

Fault Identification Based on Tulungagung Magnetic Anomaly Map

(Identifikasi Keberadaan Sesar Berdasarkan Peta Anomali Magnetik Lembar Tulungagung)

Nur Laily Kurniawati, Muhardi^{*}, Radhitya Perdhana

Program Studi Geofisika, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawani, Kota Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia

ABSTRACT

Tulungagung and Trenggalek are two regencies located south of Java Island with quite complex geological conditions because they are located in the Southern Mountains area. This study aims to identify the presence of faults based on the magnetic anomaly value of the Tulungagung sheet. The presence of faults at the research site were determined based on three lines on the regional magnetic anomaly using First Horizontal Derivative (FHD) and Second Vertical Derivative (SVD) derivative analyses. The results show that the regional magnetic anomaly is -210.7 nT to 113.2 nT. Line A-A' identified two fault locations at a distance of 15 km and 27 km from the line's starting point. Line B-B' identified three fault locations at a distance of 4 km, 27 km, and 45 km from the line's starting point. Line C-C' identified three fault locations at 10 km, 22 km, and 42 km from the line's starting point. The interpretation results also obtained subsurface lithology in the Alluvium Formation, Arjosari-Mandalika Formation, Wungkal Limestone Formation, and Malihan Rock Formation.

Tulungagung dan Trenggalek merupakan dua kabupaten yang berada di selatan Pulau Jawa dengan kondisi geologi yang cukup kompleks, karena berada di daerah Pegunungan Selatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi keberadaan sesar berdasarkan nilai anomali magnetik lembar Tulungagung. Keberadaan sesar di lokasi penelitian diidentifikasi berdasarkan tiga lintasan pada anomali magnetik regional menggunakan analisis derivative *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa anomali magnetik regional mempunyai nilai $-210,7$ nT hingga $113,2$ nT. Lintasan A-A' teridentifikasi dua lokasi sesar pada jarak 15 km dan 27 km dari titik awal lintasan. Lintasan B-B' teridentifikasi tiga lokasi sesar, yaitu pada jarak 4 km, 27 km, dan 45 km dari titik awal lintasan. Lintasan C-C' teridentifikasi tiga lokasi sesar, yaitu pada jarak 10 km, 22 km, dan 42 km dari titik awal lintasan. Hasil interpretasi juga diperoleh litologi bawah permukaan berupa Formasi Alluvium, Formasi Arjosari-Mandalika, Formasi Gamping Wungkal dan Formasi Batuan Malihan.

Keywords: Fault, first horizontal derivative, magnetic anomaly, second vertical derivative.

^{*}Corresponding author:

Muhardi

E-mail: muhardi@physics.untan.co.id

PENDAHULUAN

Aktivitas seismik di Indonesia tergolong tinggi karena terletak di cincin api pasifik dan juga berada di pertemuan empat tektonik lempeng, yaitu Indo-Australia, Eurasia, Filipina, dan Pasifik. Batas konvergen lempeng tektonik membentuk zona subduksi yang dapat menghasilkan gempa bumi besar di masa depan [1]. Di wilayah pertemuan lempeng atau zona subduksi, terjadi penumpukan energi tekanan akibat pergeseran kedua lempeng tektonik yang melebihi batas elastisitas. Hal ini menyebabkan terbentuknya bidang patahan pada lempeng tektonik tersebut. Gempa bumi kemudian akan terjadi pada saat energi yang terakumulasi dilepaskan [2]. Batas dua lempeng tektonik antara lempeng Indo-Australia dan

lempeng Eurasia terdapat di sepanjang pulau Sumatra, Jawa, hingga Nusa Tenggara [3].

Daerah penelitian yang mencakup Kabupaten Tulungagung dan Kabupaten Trenggalek adalah wilayah yang terletak di selatan Pulau Jawa. Wilayah ini juga berbatasan dengan Samudera Hindia yang merupakan perairan terbuka (*open sea*), dan masuk ke dalam zona subduksi [4]. Tulungagung dan Trenggalek juga merupakan kabupaten yang berada di pegunungan selatan. Wilayah ini terletak di bagian selatan Jawa Tengah, membentang mulai dari bagian tenggara Yogyakarta, hingga sepanjang pantai bagian selatan Jawa Timur [5]. Sebagian wilayah Tulungagung dan Trenggalek dilewati oleh sesar-sesar aktif dan tidak menutup kemungkinan bahwa di wilayah

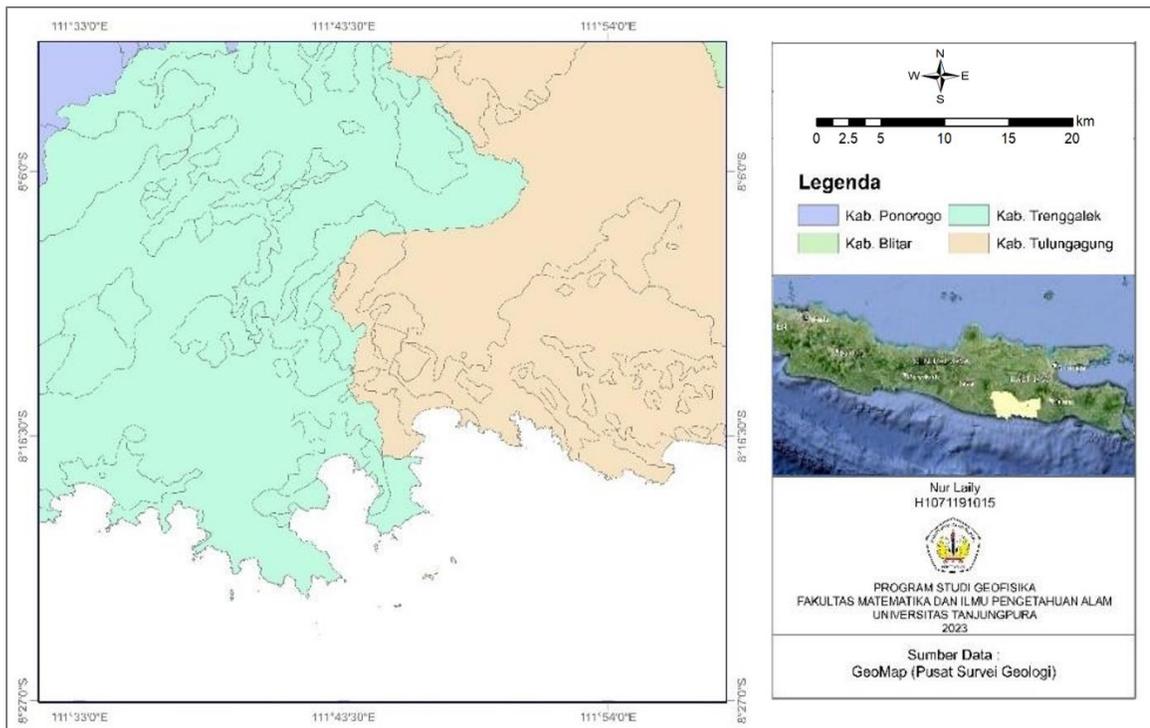
tersebut juga terdapat sesar-sesar yang belum diketahui keberadaannya [6].

Metode magnetik memiliki keunggulan dalam berbagai aspek, termasuk cakupan area yang luas, responsif terhadap suseptibilitas, serta pemodelan yang berhubungan dengan jarak dan kedalaman. Pengolahan data dilakukan dengan detail dan sensitif terhadap perubahan medan magnet terhadap kedalaman, sehingga dapat digunakan untuk survei pendahuluan dalam identifikasi struktur di bawah permukaan [7]. Kelebihan lain yang dimiliki oleh metode magnetik adalah dapat menunjukkan tingkat sensitivitas yang tinggi terhadap lapisan batuan secara vertikal. Metode ini juga sering digunakan untuk mengidentifikasi intrusi batuan, kedalaman batuan dasar, keberadaan mineral-mineral feromagnetik pada

urat hidrotermal, dan struktur geologi [8] [9]. Selain itu, penggunaan metode magnetik dianggap relatif lebih sederhana, mudah, dan cepat jika dibandingkan dengan metode geofisika lainnya [10].

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini menggunakan data berupa anomali magnetik yang diambil secara langsung oleh Pusat Survei Geologi (PSG) Bandung pada tahun 1992. Pengambilan data dilakukan di lokasi penelitian yang berada di Kabupaten Tulungagung dan Kabupaten Trenggalek, Provinsi Jawa Timur atau tepatnya pada lembar Tulungagung skala 1:100.000 dengan koordinat $8^{\circ}00' - 8^{\circ} 30'LS$ dan $111^{\circ}30' - 112^{\circ}00'BT$.



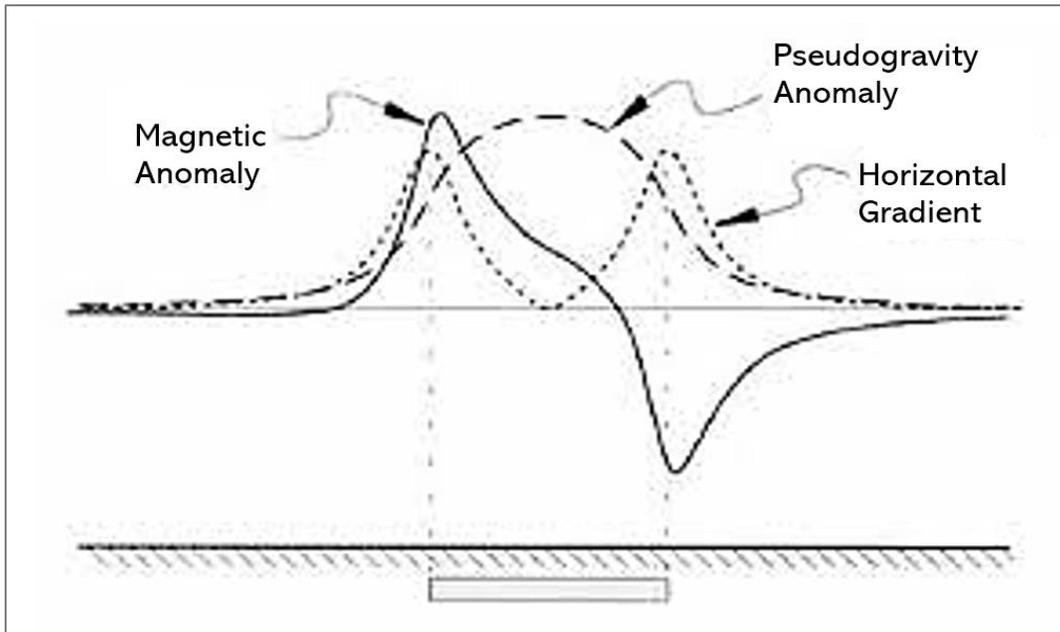
Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Data diperoleh dari 1.425 titik pengukuran dan telah dilakukan beberapa koreksi untuk mendapatkan data anomali magnetik total. Data ini dilakukan reduksi ke kutub untuk menghilangkan efek dari sudut inklinasi dan deklinasi magnetik bumi. Anomali magnetik hasil reduksi ke kutub merupakan anomali yang dihasilkan dari penggabungan anomali regional dan residual, sehingga kedua anomali perlu dipisahkan

dengan dilakukan tahap kontinuitas ke atas (*upward continuation*). Tahap ini dilakukan dengan transformasi data medan potensial yang diukur pada permukaan menjadi data yang seakan-akan diukur pada posisi yang lebih tinggi. Penggunaan tahap ini untuk mengubah medan potensial yang terukur pada suatu permukaan, sehingga medan potensial di lokasi lain tepat berada di atas permukaan.

Tujuan utama dari metode ini adalah untuk mempertegas anomali yang dihasilkan oleh sumber yang lebih dangkal dengan menghilangkan anomali yang disebabkan oleh sumber yang lebih dalam. Hasil dari penerapan metode ini adalah anomali regional [11]. Setelah pemisahan anomali dan mendapatkan anomali magnetik regional, kemudian dilakukan analisis *First Horizontal Derivative* (FHD) dan *Second Vertical Derivative* (SVD). Proses ini bertujuan untuk memperjelas batas struktur pada anomali magnetik regional yang dapat diinterpretasikan sebagai lokasi sesar.

Analisis FHD umumnya menunjukkan ciri-ciri yang tajam, seperti nilai maksimum atau minimum pada wilayah yang memuat struktur geologi. Oleh karena itu, metode FHD dapat digunakan untuk mengidentifikasi lokasi batas kontras densitas horizontal akibat gaya berat, dan hal ini juga berlaku untuk batas kontras suseptibilitas horizontal dari data magnetik [12]. FHD cenderung menunjukkan nilai maksimal di sepanjang batas atau tepi dari benda di bawah permukaan, ilustrasi respons FHD dari profil magnetik dapat ditemukan pada Gambar 2.



Gambar 2. Respon *First Horizontal Derivative* dari profile magnetik

Turunan horizontal data medan potensial dapat langsung dihitung karena umumnya data diukur pada titik tertentu yang keberadaannya menyebar secara horizontal (x dan y). Adapun turunan horizontal orde pertama dalam arah x dan y dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan (1) [13].

$$FHD = \left(\left(\frac{\partial(\Delta H)}{\partial x} \right)^2 + \left(\frac{\partial(\Delta H)}{\partial y} \right)^2 \right)^{1/2} \dots\dots\dots(1)$$

Analisis SVD digunakan untuk memunculkan pengaruh dari sumber yang dangkal (aspek regional) dan untuk mengidentifikasi batas-batas struktur geologi. Analisis ini mampu merepresentasikan anomali residual yang terkait dengan struktur dangkal, yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi adanya

sesar. Metode ini sangat efektif dalam mendeteksi diskontinuitas dari suatu struktur bawah permukaan, terutama keberadaan sesar dalam wilayah survei [14]. Dengan demikian, filter ini mampu menemukan anomali residual yang mungkin tidak dapat dipisahkan dengan baik menggunakan metode pemisahan regional dan residual yang ada [9]. Secara teoritis, metode ini berasal dari formulasi persamaan Laplace yang disajikan pada Persamaan (2) dan Persamaan (3) [15].

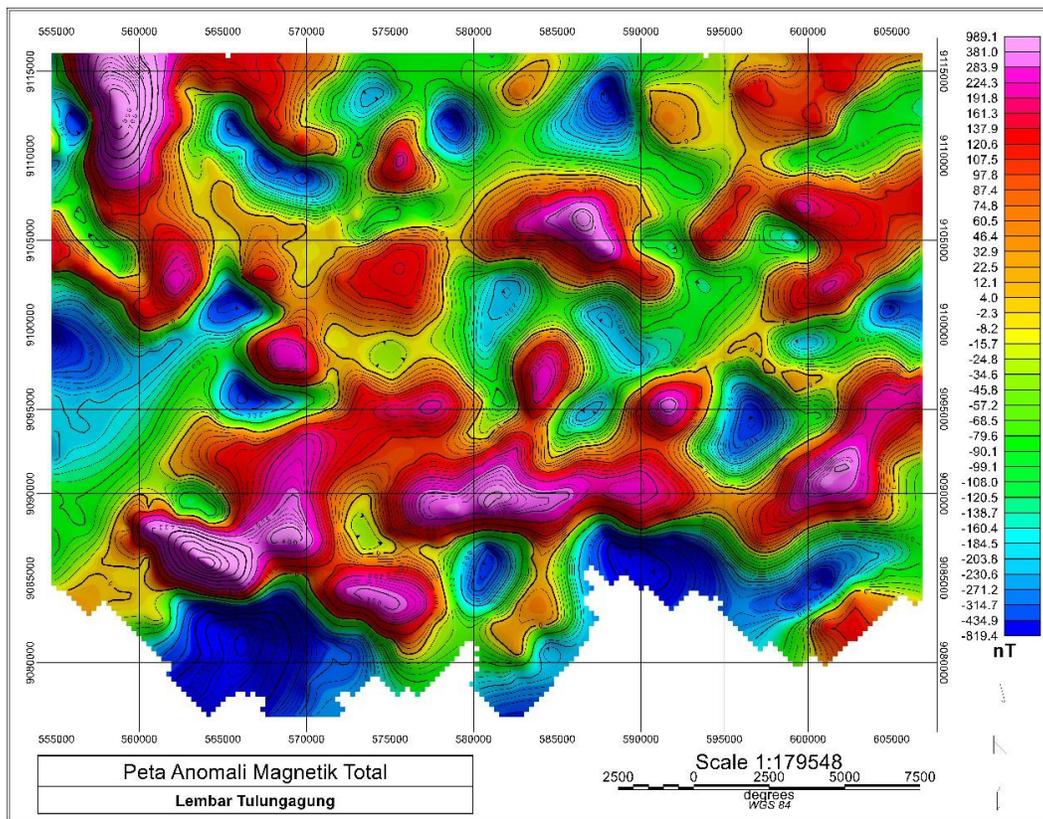
$$\frac{\partial^2(\Delta H)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2(\Delta H)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2(\Delta H)}{\partial z^2} = 0 \dots\dots\dots(2)$$

$$\frac{\partial^2(\Delta H)}{\partial z^2} = - \left(\frac{\partial^2(\Delta H)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2(\Delta H)}{\partial y^2} \right) \dots\dots\dots(3)$$

Analisis struktur geologi di bawah permukaan dapat menghasilkan hasil yang bervariasi. Analisis FHD dan SVD digunakan untuk membantu dalam identifikasi struktur geologi tersebut. Anomali magnetik dari FHD dapat menunjukkan batas struktur geologi. Turunan horizontal pertama cenderung menampilkan karakteristik yang tajam, berupa nilai maksimum atau minimum. Analisis SVD diterapkan untuk mengungkapkan pengaruh dangkal dari aspek regional, yang berguna untuk mendeteksi anomali yang berasal dari struktur tersebut [16],[14]. Struktur geologi akan menghasilkan anomali yang menunjukkan nilai mutlak maksimum dan nilai mutlak minimum, dan dibatasi oleh nilai atau mendekati nol [17].

HASIL DAN PEMBAHASAN

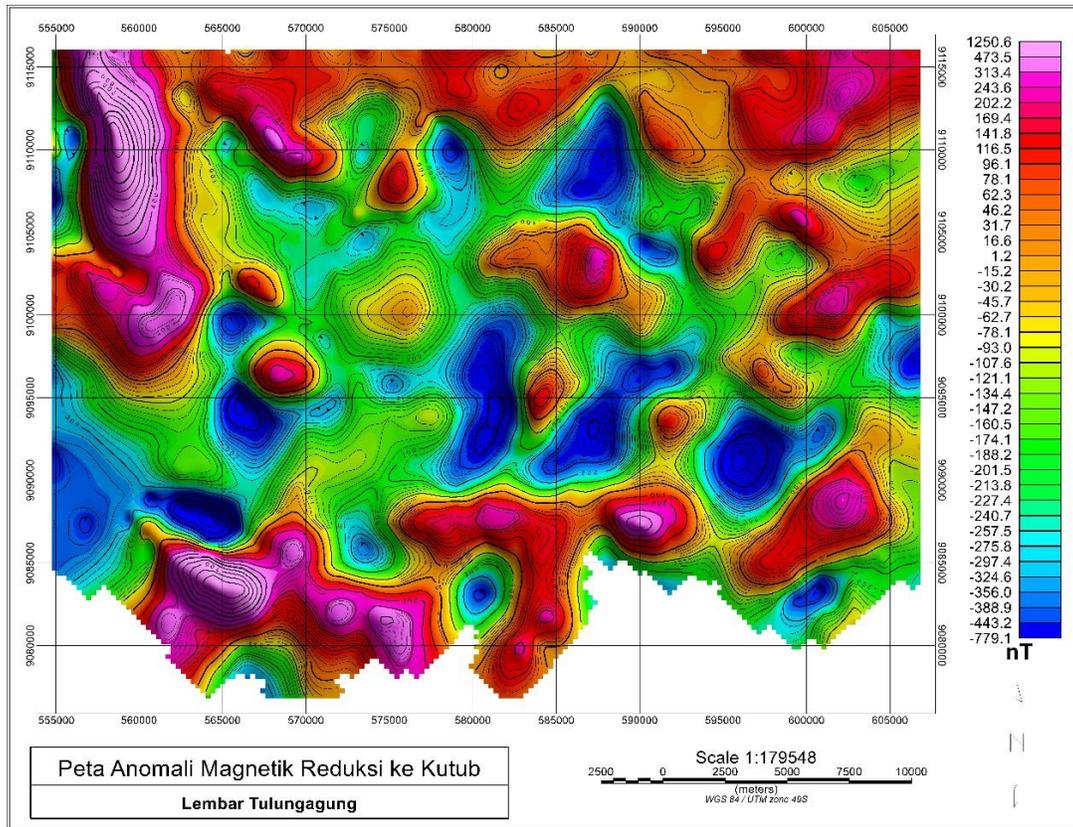
Pola anomali magnetik total dapat digunakan sebagai perkiraan awal mengenai jenis batuan penyusun bawah permukaan, seperti yang disajikan pada Gambar 3. Anomali magnetik total pada daerah lembar Tulungagung memiliki nilai -819,4 nT hingga 969,1 nT. Sebaran pola anomali magnetik rendah dengan warna biru tua hingga biru muda dengan nilai -819,4 nT hingga -160,4 nT. Pola anomali magnetik sedang dengan warna hijau hingga kuning tua memiliki nilai -138,7 nT hingga -2,3 nT, dan pola anomali magnetik tinggi dengan warna jingga hingga merah muda memiliki nilai 4,0 nT hingga 989,1 nT.



Gambar 3. Peta anomali magnetik total

Anomali magnetik tinggi dipengaruhi oleh keberadaan batuan dengan komposisi mineral feromagnetik yang berasal dari Formasi Mandalika, Batuan Gunungapi Wilis, dan Batuan Terobosan. Pola anomali magnetik sedang diduga dipengaruhi oleh keberadaan batuan sedimen yang berasal dari Formasi Wonosari, Formasi Nampol, Formasi Wuni, Formasi

Jaten, Formasi Campurdarat, dan Formasi Arjosari. Pola anomali magnetik rendah diduga dipengaruhi oleh lapisan Alluvium. Nilai anomali magnetik yang bervariasi juga dapat disebabkan oleh faktor geologi lain seperti adanya keberadaan patahan atau lipatan pada lokasi penelitian.

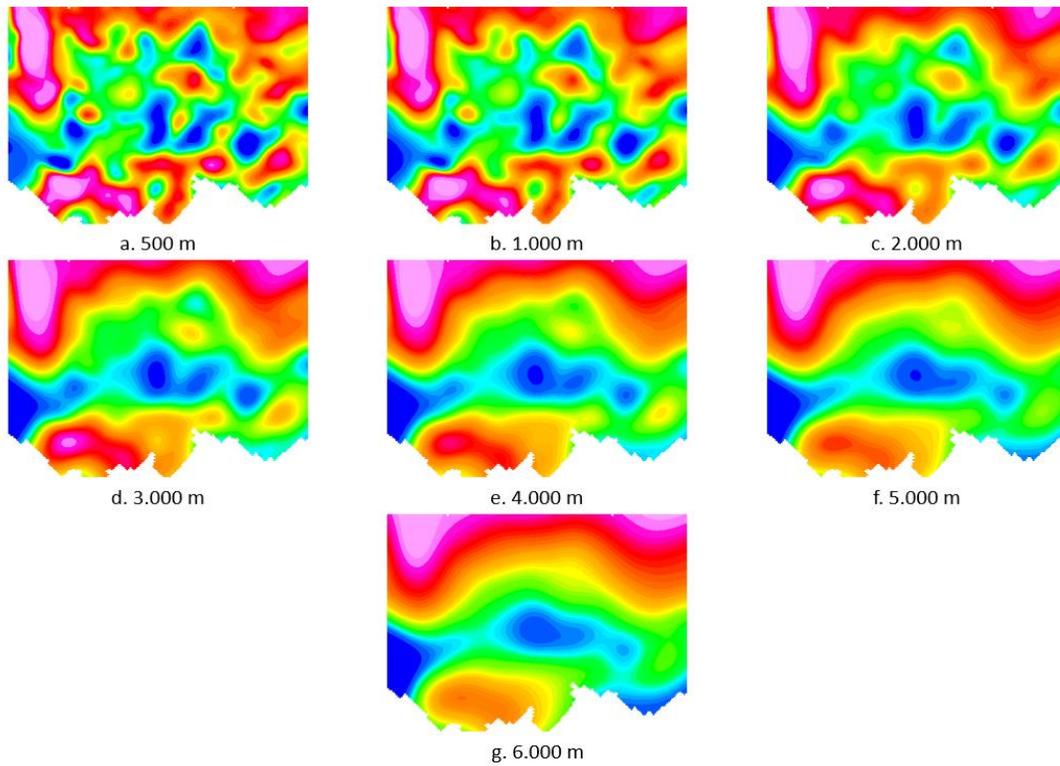


Gambar 4. Peta anomali magnetik total hasil reduksi ke kutub

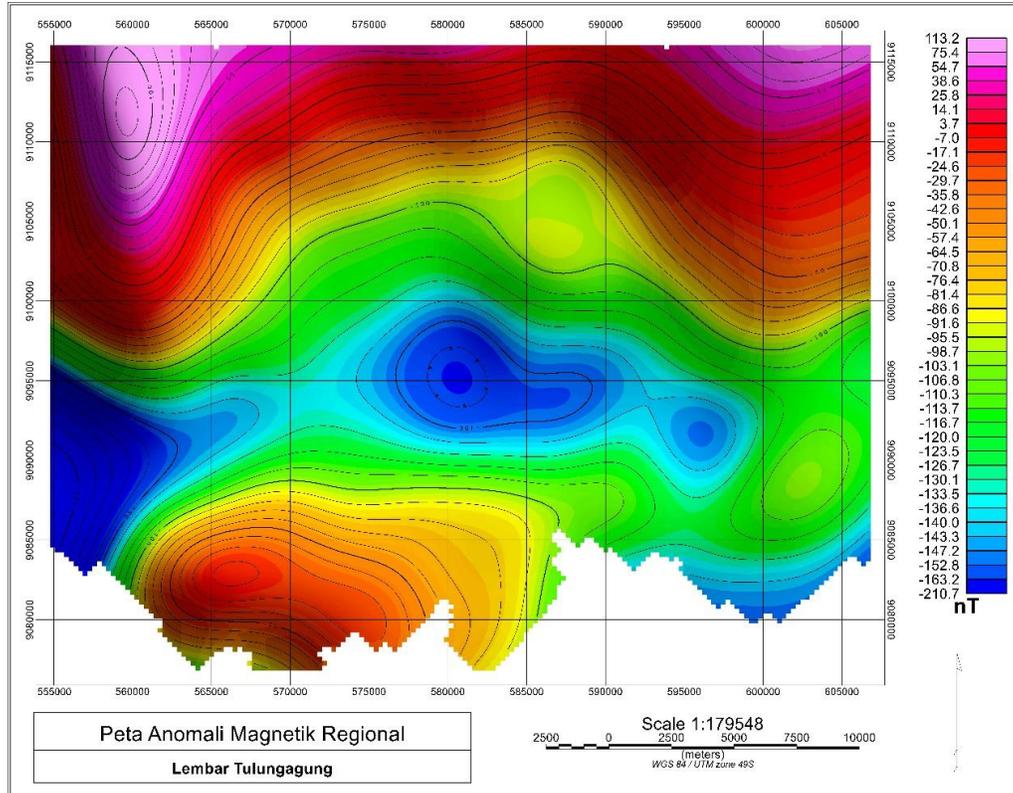
Pola anomali magnetik menunjukkan peningkatan nilai anomali sebelum dilakukan transformasi reduksi ke kutub yaitu dengan nilai $-779,1$ nT hingga $1250,6$ nT, seperti pada Gambar 4. Pola sebaran anomali magnetik setelah dilakukan reduksi ke kutub mengalami perubahan menjadi lebih terpolanya jika dibandingkan dengan anomali magnetik total. Anomali magnetik rendah cenderung terkonsentrasi di tengah lokasi penelitian, sedangkan anomali magnetik tinggi cenderung terkonsentrasi di bagian barat laut-timur laut dan barat daya-tenggara. Hal ini disebabkan karena pengaruh nilai inklinasi $-35,509^\circ$ dan deklinasi $0,759^\circ$ direduksi menjadi bernilai inklinasi 90° dan

deklinasi 0° . Perubahan nilai inklinasi dan nilai deklinasi tersebut dapat mengakibatkan sebaran anomali magnetik menjadi maksimal karena berada tepat di atas batuan penyebab anomali, sehingga lebih memudahkan dalam proses interpretasi selanjutnya.

Gambar 5 menunjukkan proses kontinuitas ke atas terhadap anomali magnetik total hasil reduksi ke kutub dengan dimulai dari ketinggian 500 m hingga 6.000 m. Anomali pada ketinggian 5.000 m hingga ketinggian 6.000 m tidak lagi menunjukkan perubahan signifikan sehingga anomali magnetik regional terlihat setelah dilakukan kontinuitas ke atas dengan ketinggian 5.000 m.



Gambar 5. Hasil kontinuasi ke atas berdasarkan variasi ketinggian

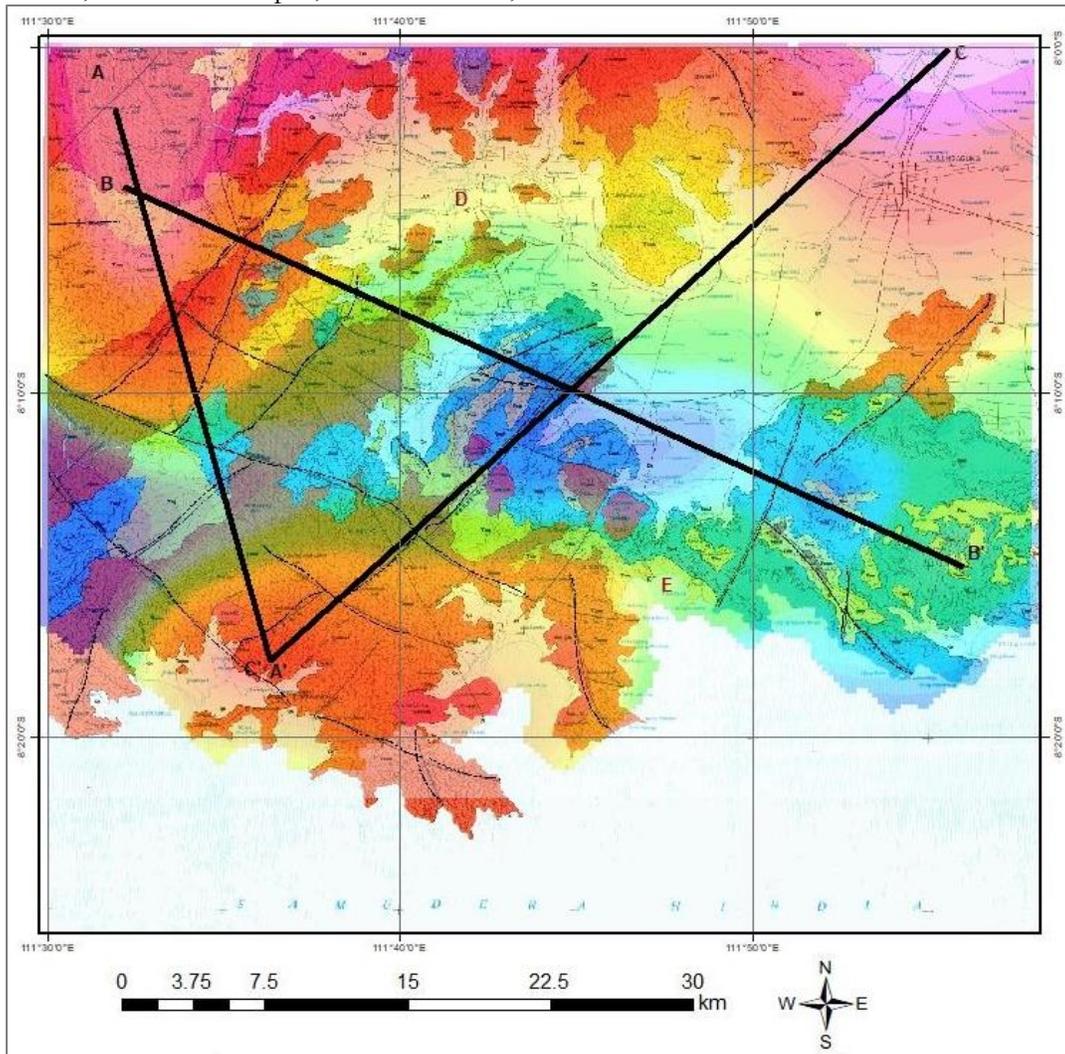


Gambar 6. Peta anomali magnetik regional

Anomali magnetik regional identik dengan tingkat kerapatan garis kontur anomali yang rendah. Anomali magnetik regional merupakan anomali magnetik yang terbentuk akibat respon dari batuan di bawah permukaan yang lebih dalam. Sebaran anomali magnetik regional pada daerah penelitian hasil dari proses kontinuitas ke atas ditunjukkan pada Gambar 6, memiliki nilai $-210,7$ nT hingga $113,2$ nT. Nilai anomali magnetik tinggi tersebar pada bagian utara diduga dipengaruhi oleh keberadaan batuan yang memiliki komposisi mineral ferromagnetik tinggi yang berasal dari Formasi Mandalika, Batuan Gunungapi Wilis, dan Batuan Terobosan. Nilai anomali magnetik sedang tersebar pada bagian selatan diduga dipengaruhi oleh keberadaan batuan sedimen dari Formasi Wonosari, Formasi Nampol, Formasi Wuni,

Formasi Jaten, Formasi Campurdarat dan Formasi Arjosari. Nilai anomali magnetik rendah tersebar pada bagian barat hingga timur diduga dipengaruhi oleh lapisan Alluvium.

Pemodelan 2D dalam penelitian ini menggunakan fitur GM-SYS pada software Oasis Montaj. Pada pembuatan model, jumlah titik observasi, nilai anomali magnetik, nilai inklinasi dan nilai deklinasi menjadi data yang diperlukan untuk dimasukkan ke dalam fitur GM-SYS. Jumlah titik observasi dan nilai anomali magnetik diperoleh dari hasil sayatan pada peta anomali magnetik regional, sedangkan nilai inklinasi menggunakan sudut 90° dan nilai deklinasi menggunakan sudut 0° karena sudah dilakukan reduksi ke kutub pada proses sebelumnya.

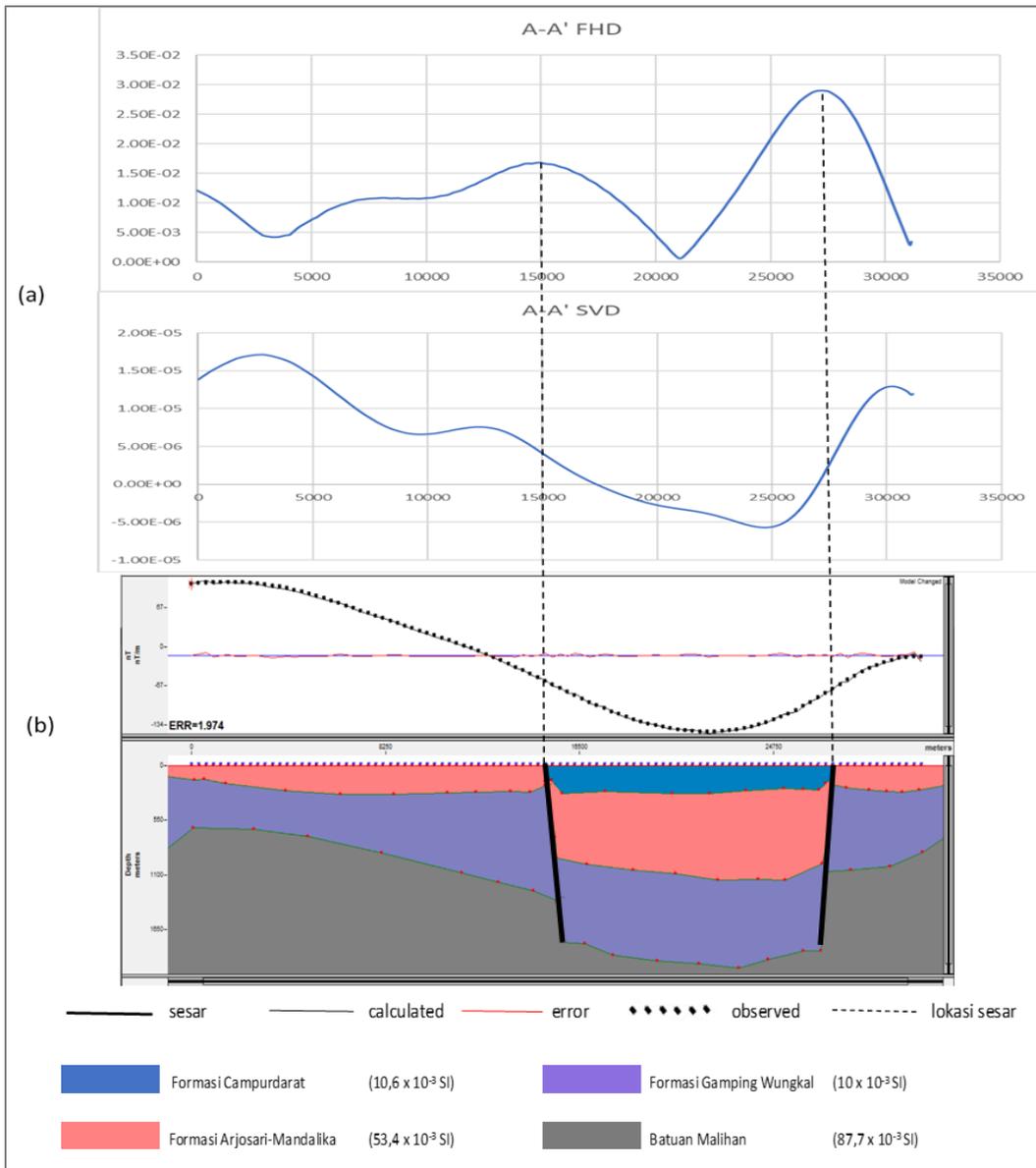


Gambar 7. Sayatan pemodelan 2D pada peta geologi

Sayatan pada peta anomali magnetik regional disajikan pada Gambar 7. Peta tersebut merupakan hasil dari *overlay* terhadap peta geologi, sehingga terlihat sayatan memotong beberapa sesar pada peta geologi. Sayatan tersebut juga menghubungkan nilai anomali tinggi dan nilai anomali rendah, sehingga tegak lurus dengan kontur anomali. Sayatan A-A' mempunyai panjang sekitar 31,18 km dengan orientasi barat laut-barat daya dan azimuth 165,33°, sayatan B-B' mempunyai panjang sekitar 47,45 km dengan orientasi barat laut-tenggara dan azimuth 113,78°, dan

sayatan C-C' mempunyai panjang sekitar 47,78 km dengan orientasi timur laut-barat daya dengan azimuth 226,15°.

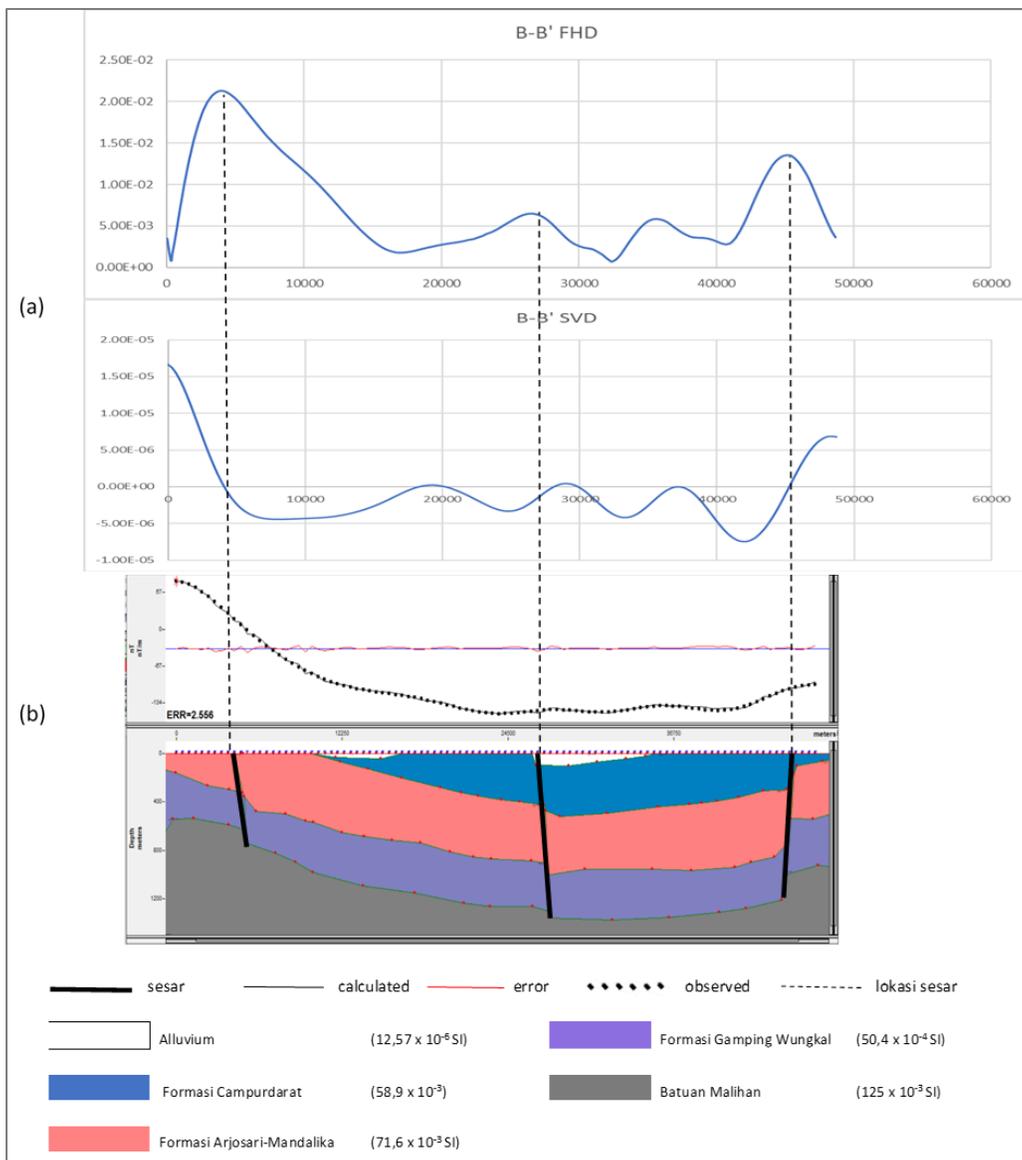
Penarikan sayatan juga dilakukan pada hasil analisis *derivative* FHD dan SVD di lokasi yang sama, yang menghasilkan profil dalam bentuk grafik. Berdasarkan plot grafik dari FHD dan SVD dilakukan korelasi yang kemudian dianalisis untuk melihat batas struktur patahan pada nilai FHD maksimum dan SVD mendekati nol.



Gambar 8. (a) grafik FHD dan SVD; (b) model bawah permukaan lintasan A-A'

Pada analisis derivatif lintasan A-A' diperkirakan terdapat sesar pada jarak sekitar 15 km dari titik awal lintasan dengan nilai FHD maksimal $1,63 \times 10^{-2}$ nT dan nilai SVD mendekati nol $2,64 \times 10^{-6}$ nT, seperti pada Gambar 8. Pada jarak sekitar 27 km dari titik awal lintasan juga diperkirakan terdapat sesar dengan nilai FHD maksimal $2,9 \times 10^{-2}$ nT dan nilai SVD mendekati nol $1,06 \times 10^{-6}$ nT. Keberadaan sesar yang kemudian juga divalidasi dengan bentuk pemodelan 2D yang terlihat pada Gambar 8(b). Pada lapisan bawah permukaan tersebut terdapat 4 lapisan dengan nilai susceptibilitas kemagnetan masing-masing, dengan error 1,974 %. Lapisan Formasi Campurdarat yang ditandai

dengan warna biru memiliki nilai susceptibilitas kemagnetan sebesar $10,6 \times 10^{-3}$ SI dan ketebalan sekitar 285 m. Formasi Arjosari-Mandalika yang ditandai dengan warna merah muda memiliki nilai susceptibilitas kemagnetan sebesar $53,4 \times 10^{-3}$ SI dan ketebalan sekitar 870 m. Formasi Gamping Wungkal yang ditandai dengan warna ungu memiliki nilai susceptibilitas kemagnetan sebesar 10×10^{-3} SI dan ketebalan sekitar 874 m. Formasi Batuan Malihan yang ditandai dengan warna abu-abu memiliki nilai susceptibilitas kemagnetan sebesar $87,7 \times 10^{-3}$ SI dan berperan sebagai *basement*.



Gambar 9. (a) grafik FHD dan SVD; (b) model bawah permukaan lintasan B-B'

Pada analisis derivatif lintasan B-B' diperkirakan terdapat sesar pada jarak sekitar 4 km dari titik awal lintasan dengan nilai FHD maksimal $2,12 \times 10^{-2}$ nT dan nilai SVD mendekati nol $-6,46 \times 10^{-7}$ nT, seperti pada Gambar 9. Keberadaan sesar juga ditemukan pada jarak sekitar 27 km dari titik awal lintasan dengan nilai FHD maksimal $6,26 \times 10^{-2}$ nT dan nilai SVD mendekati nol $-1,19 \times 10^{-6}$ nT. Pada jarak sekitar 45 km dari titik awal lintasan juga diperkirakan terdapat sesar dengan nilai FHD maksimal $1,35 \times 10^{-2}$ nT dan nilai SVD mendekati nol $-5,34 \times 10^{-7}$ nT.

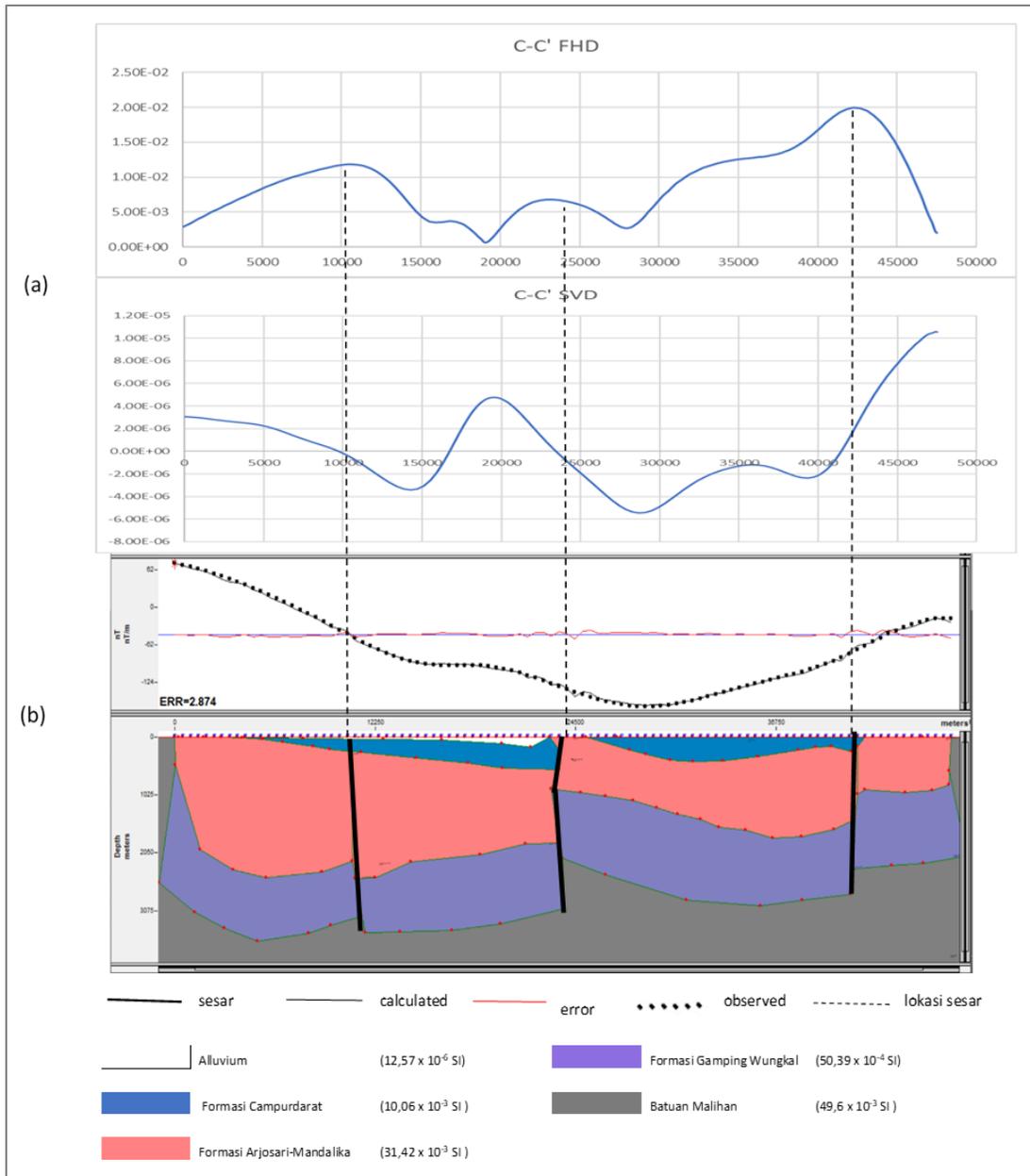
Keberadaan sesar tersebut juga divalidasi dengan bentuk pemodelan 2D yang terlihat pada Gambar 9 (b). Pada lapisan bawah permukaan tersebut terdapat 5 lapisan dengan masing-masing memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan, dengan nilai error 2,556 %. Lapisan Formasi Aluvium yang ditandai dengan warna putih memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan sebesar $12,57 \times 10^{-6}$ SI dan ketebalan sekitar 96 m, lapisan Formasi Campurdarat yang ditandai dengan warna biru memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan sebesar $58,9 \times 10^{-3}$ SI dan ketebalan sekitar 450 m, Formasi Arjosari-Mandalika yang ditandai dengan warna merah muda memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan sebesar $71,6 \times 10^{-3}$ SI dan ketebalan sekitar 600 m, Formasi Gamping Wungkal yang ditandai dengan warna merah muda memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan sebesar $50,4 \times 10^{-4}$ SI dan ketebalan sekitar 420 m, dan Formasi Batuan Malihan yang memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan sebesar 125×10^{-3} SI dan berperan sebagai basement.

Pada analisis derivatif lintasan C-C' diperkirakan terdapat sesar pada jarak sekitar 10 km dari titik awal lintasan dengan nilai FHD maksimal $1,18 \times 10^{-2}$ nT dan nilai SVD mendekati nol $-2,76 \times 10^{-7}$ nT, seperti pada Gambar 10. Pada jarak sekitar 23 km dari titik awal lintasan diperkirakan terdapat sesar dengan nilai FHD maksimal $6,77 \times 10^{-3}$ nT dan nilai SVD mendekati nol $1,6 \times 10^{-7}$ nT. Pada jarak sekitar 42 km dari titik awal lintasan juga ditemukan sesar dengan nilai FHD maksimal 2×10^{-2} nT dan nilai SVD mendekati nol $1,88 \times 10^{-6}$ nT. Keberadaan sesar juga

diperkirakan terdapat pada jarak sekitar 45 km yang memiliki nilai anomali FHD sebesar $0,0131$ nT dan SVD sebesar $1,73 \times 10^{-4}$ nT.

Keberadaan sesar juga divalidasi dengan bentuk pemodelan 2D yang terlihat pada Gambar 4.9(b). Pada lapisan bawah permukaan tersebut terdapat 4 lapisan dengan masing-masing memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan, dengan nilai error 2,874 %. Lapisan Formasi Aluvium yang ditandai dengan warna putih memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan sebesar $12,57 \times 10^{-6}$ SI dan ketebalan sekitar 160 m, lapisan Formasi Campurdarat yang ditandai dengan warna biru memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan sebesar $10,06 \times 10^{-3}$ SI dan ketebalan sekitar 560 m, Formasi Arjosari-Mandalika yang ditandai dengan warna merah muda memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan sebesar $31,42 \times 10^{-3}$ SI dan ketebalan sekitar 2250 m, Formasi Gamping Wungkal yang ditandai dengan warna ungu memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan sebesar $50,39 \times 10^{-4}$ SI dan ketebalan sekitar 1277 m, dan Formasi Batuan Malihan yang ditandai dengan warna abu-abu memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan sebesar $49,6 \times 10^{-3}$ SI dan berperan sebagai *basement*.

Beberapa sesar pada peta geologi tidak teridentifikasi pada hasil pemodelan 2D disebabkan karena sesar tersebut berupa sesar geser. Sesar ini bergerak secara horizontal, sehingga tidak menunjukkan anomali pada pemodelan 2D secara vertikal. Hasil identifikasi keberadaan sesar dapat digunakan untuk memetakan daerah rawan gempa bumi dan untuk merancang langkah-langkah mitigasi, seperti penentuan zona aman untuk pembangunan dan pengembangan infrastruktur. Kawasan yang terletak dekat dengan sesar aktif membutuhkan desain bangunan yang tahan gempa dan sistem peringatan dini untuk mengurangi risiko bencana. Selain itu, keberadaan sesar juga dikaitkan dengan potensi akumulasi sumber daya mineral, seperti minyak dan gas bumi. Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang pola sesar dapat mempercepat eksplorasi sumber daya alam yang berpotensi di wilayah tersebut.



Gambar 10. (a) grafik FHD dan SVD (b) model bawah permukaan lintasan C-C'

Keberadaan sesar juga divalidasi dengan bentuk pemodelan 2D yang terlihat pada Gambar 10 (b). Pada lapisan bawah permukaan tersebut terdapat 4 lapisan dengan masing-masing memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan, dengan nilai *error* 2,874 %. Lapisan Formasi Aluvium yang ditandai dengan warna putih memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan sebesar $12,57 \times 10^{-6}$ SI dan ketebalan sekitar 160 m, lapisan Formasi Campurdarat yang ditandai dengan warna biru memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan sebesar $10,06$

$\times 10^{-3}$ SI dan ketebalan sekitar 560 m, Formasi Arjosari-Mandalika yang ditandai dengan warna merah muda memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan sebesar $31,42 \times 10^{-3}$ SI dan ketebalan sekitar 2250 m, Formasi Gamping Wungkal yang ditandai dengan warna ungu memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan sebesar $50,39 \times 10^{-4}$ SI dan ketebalan sekitar 1277 m, dan Formasi Batuan Malihan yang ditandia dengan warna abu-abu memiliki nilai suseptibilitas kemagnetan sebesar $49,6 \times 10^{-3}$ SI dan berperan sebagai *basement*.

Beberapa sesar pada peta geologi tidak teridentifikasi pada hasil pemodelan 2D disebabkan karena sesar tersebut berupa sesar geser. Sesar ini bergerak secara horizontal, sehingga tidak menunjukkan anomali pada pemodelan 2D secara vertikal. Hasil identifikasi keberadaan sesar dapat digunakan untuk memetakan daerah rawan gempa bumi dan untuk merancang langkah-langkah mitigasi, seperti penentuan zona aman untuk pembangunan dan pengembangan infrastruktur. Kawasan yang terletak dekat dengan sesar aktif membutuhkan desain bangunan yang tahan gempa dan sistem peringatan dini untuk mengurangi risiko bencana. Selain itu, keberadaan sesar juga dikaitkan dengan potensi akumulasi sumber daya mineral, seperti minyak dan gas bumi. Oleh karena itu, pemahaman yang baik tentang pola sesar dapat mempercepat eksplorasi sumber daya alam yang berpotensi di wilayah tersebut.

Aktivitas tektonik di wilayah selatan Jawa, termasuk daerah Kabupaten Tulungagung dan Trenggalek, dipengaruhi oleh pertemuan antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng Eurasia yang bergerak saling mendekat. Dinamika subduksi pada zona pertemuan lempeng tektonik menyebabkan pembentukan jalur-jalur sesar aktif yang dapat memicu gempa bumi [18]. Kabupaten Tulungagung dan Trenggalek terletak di sekitar zona subduksi aktif, sehingga mengalami dampak geologis berupa morfologi yang berbukit-bukit dan keberadaan sesar yang dapat mempengaruhi stabilitas tanah [19]. Interaksi antara lempeng tektonik satu dengan yang lain akan menghasilkan peningkatan aktivitas vulkanik, karena magma dari mantel bumi dapat mengalir ke permukaan melalui sesar-sesar yang terbentuk. Oleh karena itu, Kabupaten Tulungagung dan Trenggalek tidak hanya rentan terhadap gempa bumi, tetapi juga memiliki potensi erupsi gunung berapi. Aktivitas tektonik yang diindikasikan dengan keberadaan sesar ini menjadikan wilayah selatan Jawa sebagai kawasan dengan risiko geologis yang cukup tinggi.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil dan diskusi yang diperoleh, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa peta anomali magnetik regional mempunyai nilai anomali -210,7 nT hingga 113,2 nT. Keberadaan sesar di lokasi penelitian

telah diidentifikasi berdasarkan 3 lintasan. Lintasan A-A' teridentifikasi dua lokasi sesar pada jarak 15 km dan 27 km dari titik awal lintasan. Lintasan B-B' teridentifikasi tiga lokasi sesar, yaitu pada jarak 4 km, 27 km, dan 45 km dari titik awal lintasan. Lintasan C-C' teridentifikasi tiga lokasi sesar, yaitu pada jarak 10 km, 22 km, dan 42 km dari titik awal lintasan. Hasil interpretasi juga diperoleh litologi bawah permukaan berupa Formasi Alluvium, Formasi Arjosari-Mandalika, Formasi Gamping Wungkal dan Formasi Batuan Malihan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Dhira, I. Meilano, and D. W. Dudy, "Analysis of tectonic plate velocity variations in the sunda strait based on GPS time-series data," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 873, no. 1, 2021, doi: 10.1088/1755-1315/873/1/012084.
- [2] Heningtyas, N. B. Wibowo, and D. Darmawan, "Pemodelan 2D dan 3D Metode Geomagnet untuk Interpretasi Litologi dan Analisis Patahan di Jalur Sesar Oyo," *J. Lingkungan dan Bencana Geol.*, vol. 10, no. 3, pp. 115-126, 2020, doi: 10.34126/jlbg.v10i3.157.
- [3] Y. Bock, "Crustal motion in Indonesia from Global Positioning System measurements," *J. Geophys. Res.*, vol. 108, no. B8, 2003, doi: 10.1029/2001jb000324.
- [4] S. R. Dirgantoro, M. Ruslan, E. S. Mahreda, and Kissinger, "Kerentanan pesisir selatan kabupaten Tulungagung terhadap gelombang tsunami berbasis data spasial," *J. Sondir*, vol. 4, no. 2, pp. 16-23, 2020, doi: 10.36040/sondir.v4i2.3140.
- [5] Subagio, "Struktur geologi bawah permukaan pegunungan selatan Jawa Barat ditafsir dari anomali bouguer," *J. Geol. dan Sumberd. Miner.*, vol. 19, no. 4, pp. 187-200, 2018.
- [6] K. A. Nugroho, Y. S. Putra, and R. Perdhana, "Interpretasi data anomali magnetik bawah permukaan pada daerah kabupaten Tulungagung dan sekitarnya," *Prism. Fis.*, vol. 9, no. 1, pp. 4-15, 2021, doi: 10.26418/pf.v9i1.43492.
- [7] D. Hermansyah, B. Sukrisna, and S. Minardi, "Identifikasi patahan di desa Taman Ayu Kecamatan Gerung Kabupaten Lombok Barat menggunakan metode geomagnet," *JGE (Jurnal Geofis. Eksplorasi)*, vol. 6, no. 2, pp. 145-155, 2020, doi: 10.23960/jge.v6i2.70.
- [8] P. Safrilia, Muhardi, and R. Perdhana, "Pemodelan 2D struktur geologi bawah permukaan di daerah manifestasi panas bumi buaran, kabupaten Brebes,

- berdasarkan anomali magnetik,” *J. Fis. dan Ter.*, vol. 11, no. 1, pp. 112-119, 2024, doi: 10.24252/jft.v11i1.48120.
- [9] F. Adiltha, Muhardi, and R. Perdhana, “Identifikasi struktur patahan di kabupaten Pangandaran dan sekitarnya berdasarkan data anomali magnetik,” *J. Online Phys.*, vol. 9, no. 3, pp. 8-17, 2024, doi: 10.22437/jop.v9i3.34121.
- [10] H. Hidayat, A. Putra, and D. Pujiastuti, “Identifikasi sebaran anomali magnetik pada daerah prospek panas bumi Nagari Aie Angek, Kabupaten Tanah Datar,” *J. Fis. Unand*, vol. 10, no. 1, pp. 48–54, 2021.
- [11] J. Purnomo, S. Koesuma, and M. Yunianto, “pemisahan anomali regional-residual pada metode gravitasi menggunakan metode moving average, polynomial dan inversion,” *Indones. J. Appl. Phys.*, vol. 3, no. 01, p. 10, 2016, doi: 10.13057/ijap.v3i01.1208.
- [12] F. F. K. Kautsar, Rizka, and A. Zaenuddin, “Peningkatan ketajaman pola anomali secara lateral dengan first horizontal derivative dan second vertical derivative pada data magnet eksplorasi bijih besi di Bayog Zamboanga Del Sur Filipina,” *J. Itera*, pp. 56-62, 2019.
- [13] R. J. Blakely. *Potential Theory in Gravity and Magnetic*. California: Cambridge University Press, 1996.
- [14] A. Zaenudin and S. Yulistina, “Studi identifikasi struktur geologi bawah permukaan untuk mengetahui sistem sesar berdasarkan analisis *First Horizontal Derivative* (FHD), *Second Vertical Derivative* (SVD), dan *2,5D forward modeling* di daerah Manokwari Papua Barat,” *J. Geofis. Eksplor.*, vol. 4, no. 2, pp. 173-186, 2020, doi: 10.23960/jge.v4i2.15.
- [15] W. M. Telford, L. P. Geldart, and R. E. Sheriff, *Applied Geophysics*, Second Edi. New York: Cambridge University Press, 1990.
- [16] J. M. Reynolds, *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. England: John Wiley & Sons Ltd, 1997.
- [17] S. Syaripudin, Y. Arman, and M. Muhardi, “Sebaran mineral logam bijih besi berdasarkan anomali magnetik daerah Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut,” *Prism. Fis.*, vol. 9, no. 3, pp. 276-283, 2021, doi: 10.26418/pf.v9i3.51262.
- [18] P. Zhou and S. Xia, “Effects of the heterogeneous subducting plate on seismicity: Constraints from b-values in the Andaman-Sumatra-Java subduction zone,” *Phys. Earth Planet. Inter.*, vol. 304, no. February, p. 106499, 2020, doi: 10.1016/j.pepi.2020.106499.
- [19] R. Isnaini, M. G. R. Pandin, C. S. Waloejo, and D. Sunyowati, “Landslide and moving ground disasters in Sumurup Village, Trenggalek District, East Java, Indonesia: A case study,” *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 995, no. 1, 2022, doi: 10.1088/1755-1315/995/1/012005.