



Identifikasi Patahan Lokal Berdasarkan Analisis Data Geomagnet di Dusun Bengle, Desa Dlepih, Kecamatan Tirtomoyo, Wonogiri

Identification of Local Faults Based on Geomagnetic Data Analysis in the Bengle Hamlet, Dlepih Village, Tirtomoyo, Wonogiri

Hana Rosyida^{1*}, Salma Khoirunnisa¹, Dea Mutiara Jannah¹, Fathunajah Elsa Christalianingsih¹, Nugroho Budi Wibowo^{1,2}, Andi¹, Thaqibul Fikri Niyartama¹

¹Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga

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

²BMKG, Stasiun Geofisika Sleman, Jl Wates km 8 Jitengan Balecatut Sleman

*email: hanarosyidahana@gmail.com

Submit: 9 April 2025, Revised: 28 May 2025, Approved: 31 May 2025, Online: 23 June 2025

DOI: 10.33332/jgsm.geologi.v26i2.980

Abstrak- Penelitian dilakukan di area jalur sesar lokal menggunakan metode geomagnetik di Dusun Bengle, Desa Dlepih, Kecamatan Tirtomoyo, Wonogiri. Wilayah ini merupakan salah satu kawasan yang terletak dekat jalur sesar yang ditandai dengan litologi batu pasir dan fitur geologi yang kompleks, dengan variasi komposisi mineral dan stratigrafi yang dapat mempengaruhi kestabilan tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis sesar lokal di daerah penelitian. *Proton Precession Magnetometer* (PPM) digunakan untuk mengumpulkan 43 titik data, prosedur pengolahan data melibatkan beberapa penyesuaian terhadap total medan magnet akibat variasi selama pengumpulan data lapangan. Hasil pemodelan 2D mengungkapkan keberadaan jalur sesar yang teridentifikasi pada litologi batu pasir, dengan nilai suseptibilitas sebesar $0,3 \times 10^{-3}$. Hasil pemodelan menunjukkan adanya variasi jalur sesar dibandingkan dengan peta geologi sebelumnya, dengan orientasi N 107° S. Hasil identifikasi jalur sesar dalam visualisasi 3D menunjukkan struktur geologi yang diidentifikasi sebagai sesar normal, dengan sisi barat daya lebih tinggi dibandingkan dengan sisi timur laut.

Kata Kunci: Metode Magnetik, Anomali Medan Magnet, Suseptibilitas, Sesar Lokal, Bengle

Abstract- The research was conducted on the local fault line area using the geomagnetic method in Bengle Hamlet, Dlepih Village, Tirtomoyo, Wonogiri. This area is located near a fault line characterized by sandstone lithology and complex geological features, with variations in mineral composition and stratigraphy that may affect soil stability. This study aimed to identify the types of local faults in the study area. The Proton Precession Magnetometer (PPM) was used to collect 43 data points. The data processing procedure was involved several adjustments to the total magnetic field due to variations during field data collection. The findings of 2D modeling revealed the presence of recognized fault pathways in sandstone lithology, with a susceptibility value of 0.3×10^{-3} . The modeling findings suggest a variation in the fault path compared to the previous geological map, with an orientation of N 107° S. The results of fault path identification in the 3D visualization show the geological structures identified as normal faults with the southwest side higher than the northeast side.

Keywords: Magnetic Method, Magnetic Anomaly, Susceptibility, Local Fault, Bengle

PENDAHULUAN

Sesar atau patahan merupakan struktur geologi yang terbentuk karena terdapat struktur yang memotong bidang-bidang perlapisan antar batuan atau bidang rekahan pada batuan yang mengalami pergeseran sejajar dengan bidang pecahannya (McGeary dkk., 2008). Pergerakan sesar bisa relatif turun, relatif naik, ataupun relatif mendatar terhadap blok yang lain. Pergerakan secara tiba-tiba dari suatu sesar dapat mengakibatkan gempa bumi (Williams, 2004). Daerah sesar menjadi daerah rawan terjadi bencana geologi dikarenakan daerah tersebut memiliki potensi untuk mengalami guncangan ketika terjadi pelepasan energi. Selain itu, daerah sesar merupakan tempat terjadinya pengumpulan *stress* lokal (Simanjuntak dan Jihad, 2017).

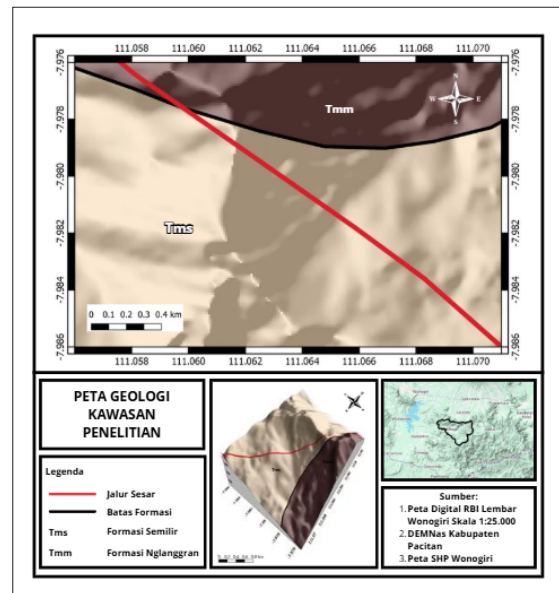
Kondisi tersebut menyebabkan kawasan yang berada di sekitar jalur sesar memiliki tingkat kerawanan yang tinggi terhadap bencana geologi. Identifikasi sesar sangat diperlukan untuk mempelajari keberadaan serta karakteristik struktur fisik bawah permukaan pada zona tersebut. Data ini menjadi parameter krusial dalam menyusun program mitigasi dan kesiapsiagaan, yang bertujuan untuk mereduksi dampak risiko bencana di suatu wilayah (Maulidah dkk., 2022).

Dusun Benge merupakan salah satu wilayah yang terletak di dekat keberadaan jalur sesar. Indikasi adanya sesar lokal pada lokasi ini dapat diamati melalui peta geologi (Gambar 1). Daerah ini didominasi oleh litologi batupasir yang memiliki karakteristik geologi yang kompleks, dengan variasi mineralogi serta kondisi stratigrafi yang berpotensi memengaruhi stabilitas tanah.

Berdasarkan peta geologi pada Gambar 1, kawasan penelitian tersusun oleh dua formasi utama, yaitu Formasi Nglanggran dan Formasi Semilir.

Formasi Nglanggran terdiri dari breksi gunungapi, tufa, dan lava. Breksi tersebut memiliki komponen andesit dan basalt dengan ukuran berkisar antara 5–40 cm dan bentuk butir menyudut (*angular*). Secara gradual, unit breksi ini berubah menjadi batupasir yang menunjukkan struktur keruk isi (*scour and fill*). Batupasir tersebut memiliki rona kelabu kecokelatan dengan ukuran butir sedang hingga sangat kasar (Sampurno dan Samodra, 1997).

Formasi Semilir terdiri dari breksi berbatuapung dan perulangan batupasir kerikilan, batupasir, dan batulempung. Breksi berbatuapung tersebut sebagian mengalami proses kloritisi yang mengakibatkan warnanya menjadi kehijauan.



Gambar 1. Peta Geologi Kawasan Penelitian (Sampurno dan Samodra, 1997)

Komposisi utama breksi ini tersusun atas batuapung dengan dasit beserta sedikit kandungan andesit, basalt, dan batupasir. Batupasir kerikilan dan batupasir disusun oleh komponen andesit, basalt, batupasir, dan sedikit batuapung yang berstruktur perlapisan bersusun dan perairan sejajar (Sampurno dan Samodra, 1997).

Struktur sesar dapat diidentifikasi melalui berbagai metode geofisika, antara lain metode geomagnet, geolistrik, mikrotremor, gravitasi, dan metode lainnya. Penelitian ini menerapkan metode geomagnet untuk mengidentifikasi kondisi bawah permukaan bumi berdasarkan karakteristik suseptibilitas magnetik batuan. Pemilihan metode ini didasarkan pada kemampuannya dalam mendeteksi variasi medan magnet akibat perbedaan mineralisasi serta struktur geologi, sekaligus efisiensinya dalam pelaksanaan survei di area yang sulit diakses. Target utama pengukuran pada metode geomagnet adalah variasi medan magnet yang terukur di permukaan (Maftuhah, 2018).

Akuisisi data dengan metode geomagnet menghasilkan nilai medan magnet total, yang kemudian diproses melalui beberapa tahapan koreksi untuk mendapatkan

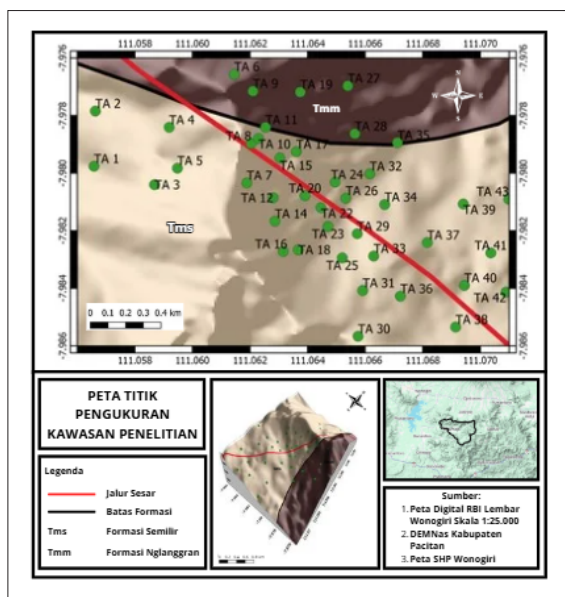
nilai anomali medan magnet. Terdapat dua jenis anomali yang dihasilkan, yaitu anomali regional dan anomali residual. Anomali regional merepresentasikan respon dari sumber anomali batuan yang berada pada kedalaman relatif dalam, sedangkan anomali residual merupakan respon dari sumber anomali batuan yang terletak relatif dangkal (Muhajirin dkk., 2020).

Melalui penelitian ini, diharapkan dapat diperoleh informasi mengenai jenis sesar guna memitigasi dampak bencana di suatu wilayah. Informasi yang dihasilkan dapat dimanfaatkan sebagai dasar peringatan dini bagi masyarakat setempat agar meningkatkan kewaspadaan terhadap potensi bencana di lingkungan sekitarnya.

METODE

Akuisisi Data

Akuisisi data telah dilakukan di Dusun Benge dengan koordinat $7^{\circ} 58' 31''$ s.d. $7^{\circ} 59' 8''$ LS dan $111^{\circ} 3' 38''$ s.d. $111^{\circ} 4' 16''$ BT menggunakan satu set *Proton Precession Magnetometer (PPM)* dengan menerapkan metode *looping*. Metode *looping* adalah metode dengan pengambilan data yang menetapkan satu titik sebagai titik *base* untuk diukur sebelum dan sesudah melakukan pengambilan data di lokasi pengukuran. Pengukuran data didapatkan sebanyak 43 data dengan melakukan pengulangan sebanyak 5 kali pada setiap titik pengukuran yang ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta Titik Pengukuran Kawasan Penelitian

Pengolahan Data

Dalam proses pengolahan data diawali dengan melakukan beberapa koreksi pada hasil akuisisi data berupa nilai medan magnet total. Koreksi tersebut yaitu koreksi IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*) dan koreksi variasi harian.

Langkah pertama, mencari nilai koreksi IGRF yang merupakan penyesuaian data medan magnet dengan cara mengurangi nilai terbaca medan magnet dengan nilai IGRF di lokasi tersebut (Bustari dkk., 2024). Langkah kedua, mencari nilai koreksi variasi harian yang dilakukan untuk menghilangkan ketidaksesuaian yang disebabkan oleh pengaruh matahari saat melakukan pengukuran medan magnet di lapangan (Sirait, 2021). Adapun persamaan yang digunakan untuk melakukan koreksi variasi harian (Susanto dkk., 2017), yaitu:

$$H_{vh} = \frac{(t_s - t_{aw})}{(t_{ak} - t_{aw})} (H_{ak} - H_{aw}) \quad \dots\dots\dots(1)$$

dengan,

H_{vh}	= nilai koreksi variasi harian (nT)
t_s	= waktu pada saat pengukuran ke-s (s)
t_{aw}	= waktu pengukuran di <i>base</i> awal (s)
t_{ak}	= waktu pengukuran di <i>base</i> akhir (s)
H_{aw}	= nilai medan magnet total di <i>base</i> awal (nT)
H_{ak}	= nilai medan magnet total terukur di <i>base</i> akhir (nT)

Langkah ketiga, menghitung anomali medan magnet. Adapun persamaan yang digunakan untuk menghitung nilai anomali medan magnet (Purwaningsih dkk., 2015), yaitu

$$\Delta H = H_{obs} - H_{IGRF} \pm H_{vh} \quad \dots\dots\dots(2)$$

dengan,

ΔH	= anomali medan magnet (nT)
H_{obs}	= medan magnet total saat pengukuran (nT)
H_{IGRF}	= medan magnet utama bumi atau IGRF (nT)
H_{vh}	= medan magnet koreksi variasi harian (nT)

Langkah keempat, proses reduksi ke kutub untuk menyeragamkan arah anomali medan magnet yang sebelumnya bersifat dipol menjadi monopole. Reduksi ke kutub dilakukan sebelum pemisahan anomali regional dan residual, agar anomali-anomali tersebut diposisikan tepat di atas sumbernya (Telford dkk., 1990).

Langkah kelima yaitu pemisahan anomali. Dalam penelitian ini difokuskan pada hasil dari persebaran nilai anomali residual yang mencerminkan kondisi bawah permukaan dengan sumber anomali batuan yang relatif dangkal atau dekat dengan permukaan.

Pengolahan data keenam yaitu pemodelan 2D dan 3D. Pemodelan 2D dilakukan untuk mengetahui model struktur bawah permukaan dengan melakukan penyayatan pada hasil kontur anomali medan magnet yang telah disesuaikan dengan target penelitian menggunakan *software Oasis Montaj*. Tahapan ini memiliki output berupa interpretasi litologi sekitar jalur sesar. Visualisasi 3D dilakukan menggunakan *software RockWork 16* pada fitur stratigrafi model dan mempermudah dalam menginterpretasi jenis sesar.

Tahapan terakhir yaitu mengidentifikasi serta menginterpretasikan karakteristik sesar dari hasil pemodelan data yang diperkuat dengan validasi data lapangan serta analisis mendalam yang mengacu pada penelitian sebelumnya.

Suseptibilitas

Suseptibilitas magnetik dapat diartikan sebagai tingkat termagnetisasi suatu bahan atau zat akibat pengaruh medan magnet. Suseptibilitas magnetik bergantung pada konsentrasi mineral magnetik, ukuran, dan bentuk bulir (Dearing, 1999). Semakin banyak mineral magnetit yang terkandung dalam suatu batuan, semakin besar potensi batuan tersebut untuk menghasilkan medan magnet. Semakin besar kandungan mineral magnetit pada suatu bahan, maka semakin besar pula nilai suseptibilitasnya (Safiuddin dkk., 2011). Adapun nilai suseptibilitas batuan yang digunakan sebagai acuan di dalam penelitian ini yang ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Nilai Suseptibilitas Batuan (Telford, 1999)

Jenis	Suseptibilitas (SI) 10^{-3}	
	Rentang	Rata-rata
Batuan		
Sedimen		
Dolomit	0 – 0,9	0,1
Batugamping	0 – 3	0,3
Batupasir	0 – 20	0,4
Serpih	0,01 – 15	0,6
Batuan		
Metamorf		
Amfibolit		0,7
Sekis	0,3 – 3	1,4
Filit		1,5
Gneis	0,1 – 25	
Kuarsit		4
Serpentin	3 – 17	
Sabak	0 – 35	6
Av.61	0 – 70	4,2
Metamorf		
Batuan		
Beku		
Granit	0 – 50	2,5
Riolit	0,2 – 35	
Dolerit	1 – 35	17
Augit-syenit	30 – 40	
Olivin-diabas		25
Diabas	1 – 160	55
Porfiri	0,3 – 200	60
Gabro	1 – 90	70
Basal	0,2 – 175	70
Diorit	0,6 – 120	85
Piroksenit		125
Peridotit	90 – 200	150
Andesit		160
Av.acidic igneous	0 – 80	8
Av.basic igneous		

HASIL PENELITIAN

Medan Magnet Total

Distribusi nilai medan magnet total kawasan penelitian yang diperoleh dari pengukuran berkisar pada 45204,3 s.d 45007,8 nT ditunjukkan pada Gambar 3. Nilai medan magnet total yang tercatat dapat memberikan informasi awal mengenai daerah dengan variasi nilai medan magnet, mulai dari rendah hingga tinggi yang

disebabkan oleh perbedaan kemampuan batuan dalam proses termagnetisasi.

Anomali tinggi didominasi pada Formasi Nglanggran di bagian utara, yang disebabkan oleh batuan penyusunnya berupa batuan gunungapi bersusun lava andesit dan basalt dengan sisipan batupasir. Batuan beku pada umumnya disusun oleh mineral-mineral yang mudah termagnetisasi, sehingga nilai medan magnet pada Formasi Nglanggran bernilai tinggi.

Pola klosur pada Formasi Semilir lebih bervariasi disebabkan oleh batuan penyusunnya berupa breksi berbatuapung dan perulangan batupasir kerikilan, batupasir, serta batulempung. Batuan sedimen memiliki nilai magnetisasi yang rendah, sehingga nilai medan magnet pada Formasi Semilir bernilai relatif rendah.

Anomali Medan Magnet Total

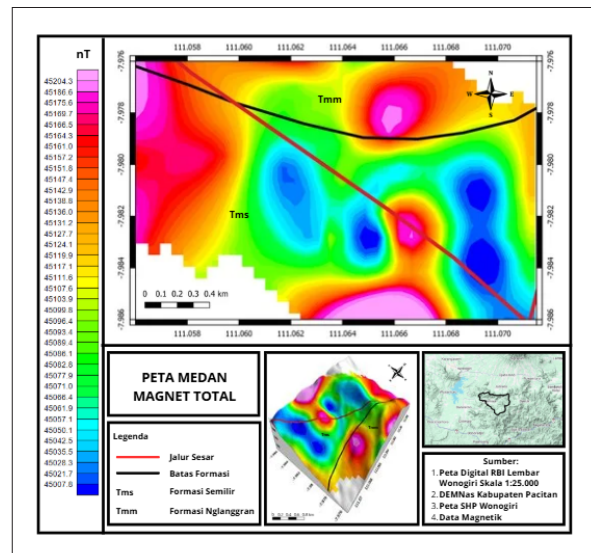
Distribusi nilai anomali medan magnet kawasan penelitian yang diperoleh dari pengukuran berkisar pada -177,8 s.d 92,2 nT yang ditunjukkan pada Gambar 4. Persebaran nilai anomali medan magnet pada Formasi Semilir relatif memiliki kesesuaian dengan hasil pengukuran medan magnet total. Pada Formasi Nglanggran menunjukkan nilai anomali relatif rendah yang kemungkinan disebabkan oleh adanya proses pelapukan pada batuan ini.

Reduksi ke kutub

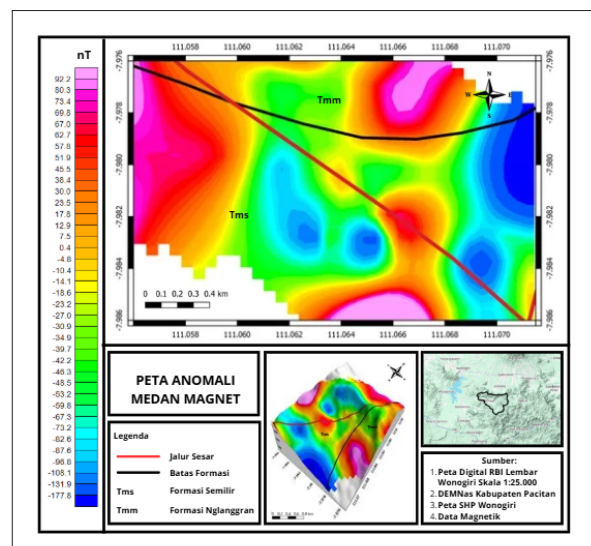
Reduksi ke kutub dilakukan untuk menyeragamkan arah dari anomali dengan cara mengarahkan anomali ke arah kutub utara geografis dengan cara mengubah arah inklinasi dan deklinasi menjadi 0° dan 90° . Nilai rerata inklinasi dan deklinasi pada kawasan penelitian sebesar $0,646568^\circ$ dan $-32,163^\circ$ yang dihitung secara teoritis berdasarkan kalkulator magnet bumi BMKG. Hasil reduksi ke kutub ditampilkan dalam Gambar 5.

Anomali Residual

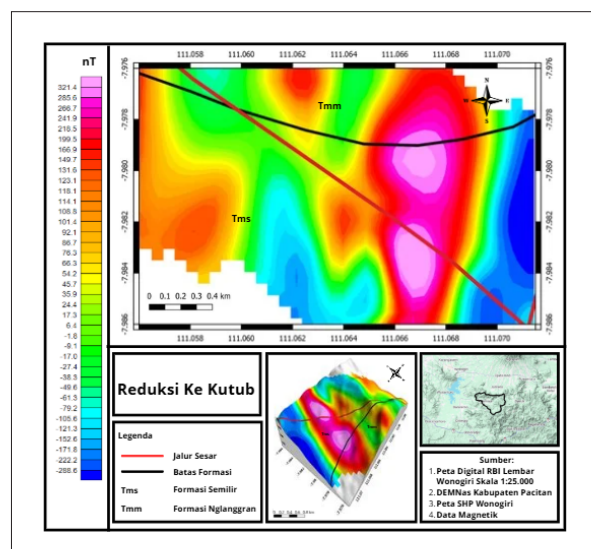
Pemisahan anomali dilakukan untuk memisahkan antara anomali regional dan anomali residual. Proses ini menggunakan *Filter Butterworth* yang terdapat dalam *software Oasis Montaj*. *Filter Butterworth* merupakan fitur yang digunakan untuk memisahkan anomali menjadi anomali residual dan anomali regional.



Gambar 3. Peta Medan Magnet Total Kawasan Penelitian

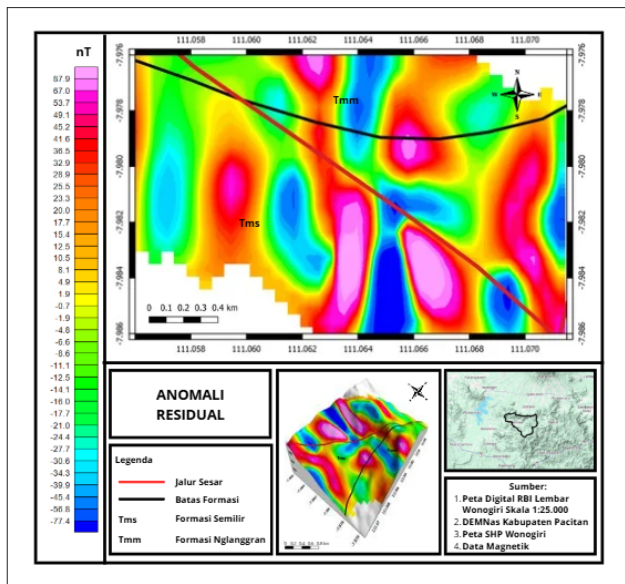


Gambar 4. Peta Anomali Medan Magnet Kawasan Penelitian



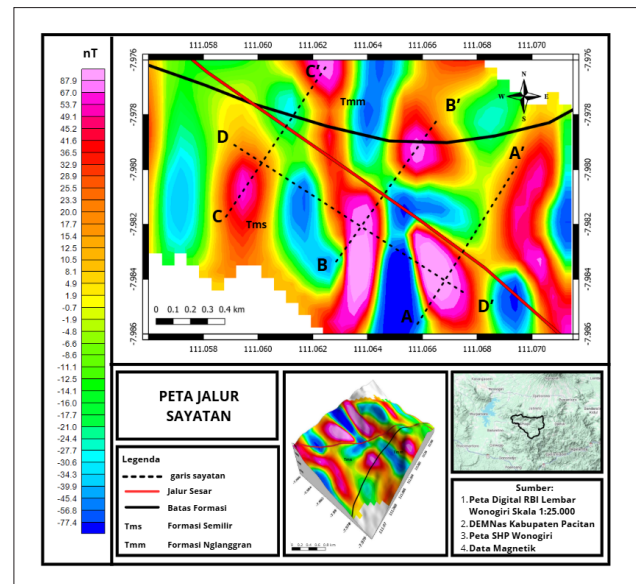
Gambar 5. Reduksi ke Kutub Kawasan Penelitian

Dalam proses ini didapatkan pola kontur anomali residual medan magnet yang bersifat acak dan mencerminkan kondisi bawah permukaan pada kedalaman yang dangkal. Distribusi nilai anomali residual kawasan penelitian berkisar pada -40,1 s.d -10,7 nT yang ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Peta Anomali Residual Kawasan Penelitian

Anomali residual medan magnet mengalami perubahan yang cukup signifikan setelah proses reduksi ke kutub. Berdasarkan pada Gambar 6, menunjukkan adanya klosur tinggi dan rendah yang cukup kontras di area jalur sesar.



Gambar 7. Peta Jalur Sayatan Kawasan Penelitian

Pemodelan 2D

Pemodelan 2D digunakan untuk menganalisis keberadaan jalur sesar dan litologi penyusun bawah permukaan di sepanjang jalur sesar. Sayatan dibuat sebanyak 4 sayatan pada hasil proses anomali residual reduksi ke kutub, pola kelurusan anomali diduga sebagai indikasi keberadaan sesar.

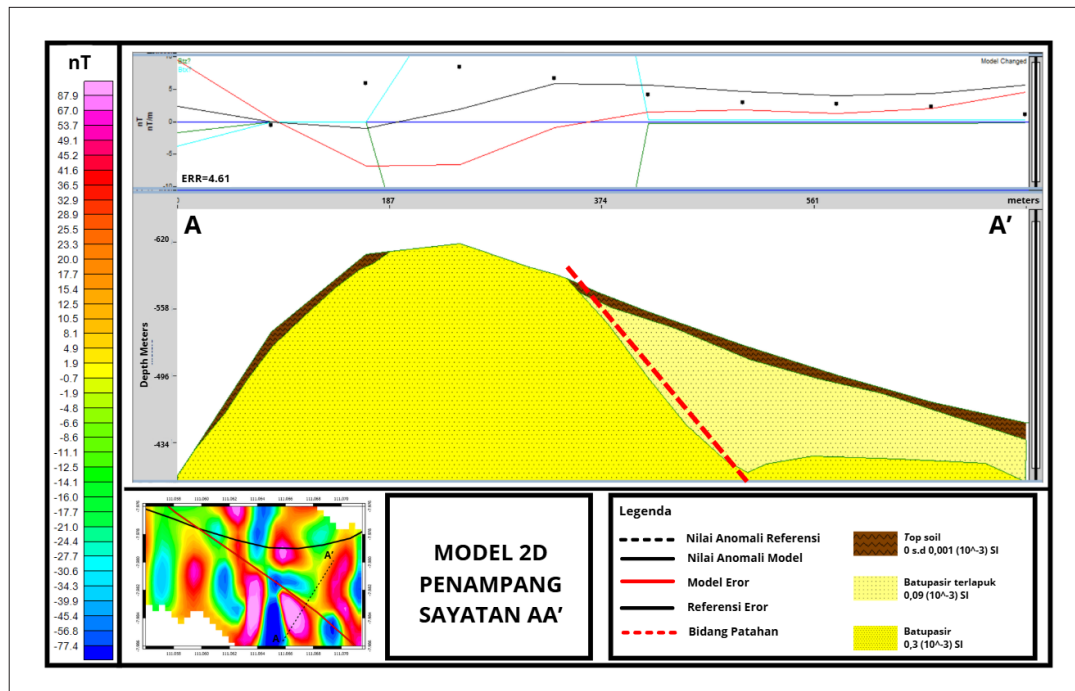
Penampang sayatan AA' yang melewati Formasi Semilir menunjukkan litologi bawah permukaan pada daerah tersebut terdiri atas tiga lapisan tanah atau batuan ditunjukkan pada Gambar 8 dengan *misfit* nilai error sebesar 4,51. Lapisan batuan pertama memiliki nilai suseptibilitas sebesar $0,001 \times 10^{-3}$ di kedalaman 0 s.d 15 m. Berdasarkan nilai suseptibilitas yang diperoleh lapisan ini diinterpretasikan sebagai *top soil* (lapisan tanah permukaan).

Lapisan batuan kedua diperoleh nilai suseptibilitas sebesar $0,09 \times 10^{-3}$ di kedalaman 13 s.d 218 m. Berdasarkan nilai suseptibilitas yang diperoleh lapisan ini diinterpretasikan sebagai batupasir terlapuk, hal ini

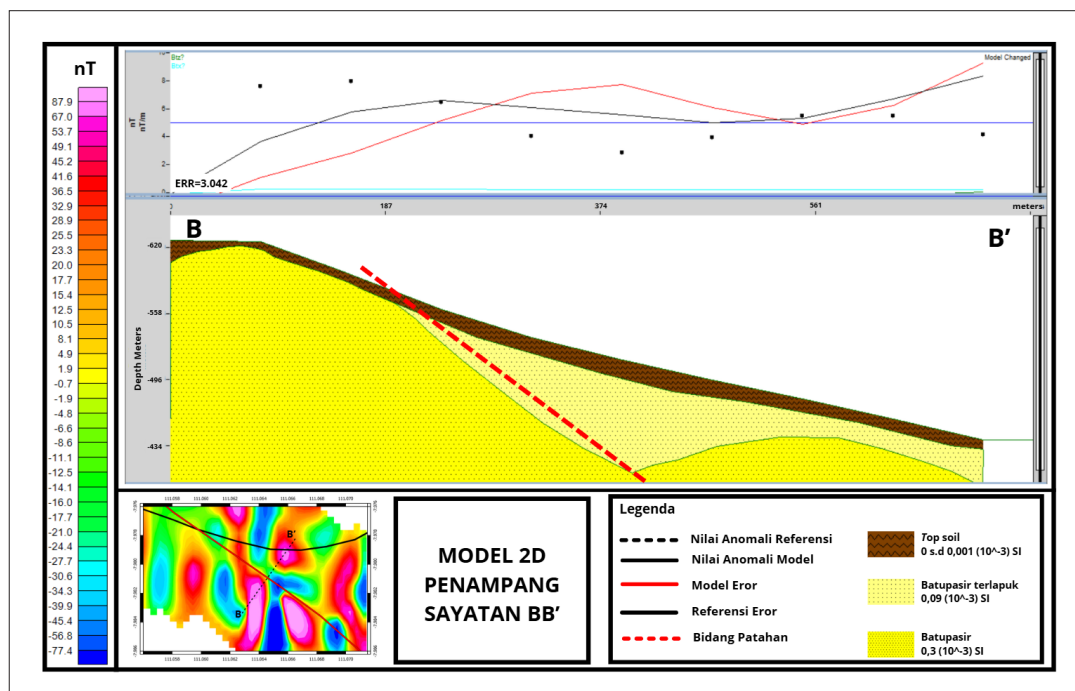
disebabkan oleh nilai suseptibilitas yang dihasilkan masih berada di dalam rentang nilai batupasir namun memiliki nilai yang lebih kecil dibanding dengan rata-rata nilai batupasir.

Lapisan batuan ketiga memiliki nilai suseptibilitas sebesar $0,3 \times 10^{-3}$ di kedalaman 0 s.d 218 m, berdasarkan nilai suseptibilitas yang diperoleh lapisan ini diperkirakan sebagai batupasir. Keberadaan dugaan sesar berdasarkan hasil pemodelan sayatan AA' ditemukan pada jarak ± 501 m dari barat daya ke timur laut sepanjang sayatan AA'.

Penampang sayatan BB' yang melewati Formasi Semilir dan Formasi Nglanggran menunjukkan litologi bawah permukaan pada daerah tersebut terdiri atas tiga lapisan tanah atau batuan ditunjukkan pada Gambar 9 dengan *misfit* nilai error sebesar 3,04. Lapisan batuan pertama memiliki nilai suseptibilitas sebesar $0,001 \times 10^{-3}$ dengan kedalaman 0 s.d 24 m. Berdasarkan nilai suseptibilitas yang diperoleh lapisan ini diperkirakan sebagai *top soil* (lapisan tanah permukaan).



Gambar 8. Model 2D Penampang Sayatan AA'



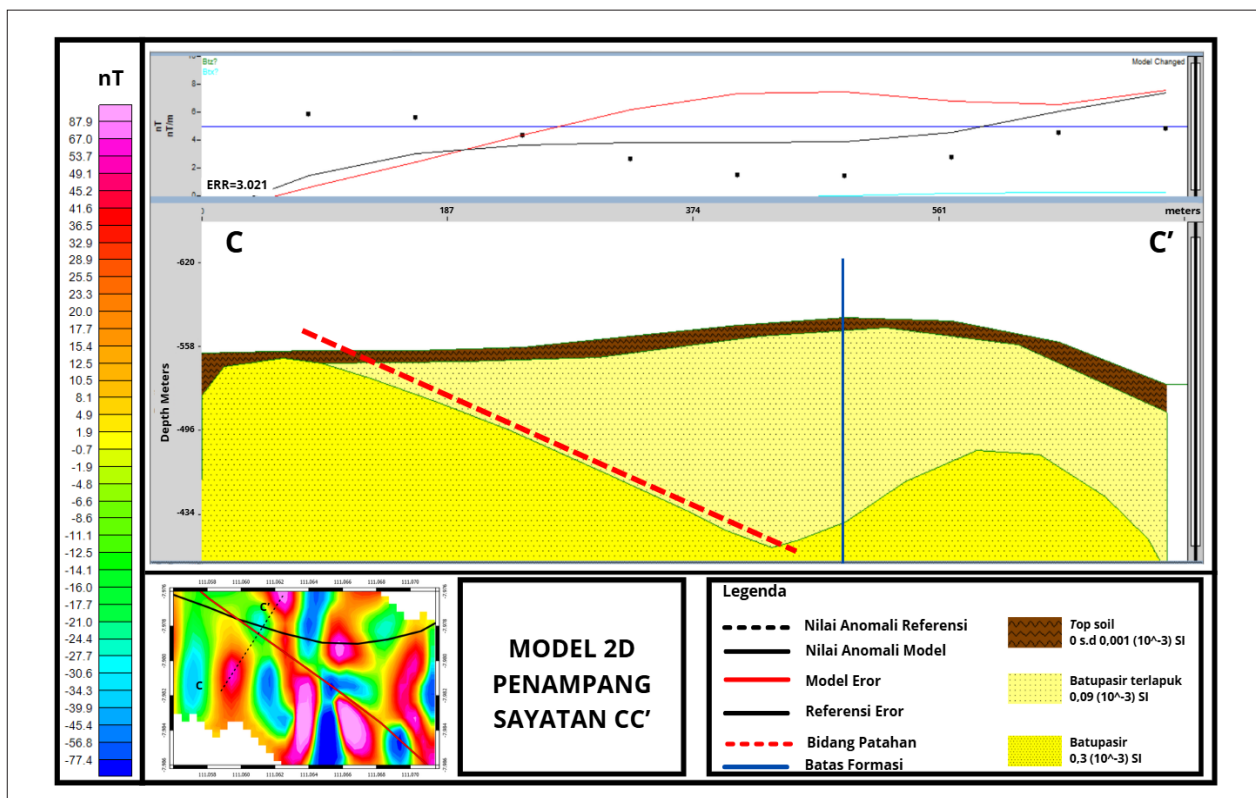
Gambar 9. Model 2D Penampang Sayatan BB'

Lapisan batuan kedua memiliki nilai suseptibilitas $0,09 \times 10^{-3}$ dengan kedalaman 13 s.d 226 m. Berdasarkan nilai suseptibilitas yang diperoleh lapisan ini diperkirakan sebagai batupasir terlapuk. Lapisan batuan ketiga memiliki nilai suseptibilitas $0,3 \times 10^{-3}$ dengan kedalaman 7 s.d 226 m. Berdasarkan nilai suseptibilitas yang diperoleh lapisan ini diperkirakan sebagai batupasir. Keberadaan dugaan sesar berdasarkan hasil pemodelan sayatan BB' ditemukan pada jarak ± 401 m dari barat daya ke timur laut sepanjang sayatan BB'.

Penampang sayatan CC' yang melewati Formasi Semilir dan Formasi Nglanggran menunjukkan litologi bawah permukaan pada daerah tersebut terdiri atas tiga lapisan tanah atau batuan yang ditunjukkan pada Gambar 10 dengan *misfit* nilai error

sebesar 3,02. Lapisan batuan pertama memiliki nilai suseptibilitas $0,001 \times 10^{-3}$ dengan kedalaman 0 s.d 24 m. Berdasarkan nilai suseptibilitas yang diperoleh, lapisan ini diperkirakan sebagai *top soil* (lapisan tanah permukaan).

Lapisan batuan kedua memiliki nilai suseptibilitas $0,03 \times 10^{-3}$ dengan kedalaman 8 s.d 157 m. Berdasarkan nilai suseptibilitas yang diperoleh lapisan ini diperkirakan sebagai batupasir terlapuk. Lapisan batuan ketiga memiliki nilai suseptibilitas $0,3 \times 10^{-3}$ dengan kedalaman 6 s.d 177 m. Berdasarkan nilai suseptibilitas yang diperoleh lapisan ini diperkirakan sebagai batupasir. Keberadaan dugaan sesar berdasarkan hasil pemodelan sayatan CC' ditemukan pada jarak ± 434 m dari barat daya ke timur laut sepanjang sayatan CC'.



Gambar 10. Model 2D Penampang Sayatan CC'

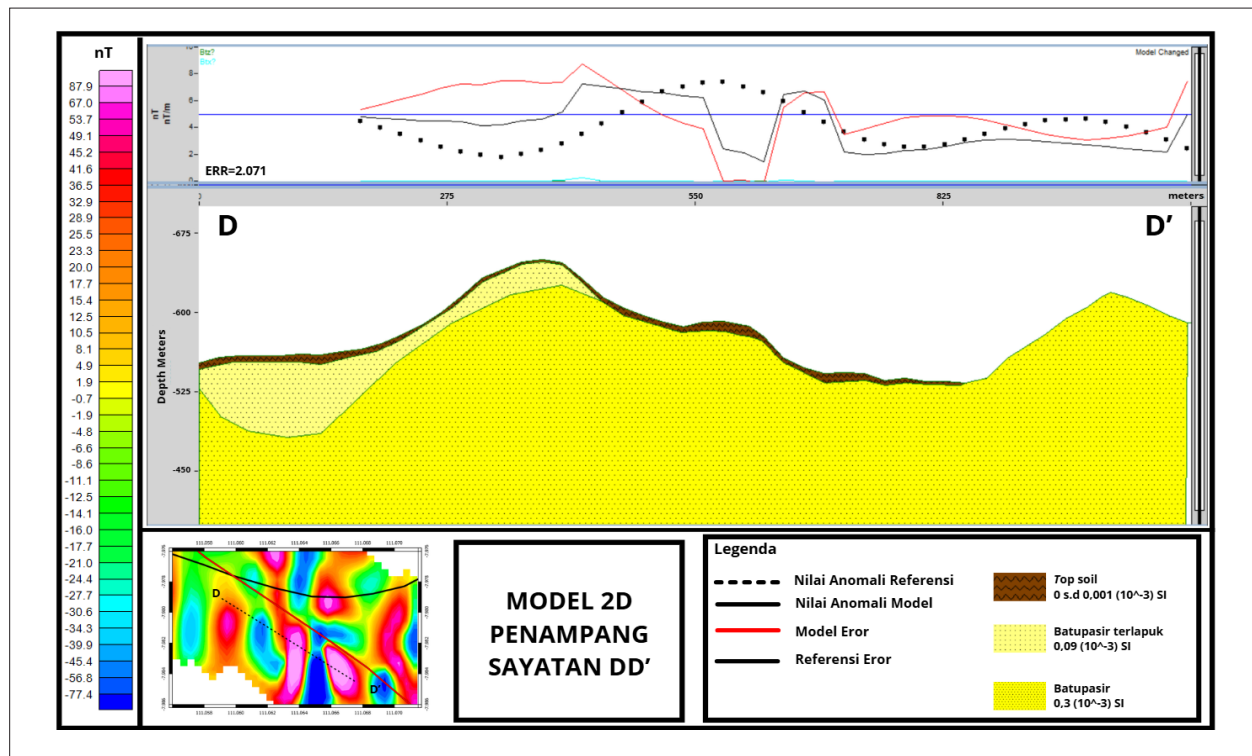
Penampang sayatan DD' yang melewati Formasi Semilir menunjukkan litologi bawah permukaan pada daerah tersebut dominan terdiri atas tiga lapisan tanah

atau batuan yang ditunjukkan pada Gambar 11 dengan *misfit* nilai error sebesar 2,07. Lapisan batuan pertama memiliki nilai suseptibilitas $0,001 \times 10^{-3}$ dengan

kedalaman 0 s.d 9 m. Berdasarkan nilai suseptibilitas yang diperoleh lapisan ini diperkirakan sebagai *top soil* (lapisan tanah permukaan).

Lapisan batuan kedua memiliki nilai suseptibilitas $0,09 \times 10^{-3}$ dengan kedalaman 12 s.d 88 m. Berdasarkan nilai suseptibilitas yang diperoleh lapisan

ini diperkirakan sebagai batupasir terlapuk. Lapisan batuan ketiga memiliki nilai suseptibilitas $0,3 \times 10^{-3}$ dengan kedalaman 126 s.d 219 m. Berdasarkan nilai suseptibilitas yang diperoleh lapisan ini diperkirakan sebagai batupasir. Sayatan ini tidak menemukan adanya dugaan sesar dikarenakan tidak memotong dugaan jalur sesar yang diteliti.



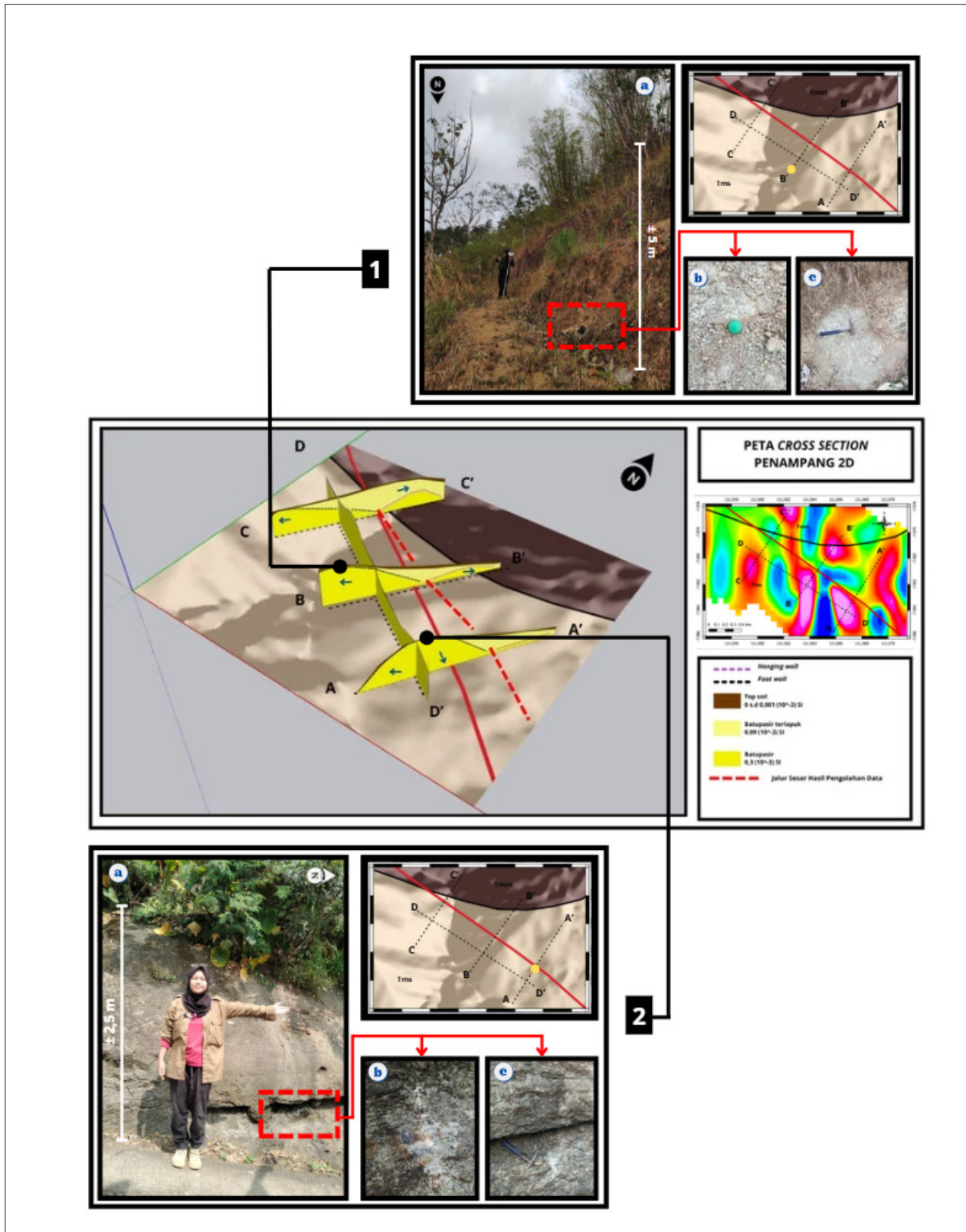
Gambar 11. Model 2D Penampang Sayatan DD'

Nilai suseptibilitas yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa batuan di kawasan penelitian memiliki sifat paramagnetik. Batuan paramagnetik memiliki rentang nilai suseptibilitas antara 10^{-2} hingga 10^{-4} (Hunt dkk., 1995).

Hasil pemodelan 2D yang menghasilkan nilai suseptibilitas batuan didukung dengan singkapan yang ditemui di kawasan penelitian berupa batuan sedimen ditunjukkan pada Gambar 12. Pada sayatan BB' ditemukan keberadaan *top soil* (lapisan tanah

permukaan) yang cukup tebal mendukung hasil pemodelan pada Gambar 12.1. Pada sayatan AA' ditemukan keberadaan batupasir di permukaan yang mendukung hasil pemodelan pada Gambar 12.2.

Dari hasil pemodelan 2D penampang sayatan menunjukkan keberadaan sesar yang terlihat pada batupasir dengan kontras lapisan yang cukup berbeda. Hal ini menjadikan hasil pemodelan 2D untuk diolah lebih lanjut ke visualisasi 3D untuk melihat lebih jelas jenis sesar lokal kawasan penelitian.



Gambar 12. 1. a.) Top soil dengan skala manusia diperkirakan memiliki ketebalan ± 5 m
 b.) Top soil skala koin
 c.) Top soil skala palu.
 2. a.) Batupasir dengan skala manusia diperkirakan memiliki ketebalan $\pm 2,5$ m
 b.) Batupasir skala koin
 c.) Batupasir skala palu

DISKUSI

Visualisasi 3D

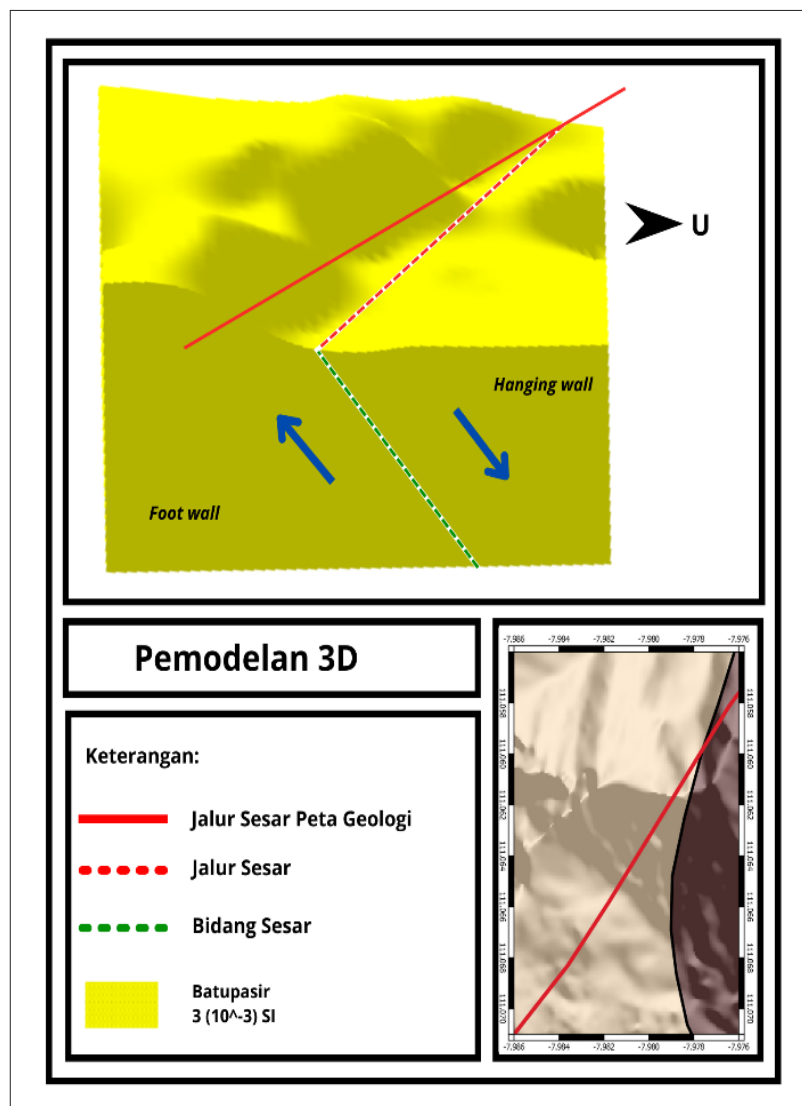
Visualisasi 3D yang dihasilkan pada Gambar 13 menunjukkan adanya sesar turun pada lapisan batupasir. Sesar turun yang dimaksud dibuktikan dengan *hangingwall* yang berada pada batupasir memiliki ketinggian lebih rendah dibandingkan dengan *footwall*-nya. *Hangingwall* yang dimaksud merupakan daerah timur laut sesar yang ditunjukkan dengan anak panah ke bawah berwarna biru, sedangkan *footwall*-nya merupakan daerah barat daya dari sesar yang ditunjukkan dengan anak panah ke bawah berwarna biru.

Dari hasil pengolahan data didapatkan jalur sesar

dengan arah orientasi pada barat laut – tenggara sebesar N 107° S. Hasil pengolahan data berbeda dengan peta geologi yang memiliki arah orientasi sesar pada barat laut – tenggara sebesar N 135 °S.

Validasi Lapangan

Keberadaan sesar berkorelasi dengan kekar, hal ini dikarenakan kekar dan sesar terbentuk sebagai hasil dari tekanan yang terjadi pada batuan. Ketika batuan mengalami tekanan yang tinggi akan cenderung mengalami retakan. Jika tekanan yang terjadi tidak cukup kuat untuk menyebabkan pergeseran yang signifikan, maka akan terbentuk kekar. Namun, jika tekanan terus meningkat maka retakan tersebut dapat berkembang menjadi sesar (Bujung, 2020).



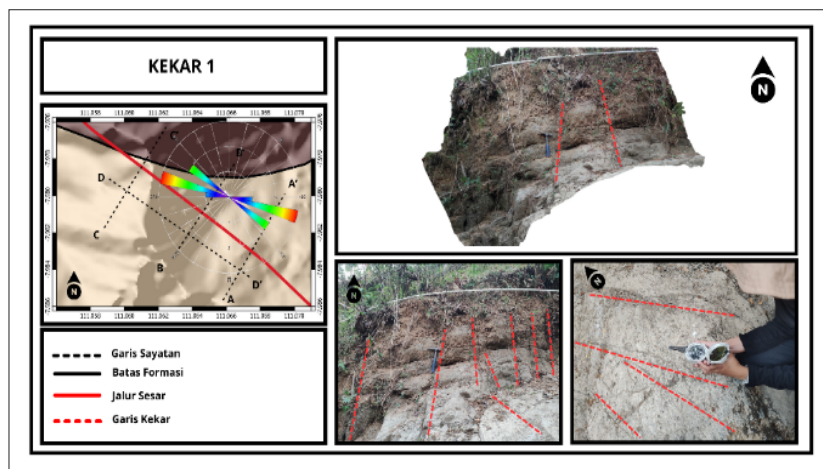
Gambar 13. Sketsa Jalur Sesar Kawasan Penelitian

Keberadaan kekar dapat mendukung keberadaan sesar dengan menganalisis arah orientasi kekar dengan menggunakan rose diagram. Analisis *rose diagram* merupakan sebuah histogram melingkar yang digunakan untuk menampilkan distribusi data dengan komponen arah (Davis, 2002; Ramsay dan Huber, 1983).

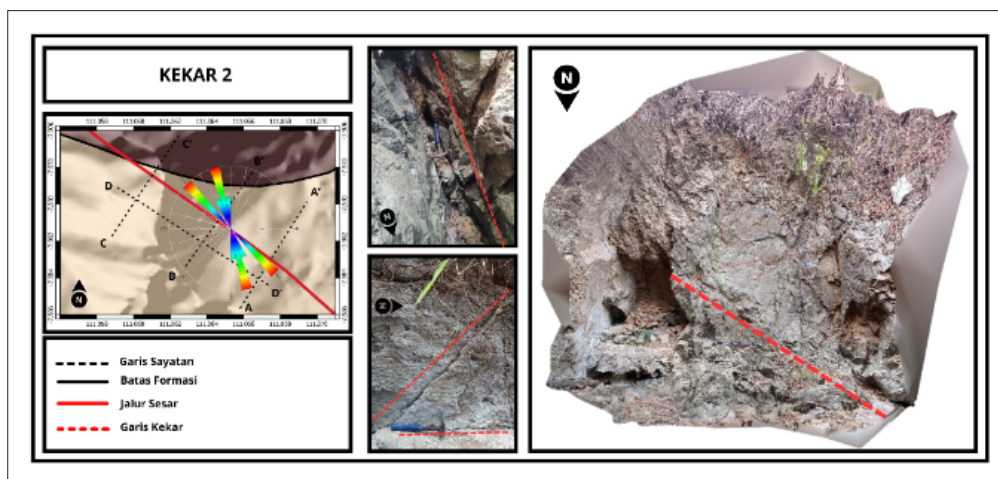
Berdasarkan pengukuran data kekar di lapangan yang diambil dengan menggunakan kompas kemudian dilakukan analisis *rose diagram* untuk mengetahui arah tegasan yang terbentuk pada kawasan penelitian. Hasil analisis *rose diagram* pada singkapan pertama dengan lokasi titik koordinat pada -7,979724,

111,066001 ditunjukkan pada Gambar 14 memiliki arah dominan kekar pada barat laut-tenggara dengan arah N 109° S. Pada singkapan pertama terlihat bahwa arah dominan kekar hampir mendekati sejajar dengan arah jalur sesar.

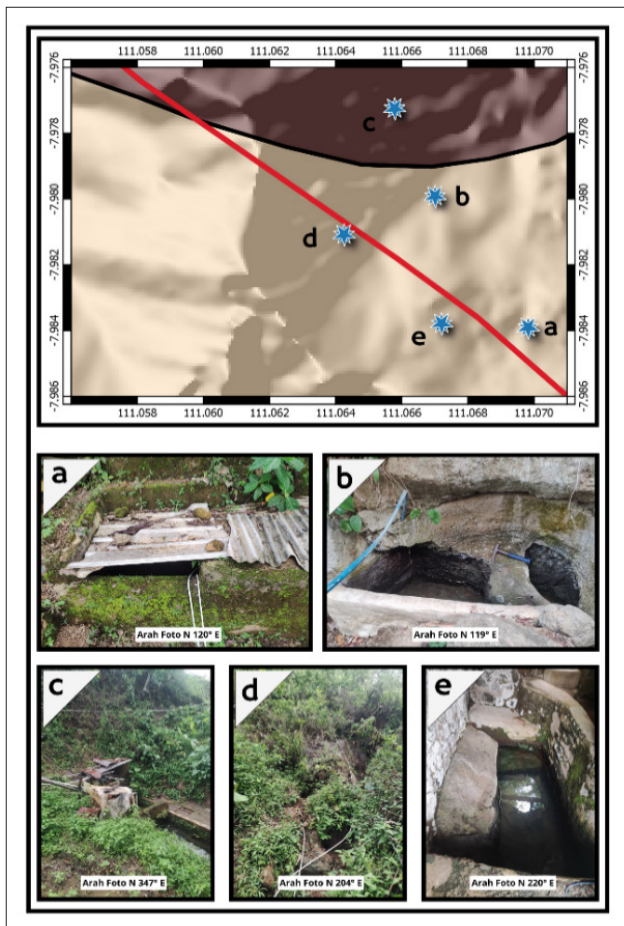
Dari hasil analisis *rose diagram* pada singkapan kedua dengan lokasi titik koordinat pada -7,981282, 111,065550 yang ditunjukkan pada Gambar 15 memiliki arah dominan kekar pada barat laut-tenggara dengan nilai kekar sebesar N 152° S. Pada singkapan pertama terlihat bahwa arah dominan kekar hampir mendekati sejajar dengan arah jalur sesar.



Gambar 14. Pengamatan Kekar pada Singkapan I



Gambar 15. Pengamatan Kekar pada Singkapan II



Gambar 16. Temuan Mata Air di Sekitar Jalur Sesar

Hasil analisis *rose diagram* pada kedua singkapan menunjukkan arah kekar yang relatif sejajar dengan jalur sesar. Arah kekar yang sejajar dengan arah sesar menunjukkan adanya korelasi yang kuat. Hal tersebut dikarenakan sesar dan kekar merupakan hasil dari gaya

tektonik yang sama, yaitu gaya yang menyebabkan batuan retak dan bergeser akibat adanya tekanan (*stress*) yang melebihi kekuatan batuan. Ketika batuan mengalami deformasi akibat tegasan, terbentuklah kekar sebagai mekanisme pelepasan tegangan. Orientasi kekar-kekar ini umumnya mengikuti arah tegasan utama, sehingga secara spasial arahnya cenderung sejajar dengan jalur sesar yang terbentuk pada zona tersebut.

Kemunculan mata air juga ditemukan pada kawasan penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 16. Sesar dan kekar menjadi penyebab utama bagi keluarnya air ke permukaan.

KESIMPULAN

Kawasan penelitian disusun oleh tiga unit litologi, yaitu *top soil*, batupasir terlapuk, dan batupasir. Berdasarkan hasil pemodelan 2D, jalur sesar teridentifikasi pada litologi batupasir yang memiliki nilai suseptibilitas sebesar $0,3 \times 10^{-3}$. Pemodelan tersebut menunjukkan adanya perbedaan orientasi jalur sesar dibandingkan peta geologi terdahulu, dengan arah kelurusan N 107° S. Melalui integrasi visualisasi 3D, analisis arah dominan kekar, serta validasi lapangan, ditemukan bahwa sesar di Dusun Bengele merupakan sesar turun dengan blok bagian barat daya relatif lebih tinggi dibandingkan sisi timur laut. Proses pembentukan struktur ini dipicu oleh aktivitas tektonik yang menyebabkan pergeseran lapisan batuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Blakely, R. J. 1995. "Potential Theory in Gravity and Magnetic Application". New York: Cambridge University Press.
- Bujung, C. A. N. 2020. "Studi Densitas Lineament Dan Pola Aliran Permukaan Daerah Manifestasi Geotermal Di Sekitar Danau Tondano". Jurnal Fista: Fisika dan Terapannya, 01(01).
- Bustari, A. B., Andi., Wibowo, B. N., dan Niyartama, T. F. 2024. "Lithological Interpretation of Landslide Zone of Arjuna Road Kalongan Village East Ungaran Use Geomagnetic Method". Positron: Berkala Ilmiah Fisika, 14(02), 151-162.
- Davis, J. C. 2002. "Statistics and Data Analysis in Geology". 3rd ed. Wiley.
- Dearing, J. 1999. "Environmental Magnetic Susceptibility, Using the Bartington MS2 System." British Library Cataloguing in Publication data, 36-41.

- Hinze, W. J., Von Frese, R. R. B., dan Saad, A. H. 2013. "Gravity and Magnetic Exploration: Principles, Practices, and Applications." Cambridge University Press.
- Hunt, C. P., Moskowitz, B. M., dan Banarjee, S. K. 1995. "Magnetic Properties of Rocks and Minerals in Rock Physics and Phase Relations." Handbook of Physical Constants, AGU Reference Shelf 3.
- Maftuhah, M. 2018. *Interpretasi Anomali Magnetik untuk Mengetahui Keberadaan Mineral Sulfida di Sektor Taan, Mamuju, Sulawesi Barat*. Tugas Akhir, Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Maulidah, H., Realita, A., dan Prastowo, T. 2022. "Identifikasi Sesar Grindulu dengan Memanfaatkan Metode Gravitasi." Jurnal Inovasi Fisika Indonesia (IFI), 11(02).
- McGeary, D., Carlson, D., dan Plummer, C. 2008. "Physical Geology Earth Revealed seventh edition." The McGraw Hill-Companies.
- Muhajirin., Ismail, N., dan Bukhari. 2020. "Perhitungan Anomali Residual dan Regional Data Metode Gravitasi Dengan Filter Polinomial Menggunakan Microsoft Excel." Journal of Aceh Physics Society, 09(02), 37-41.
- Purwaningsih, R., Khumaedi, dan Susanto, H. 2015. "Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Sesar Kali Kreo Berdasarkan Data Magnetik." Jurnal Fisika UNNES, 04(01), 9-16.
- Ramsay, J. G., dan Huber, M. I. 1983. "The Techniques Of Modern Structural Geology: Volume 1 - Strain Analysis." Academic Press.
- Reynolds, J. M. 2011. "An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, 2nd Edition." Wiley-Blackwell.
- Safiuddin, L. O., Haris, V., Wirman, R.P., dan Bijaksana, S. 2011. "A Preliminary Study of the Magnetic Properties of Laterite Soils as Indicators of Pedogenic Processes." Latinmag Letters, 01(01).
- Sampurno dan Samodra, H. 1997. *Peta Geologi Lembar Ponorogo, Jawa., skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Simanjuntak, A. V. H., dan Jihad, A. 2017. "Perbandingan setiap kontur Transformasi Pada Anomali Magnetik Untuk Identifikasi Sesar Studi Kasus: Sesar Toru Pada Great Sumatra Fault." Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat, 14(02), 78-84.
- Sirait, R. 2021. "Analisis Anomali Magnetik dalam Penentuan Struktur Geologi dan Litologi Bawah Permukaan sebagai Manifestasi Panas Bumi di Panyabungan Selatan Sumatera Utara." Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat, 18(02), 83-92.
- Susanto, R. A., Seha, dan Irayani, Z. 2017. "Interpretasi Data Anomali Medan Magnetik Untuk Mengidentifikasi Peninggalan Kadipaten Pasir Luhur Desa Tamansari Karanglewas." Jurnal Pendidikan Fisika Universitas Muhammadiyah Metro, 05(01), 33 – 45.
- Telford, W. M., Geldart L. P., dan Sheriff, R. E. 1990. "Applied Geophysics 2nd." New York: Cambridge University Press.
- Williams, C. F. 2004. "Heat Flow in the SAFOD Pilot Hole and Implications for *The Strength of the San Andreas Fault*." Geophysical Research Letters, 31.