

## Studi geologi formasi Kalipucang dan formasi Gabon sekitar Telaga Blembeng kabupaten Kebumen

Firyal Nida Sahirah<sup>1,\*</sup>, Nugroho Budi Wibowo<sup>2</sup>, Riska Sorayawati<sup>3</sup>, Muhammad Faza Syaddad Ar-Rafi<sup>4</sup>, Sheira Anggi Restiana<sup>5</sup>

<sup>1,3,4,5</sup> Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Jl. Laksda Adisucipto Sleman, Gedung Student Center Lt. III No. 3.70

<sup>2</sup>BMKG, Stasiun Geofisika Sleman, Jl Wates km 8 Jitengan Balecatu Sleman

### Article Info

#### Article history:

Received June 18, 2025

Accepted December 8, 2025

Published December 11, 2025

#### Keywords:

Struktur geologi

Formasi Kalipucang

Formasi Gabon

*Fault fracture density*

SFM drone

### ABSTRAK

Penelitian ini mengkaji karakteristik geologi permukaan di sekitar Telaga Blembeng, Kecamatan Ayah, Kabupaten Kebumen, yang secara stratigrafi terdiri atas Formasi Kalipucang dan Formasi Gabon. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi persebaran litologi dan pola rekahan batuan melalui pendekatan pemetaan lapangan serta analisis *Fault Fracture Density (FFD)* berbasis data citra drone dan *model elevasi digital (DEM)*. Metode *Structure from Motion (SFM)* digunakan untuk memperoleh citra ortomosaik dan model topografi resolusi tinggi. Hasil analisis menunjukkan bahwa Formasi Gabon, tersusun atas breksi andesit, merupakan produk aktivitas vulkanik darat berumur Oligosen Akhir–Miosen Awal. Sementara itu, Formasi Kalipucang menindihnya secara tidak selaras dan tersusun atas batugamping terumbu serta serpih, yang mencerminkan perubahan lingkungan menjadi laut dangkal pada Miosen Tengah. Nilai *FFD* tinggi ditemukan terutama pada Formasi Kalipucang, menunjukkan intensitas deformasi struktural yang signifikan. Studi ini membuktikan bahwa kombinasi metode *SFM* dan analisis *FFD* efektif dalam mendeteksi rekahan dan memahami evolusi geologi regional.



### Penulis Korespondensi:

Firyal Nida Sahirah,

Program Studi Fisika

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

Jl. Laksda Adisucipto Sleman, Gedung Student Center Lt. III No. 3.70.

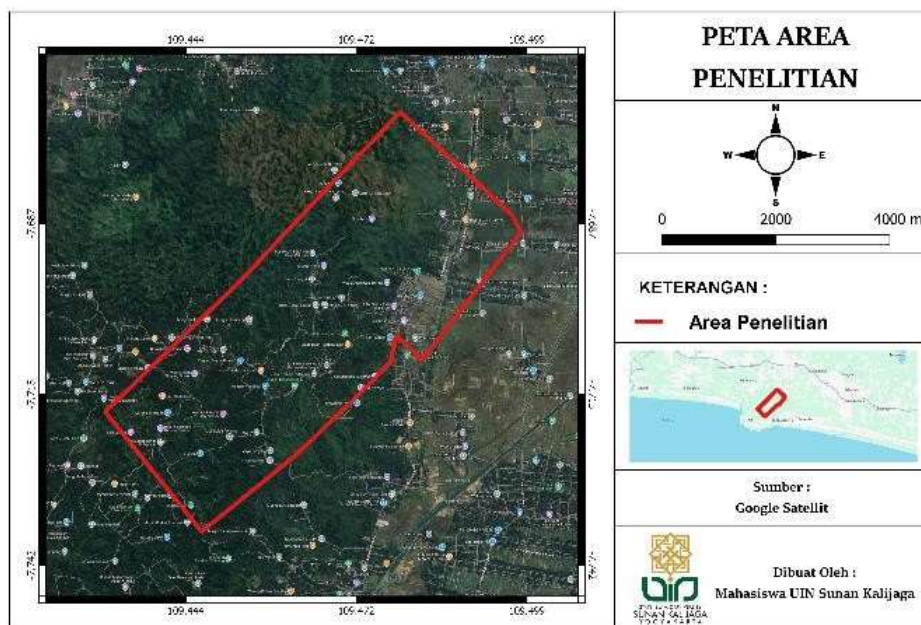
Email: [22106020044@student.uin-suka.ac.id](mailto:22106020044@student.uin-suka.ac.id)

### 1. PENGANTAR

Kemajuan teknologi dalam pemetaan geospasial mempermudah studi geologi terutama dalam pemetaan permukaan bumi. Salah satu pendekatan yang sering digunakan adalah metode *Structure from Motion (SFM)* yaitu teknik fotogrametri berbasis foto dua dimensi yang mampu merekonstruksi bentuk tiga dimensi objek geologi secara detail. Penggunaan *SFM* sangat berguna dalam mengamati bentuk dan struktur batuan di lapangan karena mampu menghasilkan model topografi dengan resolusi tinggi. Dalam kajian geologi permukaan, metode ini mampu mengidentifikasi rekahan batuan dan struktur geologi lainnya secara visual dan kuantitatif [1].

Wilayah penelitian berada di sekitar area Telaga Blembeng yang secara administratif terletak di Desa Watukelir, Kecamatan Ayah, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah (Gambar 1). Secara geologi, daerah ini tersusun oleh dua satuan batuan utama, yaitu Formasi Gabon dan Formasi Kalipucang [2]. Area penelitian didominasi oleh Formasi Kalipucang yang terbentuk pada Miosen Tengah yang tersusun oleh batugamping terumbu, serpih bitumen, dan batugamping klastik menunjukkan perubahan lingkungan menjadi laut dangkal [3]. Tepat di bawahnya, secara tidak selaras terdapat Formasi Gabon yang tersusun dari breksi andesit, lava

dan endapan lahar, tuf, dan material lahar, berumur Oligosen Akhir hingga Miosen Awal mencerminkan lingkungan vulkanik aktif pada masa lalu [3].



Gambar 1. Peta lokasi area kajian

Dalam studi geologi struktur, informasi mengenai rekahan dan sesar dapat dipetakan dan dianalisis secara kuantitatif menggunakan pendekatan *Fault Fracture Density (FFD)*. *FFD* digunakan untuk menghitung kepadatan rekahan dan sesar di suatu area yang berkaitan erat dengan kestabilan batuan, potensi jalur aliran fluida, dan karakter rekahan bawah permukaan [4]. Beberapa penelitian sebelumnya telah membuktikan bahwa zona dengan nilai *FFD* tinggi umumnya menunjukkan intensitas deformasi yang lebih besar dan dapat menjadi indikator zona lemah. Penerapan analisis *FFD* di daerah panas bumi Kamojang berhasil mengidentifikasi area yang berasosiasi dengan permeabilitas tinggi akibat rekahan [5].

Melalui penelitian ini, dilakukan pengamatan dan pemetaan singkapan batuan menggunakan metode *SFM* serta analisis spasial nilai *FFD* untuk mengidentifikasi pola dan kepadatan rekahan di wilayah penelitian. Kombinasi antara visualisasi tiga dimensi dan analisis kuantitatif struktur geologi diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih komprehensif mengenai kondisi geologi permukaan. Metode ini merupakan inovasi penting karena mengintegrasikan model topografi beresolusi tinggi yang dihasilkan melalui *SFM* dengan analisis *FFD*, sehingga mampu mengatasi keterbatasan resolusi spasial dan sifat data yang diskret pada survei lapangan konvensional maupun citra satelit generasi sebelumnya. Hasil dari penelitian ini dapat mengetahui persebaran batuan dan pola rekahan di wilayah penelitian.

## 2. LANDASAN TEORI

Litologi merupakan cabang dari ilmu geologi yang mempelajari karakteristik fisik dan deskriptif batuan, seperti warna, struktur, komposisi mineral, dan tekstur [12]. Istilah "litologi" berasal dari bahasa Yunani, yaitu *lithos* yang berarti batu dan *logos* yang berarti ilmu. Studi litologi sangat penting dalam mengidentifikasi jenis batuan dan memahami kondisi pembentukan serta lingkungan geologinya.

Litologi biasanya digunakan dalam analisis stratigrafi untuk menggambarkan lapisan-lapisan batuan secara vertikal maupun lateral. Karakteristik utama yang diamati dalam litologi antara lain warna batuan, ukuran butir, struktur pengendapan, komposisi mineral, dan derajat kekompakan. Warna batuan sering kali mencerminkan kondisi oksidasi atau reduksi selama proses pembentukan. Ukuran butir dapat memberikan informasi tentang energi lingkungan pengendapan; misalnya, ukuran butir yang besar mengindikasikan lingkungan berenergi tinggi seperti sungai deras [11].

Berdasarkan proses pembentukannya, batuan diklasifikasikan menjadi tiga kelompok utama, yaitu batuan beku, batuan sedimen, dan batuan metamorf. Batuan beku terbentuk dari pendinginan dan kristalisasi magma, baik secara intrusif maupun ekstrusif [13]. Batuan sedimen terbentuk dari hasil litifikasi material sedimen yang berasal dari pelapukan batuan lain [11]. Sementara itu, batuan metamorf terbentuk akibat perubahan temperatur dan tekanan tinggi terhadap batuan asal tanpa melalui proses pelelehan.

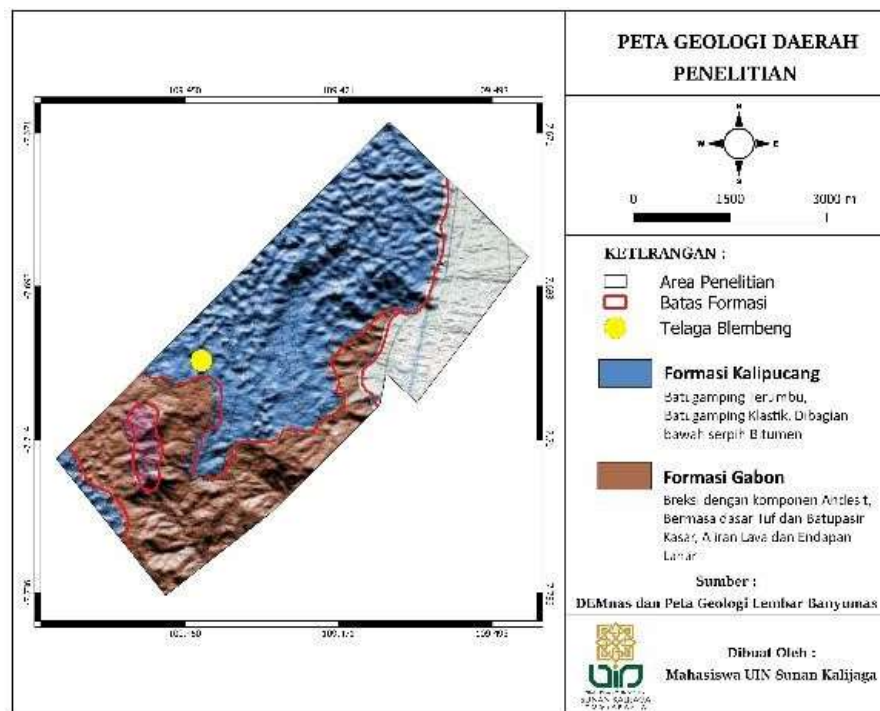
Studi litologi sangat penting dalam eksplorasi sumber daya alam seperti minyak bumi, gas alam, dan air tanah, karena karakteristik batuan akan menentukan sifat reservoir dan sistem peraliran [12]. Selain itu,

litologi juga digunakan dalam pemetaan geologi, studi lingkungan, dan rekonstruksi sejarah geologi suatu wilayah.

Metode *Fault Fracture Density (FFD)* sebagai tahap awal dalam studi eksplorasi panas bumi. Pendekatan ini memberikan informasi mengenai zona yang memiliki kerapatan rekahan tinggi. Zona dengan kerapatan rekahan tinggi tersebut dianggap sebagai area potensial yang memungkinkan pergerakan fluida hidrotermal dan berperan sebagai jalur aliran dalam sistem hidrologi panas bumi. Selain itu, analisis kemiringan lereng digunakan untuk menentukan daerah tangkapan air (*catchment area*). Kegiatan lapangan turut mendukung dengan memberikan data langsung mengenai kondisi struktur geologi melalui akuisisi data pada lokasi penelitian [10].

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 10 hingga 14 Mei 2025 di sekitar area Telaga yang terletak di Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah, dengan luasan 4x1 km<sup>2</sup>. Metode yang digunakan melalui observasi lapangan berdasarkan desain survei yang telah dibuat (Gambar 2). Ada dua tahap utama dalam penelitian ini, yaitu tahap pengambilan data di lapangan dan tahap analisis di laboratorium. Pengambilan data lapangan mencakup beberapa kegiatan, yaitu: (1) mengkaji peta geologi Lembar Banyumas [2]; (2) Identifikasi batas-batas sebaran Formasi Kalipucang dan Formasi Gabon; (3) Penentuan arah lintasan dan aksesibilitas lokasi dengan citra ortofoto; (4) Pengamatan singkapan batuan, termasuk identifikasi jenis batuan; (5) Dokumentasi singkapan secara visual dan *plotting* titik singkapan; (6) Pengukuran arah dan kemiringan bidang rekahan dan lapisan batuan menggunakan kompas; (7) Pengambilan sampel batuan pada lokasi-lokasi representatif untuk analisis lebih lanjut.



Gambar 2. Peta geologi area kajian

Tahap kedua adalah analisis dan interpretasi data yang diperoleh. Salah satu analisis utama dalam penelitian ini adalah analisis *Fault Fracture Density (FFD)* yaitu metode dalam geologi struktural yang digunakan untuk menghitung dan memetakan tingkat kerapatan sesar (*fault*) dan rekahan (*fracture*) pada daerah penelitian [6]. Analisis *FFD* dilakukan dengan memanfaatkan data *Digital Elevation Model (DEM)* yang diperoleh melalui website resmi Tanah Air Indonesia [7]. Data *DEM* tersebut kemudian diolah menggunakan *software Global Mapper* untuk mengidentifikasi fitur kelurusan (*lineament*) yang diasumsikan sebagai representasi dari struktur rekahan atau sesar di permukaan. Dengan menggunakan *software Qgis*, setiap kelurusan yang terdeteksi dipetakan secara sistematis, kemudian diukur panjang serta orientasinya. Selanjutnya, nilai densitas rekahan dihitung menggunakan pendekatan grid 250 x 250 m<sup>2</sup>, yaitu dengan menjumlahkan total panjang rekahan dalam setiap unit luasan tertentu biasanya dalam satuan kilometer persegi. Hasil perhitungan ini menghasilkan peta distribusi *FFD* yang dapat digunakan untuk menginterpretasi zona deformasi tinggi [8].

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui dua pendekatan, yaitu kualitatif dan kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan dengan menginterpretasi hasil observasi lapangan, pola litologi, struktur geologi, serta visualisasi model *SFM* untuk mendeskripsikan batas formasi dan karakter rekahan secara deskriptif. Analisis kuantitatif dilakukan dengan menghitung nilai *FFD* berdasarkan geometri *lineament* pada *DEM* sehingga diperoleh distribusi spasial densitas rekahan. Integrasi kedua pendekatan ini memungkinkan pemahaman geologi permukaan yang lebih komprehensif karena interpretasi visual pada singkapan diperkuat oleh hasil kuantifikasi spasial dari nilai *FFD*.

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan data geologi regional pada peta geologi Lembar Banyumas [2], salah satu litologi penyusun batuan di Formasi Gabon terdiri dari breksi andesit (Gambar 3) yang mempunyai umur Oligosen Akhir - Miosen Awal. Formasi Gabon terbentuk lebih awal dalam lingkungan darat berenergi tinggi lalu mengalami deformasi dan erosi sebelum pengendapan Formasi Kalipucang yang terjadi di lingkungan laut dangkal. Akibat adanya perbedaan umur, lingkungan pengendapan dan struktur menunjukkan adanya jeda geologis yang menandai perubahan besar dalam kondisi tektonik dan sedimentasi di wilayah ini.



Gambar 3. Singkapan breksi andesit di Formasi Gabon

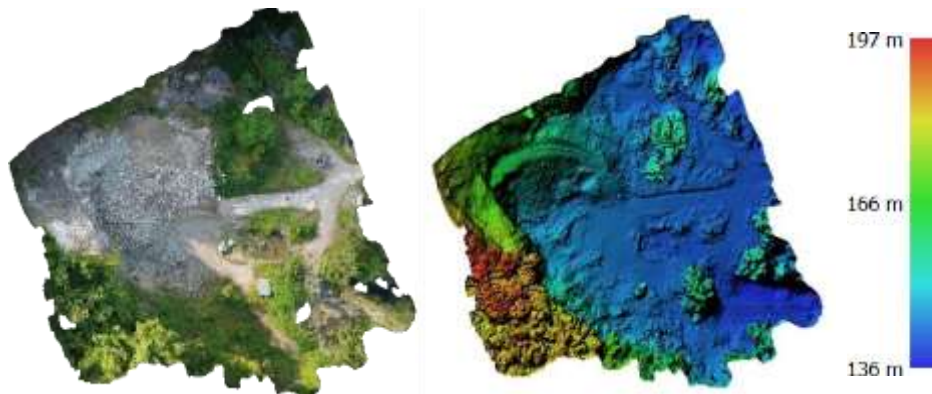
Gambar 4 & 5 memperlihatkan singkapan geologi yang memperjelas hubungan stratigrafi antara dua satuan batuan utama, yaitu batuan breksi dari Formasi Gabon di bagian bawah dan batuan sedimen dari Formasi Kalipucang di bagian atas. Singkapan ini berlokasi di daerah yang tersusun atas Formasi Gabon dan menunjukkan batas kontak yang jelas antara kedua formasi, yang ditandai dengan garis kuning pada gambar. Secara stratigrafi, lapisan batuan yang lebih rendah (Formasi Gabon) tersusun atas breksi, sedangkan lapisan yang menindihnya (Formasi Kalipucang) terdiri dari batuan sedimen klastik.

Melalui hasil pemetaan *SFM* menggunakan drone di area tambang yang termasuk ke dalam satuan batuan Formasi Gabon. Citra kiri menunjukkan hasil ortomosaik area bekas tambang yang mencakup eksposur batuan breksi, sedangkan citra kanan merupakan model *DEM* yang menampilkan topografi area secara tiga dimensi dengan elevasi antara 136 hingga 197 meter. Data ini memberikan gambaran morfologi hasil aktivitas tambang sekaligus memperlihatkan struktur permukaan yang berkaitan dengan sebaran batuan Formasi Gabon.



Gambar 4. Singkapan perselingan batuan di Formasi Gabon

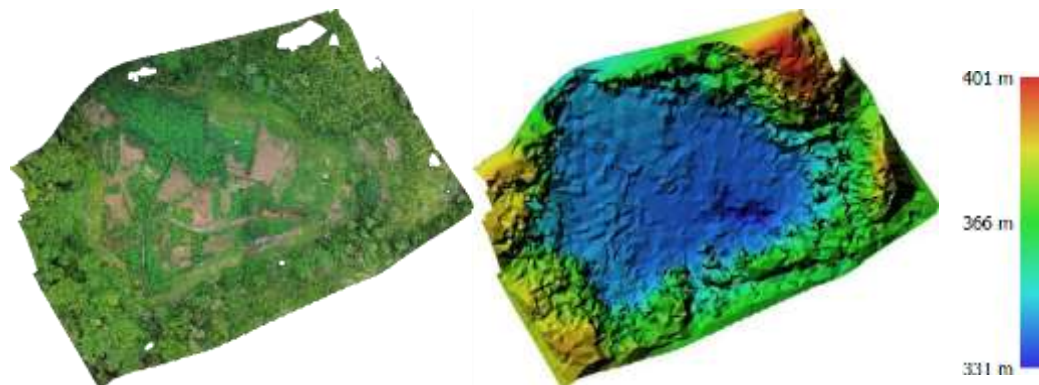




Gambar 5. Hasil pengolahan *SFM* di area tambang

Gambar yang ditampilkan (Gambar 7 & 8) memperlihatkan fenomena geologi yang terjadi di Telaga Blembeng, Desa Watukelir, Kecamatan Ayah, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah. Telaga ini terletak di kawasan karst yang secara geologis tersusun atas batuan gamping yang mudah larut, membentuk sistem peronggaan bawah tanah yang kompleks. Fenomena mengeringnya telaga secara tiba-tiba dalam semalam disebabkan oleh terbentuknya sinkhole atau dolina runtuhannya, di mana air telaga mengalir masuk ke dalam rongga bawah tanah akibat runtuhnya atap rongga tersebut. Hal ini merupakan hasil dari proses pelarutan batu gamping oleh air permukaan yang agresif secara kimiawi dan penggerusan oleh arus air secara fisika.

Dalam gambar tersebut, sisi kanan menampilkan citra *DEM* yang menunjukkan topografi kawasan karst dengan bukit-bukit berbentuk kerucut dan lembah-lembah yang disebut dolina. Sisi kiri menampilkan foto udara dari drone yang memperlihatkan kondisi telaga yang telah mengering, dengan lubang besar di dasar telaga sebagai jalur masuk air ke sistem sungai bawah tanah. Fenomena ini menunjukkan dinamika geologi kawasan karst yang rentan terhadap pembentukan sinkhole akibat aktivitas pelarutan batuan karbonat.



Gambar 6. Hasil pengolahan *SFM* di Telaga Blembeng

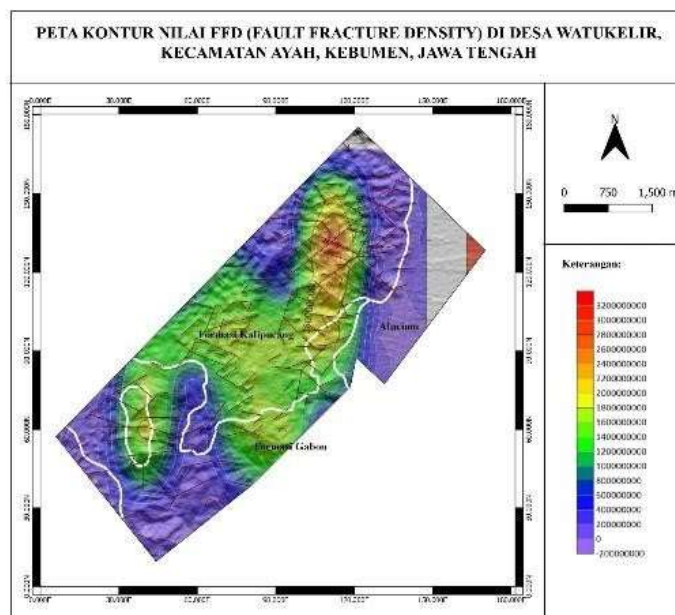


Gambar 7. Hasil pengolahan *SFM* di area sinkhole Telaga Blembeng

Peta kontur nilai *FFD* di area kajian menunjukkan distribusi kepadatan sesar dan rekahan di wilayah tersebut berdasarkan skala warna yang merepresentasikan tingkat *FFD* dari rendah hingga tinggi. Warna ungu menunjukkan nilai *FFD* sangat rendah ( $0 - 10 \text{ km/km}^2$ ), hijau menunjukkan nilai menengah ( $11 - 20 \text{ km/km}^2$ ), dan warna merah menunjukkan nilai *FFD* sangat tinggi ( $21 - 32 \text{ km/km}^2$ ). Nilai *FFD* tertinggi menunjukkan zona deformasi yang sangat intensif, kemungkinan berkaitan dengan aktivitas tektonik. Sebaliknya, nilai *FFD* rendah dominan di bagian timur dan barat peta, yang mengindikasikan daerah yang lebih stabil secara struktural.

Pada formasi Kalipucang didominasi oleh warna hijau hingga kuning, menandakan nilai *FFD* sedang hingga tinggi, yang menunjukkan bahwa batuan ini telah mengalami deformasi struktural lebih besar. Formasi Gabon menampilkan warna hijau kebiruan, menunjukkan nilai *FFD* sedang ke rendah, sedangkan

Aluvium didominasi oleh warna ungu, menunjukkan nilai *FFD* yang sangat rendah, sesuai dengan sifatnya sebagai endapan muda yang belum mengalami deformasi signifikan. Selain itu, pola sesar dan rekahan yang ditunjukkan oleh garis – garis merah memperlihatkan orientasi dominan arah utara barat laut – selatan tenggara, yang kemungkinan besar merupakan hasil dari gaya tekan regional. Pola ini menunjukkan bahwa wilayah tersebut telah mengalami tegasan geologi yang cukup kuat, terutama pada bagian tengah, yang ditandai dengan konsentrasi garis sesar dan rekahan yang tinggi.



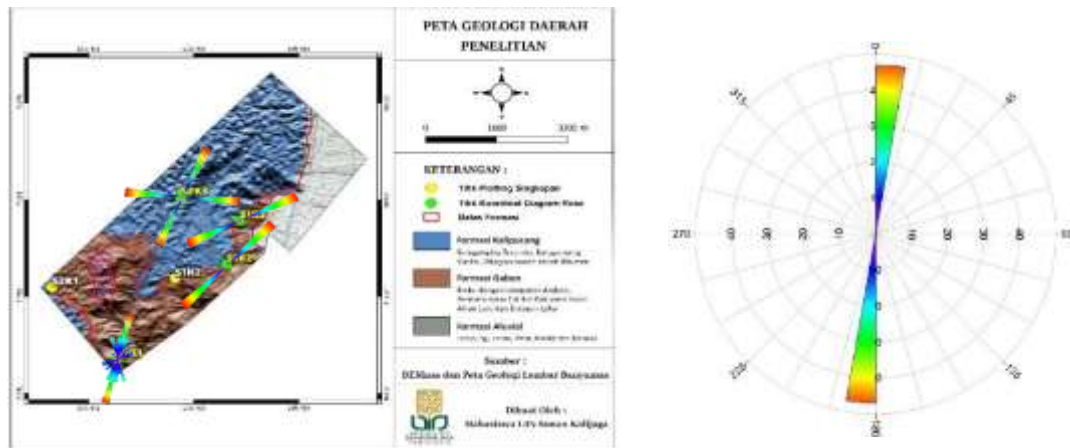
Gambar 8. Peta kontur *fault fracture density*

*Diagram rose FFD* (Gambar 9) menunjukkan sebaran arah data kekar yang bersifat dua arah, artinya setiap arah dianggap sama dengan arah yang berlawanan. Dari diagram ini terlihat bahwa data orientasi sangat terkonsentrasi dalam arah sekitar  $0^{\circ} - 180^{\circ}$ , yang mengindikasikan bahwa fitur dominan dalam data berorientasi utara – selatan. Panjang batang pada arah ini menunjukkan frekuensi relatif yang tinggi, dengan populasi maksimum dalam satu bin sebesar 47. Nilai *Vector Mean* sebesar  $182,62^{\circ}$  dan *Confidence Interval* sebesar  $\pm 16,0^{\circ}$  menegaskan adanya kecenderungan orientasi utama ke arah selatan.

Kaitannya dengan peta geologi terletak pada kemiripan arah dominan rekahan yang terlihat di keduanya. *Diagram rose FFD* menunjukkan arah rekahan dominan sekitar utara – selatan dan hal ini serupa dengan arah rekahan di setiap titik pengamatan di lapangan. Arah rekahan yang konsisten ini menunjukkan bahwa pola struktur geologi yang terbentuk di berbagai satuan batuan memiliki orientasi yang sama dengan arah rekahan yang membentuk nilai *FFD* tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa nilai *FFD* yang tinggi bukan hanya disebabkan oleh banyaknya rekahan, tetapi juga karena arah dan pola rekahan tersebut selaras dengan arah tegasan tektonik regional [9].

Hasil penelitian di Telaga Blembeng menunjukkan hubungan yang sejalan dengan pola geologi regional di Jawa bagian selatan. Daerah Kebumen berada di zona Pegunungan Serayu Selatan yang sejak Miosen dipengaruhi oleh gaya tekan berarah barat-laut–tenggara. Tekanan ini membentuk sesar, rekahan, dan mengatur perkembangan batuan dari masa ke masa. Formasi Gabon yang berumur Oligosen Akhir–Miosen Awal mencerminkan aktivitas vulkanik darat yang memang banyak terjadi di jalur selatan Jawa pada periode tersebut. Setelah itu, Formasi Kalipucang menindihnya secara tidak selaras dan menunjukkan perubahan lingkungan menjadi laut dangkal, sebuah kondisi yang juga ditemukan di wilayah lain di Jawa bagian selatan pada waktu yang sama.

Pola rekahan di lokasi penelitian yang cenderung berarah utara–selatan selaras dengan arah tegasan utama yang bekerja secara regional. Hal ini menunjukkan bahwa deformasi yang terlihat di Telaga Blembeng merupakan bagian dari dinamika tektonik yang lebih luas, bukan hanya proses lokal. Dengan demikian, hasil studi lapangan dan analisis *FFD* tidak hanya menjelaskan kondisi batuan dan struktur di sekitar telaga, tetapi juga menggambarkan keterhubungannya dengan perkembangan geologi regional Jawa bagian selatan.



Gambar 9. Peta persebaran *diagram rose* dan *SFM*

## 5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengamatan lapangan dan analisis data di kawasan Telaga Blembeng memiliki ciri geologi yang cukup kompleks, dengan hubungan stratigrafi tidak selaras antara Formasi Gabon dan Formasi Kalipucang. Formasi Gabon yang berada di bagian bawah tersusun oleh breksi vulkanik dan terbentuk dalam lingkungan darat berenergi tinggi. Di atasnya, Formasi Kalipucang tersusun atas batugamping dan serpih, menunjukkan pengendapan di lingkungan laut dangkal. Hasil pemetaan menggunakan metode *Structure from Motion (SFM)* menghasilkan visualisasi topografi dan singkapan geologi dengan resolusi tinggi, yang sangat membantu dalam interpretasi litologi dan struktur permukaan. Analisis *Fault Fracture Density (FFD)* mengungkapkan sebaran rekahan yang cukup intensif, khususnya pada Formasi Kalipucang dengan arah dominan rekahan utara-selatan yang sejalan dengan pola tegasan tektonik regional. Hasil ini memberikan gambaran bahwa wilayah penelitian pernah mengalami deformasi struktural signifikan, serta menyimpan potensi untuk pengembangan studi lanjut terkait stabilitas lereng, aliran airtanah, dan eksplorasi geologi lainnya.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan dalam interpretasi hasil. Pertama, cakupan pemetaan terbatas pada area Telaga Blembeng dengan luasan relatif sempit, sehingga generalisasi terhadap kondisi geologi regional harus dilakukan secara hati-hati. Kedua, identifikasi rekahan berbasis *DEM* dan citra *SFM* sangat dipengaruhi oleh resolusi data yang digunakan; rekahan berukuran kecil atau tertutup vegetasi kemungkinan tidak terdeteksi, sehingga nilai *FFD* yang diperoleh merepresentasikan kondisi permukaan secara parsial. Ketiga, analisis struktur dalam penelitian ini belum memasukkan parameter fisik-mekanis batuan maupun data bawah permukaan, sehingga interpretasi deformasi geologi didasarkan terutama pada ekspresi morfologi dan fitur permukaan. Keterbatasan ini membuka peluang bagi penelitian lanjutan yang mengintegrasikan data geofisika, uji laboratorium batuan, maupun akuisisi foto resolusi ultra-tinggi untuk menghasilkan interpretasi yang lebih komprehensif.

Temuan penelitian ini memberikan sejumlah implikasi praktis bagi pengelolaan sumber daya geologi di kawasan Telaga Blembeng dan sekitarnya. Peta *FFD* yang menunjukkan zona rekahan dengan intensitas tinggi dapat dijadikan referensi awal dalam evaluasi stabilitas lereng, mitigasi potensi bahaya runtuhnya, serta identifikasi area rawan sinkhole di lingkungan karst. Selain itu, orientasi rekahan yang sejalan dengan tegasan tektonik regional dapat dimanfaatkan dalam kajian aliran airtanah, mengingat rekahan merupakan jalur permeabilitas utama pada batuan karbonat. Pendekatan *SFM* yang terbukti efektif dalam memetakan singkapan secara detail juga dapat diadopsi oleh lembaga penelitian, pemerintah daerah, maupun industri untuk keperluan pemetaan geologi permukaan yang cepat, murah, dan presisi tinggi. Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya memberikan kontribusi akademik, tetapi juga relevan secara praktis bagi pengelolaan kawasan karst dan upaya mitigasi geobencana.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Kami ucapkan terima kasih kepada para dosen pembimbing, asisten lapangan, dan seluruh anggota kelompok yang turut berpartisipasi dalam setiap proses pra hingga pasca lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. A. Syam, R. N. Pareken, M. D. Pratama, and P. Ayuningtyas, "Interpretasi Struktur Geologi Berdasarkan Fault Fracture Density (FFD) dan Implikasinya Terhadap Potensi Likuifaksi di Daerah Lempake, Kecamatan Sungai Pinang, Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur," *Jurnal Teknik*

- Geologi, vol. 7, no. 2, p. 9, 2024.
- [2] S. Asikin, A. Handoyo, B. Prastistho, and S. Gafoer, "Peta Geologi Lembar Banyumas, Jawa," Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung. 1992.
  - [3] D. Hermawan, S. Widada, and Premonowati, "Geologi Dan Studi Fasies Karbonat Formasi Kalipucang, Daerah Rogodadi Dan Sekitarnya, Kecamatan Buayan, Kabupaten Kebumen, Provinsi Jawa Tengah," Jurnal Ilmiah Geologi Pangea vol. 3, no. 1, p. 1, Jun. 2016.
  - [4] S. Khoirunnisa, N. B. Wibowo, H. Rosyida, I. Khaerunnisa, D. M. Jannah, F. Elsha C, and I. Mery S. A "Analisis Keberadaan Manifestasi Panas Bumi Menggunakan Fault Fracture Density (FFD) di Kecamatan Tempuran, Kabupaten Magelang," Kurvatek, vol. 9, no. 1, p. 63, Apr. 2024.
  - [5] M. F. S. Ar-Rafi, N. B. Wibowo, R. Sorayawati, S. Khusna, and N. Jannah, "Analisis Manifestasi Panas Bumi Melalui Fault Fracture Density (FFD) Di Wilayah Kamojang, Kecamatan Samarang, Kabupaten Garut," Kurvatek, vol. 10, no. 1, p. 73, Apr. 2025.
  - [6] M. A. Syam, R. N. Pareken, M. D. Pratama, P. Ayuningtyas, "Interpretasi Struktur Geologi Berdasarkan Fault Fracture Density (FFD) dan Implikasinya Terhadap Potensi Likuifaksi di Daerah Lempake, Kecamatan Sungai Pinang, Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur," Basin: Jurnal Teknik Geologi Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, vol. 7, no. 2, 2024.
  - [7] H. L. Sunan, A. K. Gibran, M. R. Aditama, S. Iswahyudi, F. R. Widiatmoko, A. Widagdo, and F. A. T. Laksono, "Interpretasi Struktur Geologi Berdasarkan Fault Fracture Density (FFD) dan Implikasinya Terhadap Potensi Likuefaksi di Daerah Kalibening, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah," Eksplorium: Buletin Pusat Teknologi Bahan Galian Nuklir, vol. 42, no. 1, p. 47, Mei. 2021.
  - [8] D. R. Putri, J. Hutabarat, and A. D. Haryanto, "Zonasi Permeabilitas Pada Area Manifestasi Panas Bumi Di Daerah Kabupaten Buru Provinsi Maluku," Padjadjaran Geoscience Journal, vol. 5, no. 5, p. 453, Okt. 2021.
  - [9] A. Widagdo, S. Pramumijoyo, and A. Harijoko, "Pengaruh Tektonik Kompresional Baratlaut-Tenggara Terhadap Struktur Bidang Perlapisan, Kekar, Sesar Dan Lipatan Di Pegunungan Kulon Progo-Yogyakarta," Jurnal GEOSAPTA, vol. 5, no. 2, p. 81, Jul. 2019.
  - [10] O. Kurniawan, R. D. Surya, G. Wargaliyasa, "Analisis Fault Fracture Density pada Potensi Panas Bumi Non- Vulkanik untuk Menentukan Recharge Area; Studi Kasus di Wilayah Lore Lindu, Sulawesi Tengah," Jurnal Ilmiah Geomatika, vol. 2, no. 2, p. 46, Okt. 2022.
  - [11] S. Boggs, "Principles of Sedimentology and Stratigraphy (4th ed.)", Pearson Prentice Hall, 2006.
  - [12] R. C. Selley, "Applied Sedimentology (2nd ed.)", Academic Press, 2000.
  - [13] J. D. Winter, "Principles of Igneous and Metamorphic Petrology (2nd ed.)", Prentice Hall, 2010.