan Cigugur, Kabupaten Pangandaran, Provinsi Jawa Barat. 4, 449-460.

Ulayo, r. A., & Verdiansyah, O. (2025). Geologi Daerah Pasawahan dan Sekitarnya, Kecamatan Banjaranyar, Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat. *GEODA*, 4, 1-9.

Van Bemmelen, R. W. (1949). The geology of Indonesia.

Verdiana, P. R., Yuniardi, Y., & Nur, A. A. (2014). Petrologi Dan Petrografi Satuan Breksi Vulkanik Dan Satuan Tuf Kasar Pada Formasi Jampang, Daerah Cimanggu Dan Sekitarnya, Jawa BaraT. 12.