



Pemodelan Geologi Bawah Permukaan Daerah Bakauheni, Lampung Selatan Berdasarkan Transformasi Anomali Magnetik Pseudo-Gravitasi

Aksela Dian Fista^{1*}, Rizki Buana Agustian¹, Anisa Amanda¹, dan Ilham Dani¹

¹Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Bandar Lampung

*e-mail: akseladian@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menginterpretasikan kondisi geologi bawah permukaan wilayah Bakauheni, Lampung Selatan, berdasarkan analisis anomali magnetik dan transformasi pseudo-gravitasi. Data magnetik lapangan diolah melalui tahapan koreksi variasi harian dan IGRF, reduksi ke kutub (RTP), kontinuitas ke atas, pemisahan anomali regional-residual, serta transformasi ke domain pseudo-gravitasi. Hasil RTP menunjukkan rentang anomali $-646,3$ nT hingga $+780,1$ nT dengan pola yang lebih simetris dan terpusat, mengindikasikan keberadaan tubuh intrusi bermagnetisasi tinggi berorientasi barat laut–tenggara. Anomali residual ($-290,4$ hingga $+310,4$ nT) menampakkan kontras magnetisasi yang jelas antara batuan beku masif dan satuan bermagnetisasi rendah seperti endapan Kuarter serta batuan vulkanik teralterasi. Transformasi pseudo-gravitasi memperlihatkan variasi densitas yang menegaskan batas litologi dan indikasi struktur patahan pengontrol. Hasil integrasi kedua metode menunjukkan bahwa bawah permukaan Bakauheni didominasi oleh intrusi mafik–intermediat pada kedalaman dangkal hingga menengah yang dikontrol oleh sistem struktur regional berarah barat laut–tenggara. Metode pseudo-gravitasi terbukti meningkatkan ketelitian interpretasi geometri dan distribusi tubuh batuan, serta memberikan dasar yang lebih kuat untuk pemodelan geologi dan kajian potensi sumber daya.

Kata kunci: anomali magnetik; Bakauheni; intrusi magmatik; pseudo-gravitasi

Abstract

This study aims to interpret the subsurface geological conditions of the Bakauheni area, South Lampung, based on magnetic anomaly analysis and pseudo-gravity transformation. The magnetic field data were processed through standard procedures, including diurnal correction, IGRF correction, reduction to the pole (RTP), upward continuation, separation of regional and residual anomalies, and transformation into the pseudo-gravity domain. The RTP results show anomaly values ranging from -646.3 nT to $+780.1$ nT, exhibiting more symmetric and centered patterns that indicate the presence of high-susceptibility intrusive bodies trending northwest–southeast. The residual anomalies (-290.4 to $+310.4$ nT) reveal clear magnetic contrasts between massive igneous rocks and low-magnetization units, such as Quaternary deposits and altered volcanic rocks. The pseudo-gravity transformation further delineates density variations corresponding to lithological boundaries and fault-controlled structural features. The integrated analysis suggests that the Bakauheni subsurface is dominated by shallow to intermediate-depth mafic–intermediate intrusions controlled by regional northwest–southeast structural systems. The pseudo-gravity approach effectively enhances the accuracy of interpreting the geometry and distribution of intrusive bodies and provides a stronger basis for geological modeling and resource assessment.

Keywords: magnetic anomaly; Bakauheni; magmatic intrusion; pseudo-gravity

*Korespondensi : akseladian@gmail.com

Diajukan : 23 Desember 2025

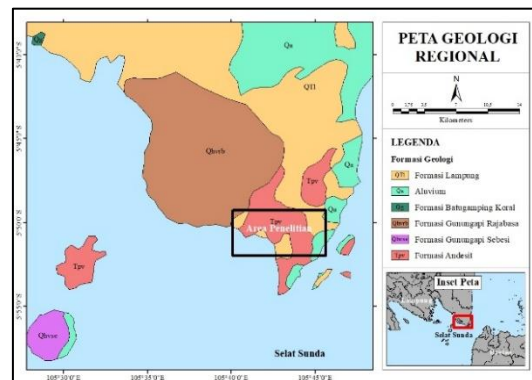
Diterima : 14 April 2026

Diterbitkan : 30 Oktober 2026

PENDAHULUAN

Wilayah Bakauheni, Kabupaten Lampung Selatan, terletak pada bagian selatan Pulau Sumatra yang berada dalam sistem tektonik aktif akibat penunjaman Lempeng Indo-Australia ke bawah Lempeng Eurasia. Interaksi konvergen tersebut membentuk lingkungan geodinamika yang kompleks, ditandai oleh deformasi kerak, aktivitas vulkanisme berulang, serta pembentukan tubuh-tubuh intrusi magmatik. Secara regional, dinamika ini berkaitan dengan sistem sesar mendatar besar Sesar Semangko yang mengontrol sebagian besar pola deformasi Sumatra bagian selatan. Manifestasi struktur tersebut tercermin pada orientasi kekar dan rekahan barat daya-timur laut yang berkembang di wilayah Bakauheni dan sekitarnya.

Berdasarkan Peta Geologi Kabupaten Lampung Selatan (Gambar 1), lokasi penelitian terletak di bagian paling selatan Pulau Sumatra, mencakup wilayah Kecamatan Bakauheni dan daerah sekitarnya. Secara administratif, kawasan ini berada dalam wilayah Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung, serta memperlihatkan morfologi yang berangsur berubah dari relief perbukitan hingga dataran bergelombang lemah, dengan ketinggian berkisar dari daerah pesisir hingga sekitar 300 meter di atas permukaan laut. Letaknya yang berbatasan langsung dengan Selat Sunda pada bagian selatan menjadikan wilayah ini memiliki signifikansi geologi dan tektonik yang tinggi, karena berada pada zona aktif yang dipengaruhi oleh proses deformasi kerak dan aktivitas vulkanik yang masih berlangsung. Berdasarkan peta geologi regional (Gambar 1), wilayah Bakauheni tersusun oleh satuan batuan berumur Tersier hingga Kuartar. Satuan dominan adalah kompleks vulkanik Formasi Lampung (QTl) yang terdiri atas andesit, basalt, dan beberapa tubuh intrusi sebagai produk aktivitas magmatik masa lampau. Pada beberapa lokasi, satuan ini ditutupi oleh endapan Kuartar yang lebih muda, seperti Aluvium (Qa) dan Andesit (Tpv) secara tidak merata. Perbedaan litologi tersebut menunjukkan kontras sifat fisik, khususnya densitas batuan, yang berpotensi



Gambar 1. Peta geologi regional Kabupaten Lampung Selatan (Mangga dkk., 1993).

menghasilkan variasi anomali bawah permukaan

. Kontras densitas antar satuan ini menjadi dasar penerapan metode geofisika berbasis gravitasi untuk mengidentifikasi distribusi massa batuan dan indikasi struktur geologi di kedalaman.

Secara litologi, daerah penelitian didominasi oleh lava andesit, breksi vulkanik, tuf, dan endapan aluvial Kuartar yang menutupi satuan berumur lebih tua. Keberadaan sisa pusat vulkanik purba di sekitar Selat Sunda, seperti Pulau Sangiang dan beberapa tubuh vulkanik tererosi lainnya, menunjukkan bahwa wilayah ini telah mengalami proses magmatisme yang berlangsung dalam rentang waktu panjang. Pola sebaran vulkanik yang mengikuti arah barat laut-tenggara mengindikasikan adanya kontrol struktur regional terhadap jalur migrasi magma dan mekanisme penempatan intrusi. Kondisi ini menjadikan Bakauheni sebagai kawasan yang penting dalam merekonstruksi kerangka tektonomagmatik Sumatra bagian selatan.

Berbagai penelitian sebelumnya di wilayah Bakauheni umumnya berfokus pada kajian geologi permukaan dan karakteristik keteknikan batuan vulkanik. Satuan andesit setempat diketahui memiliki sifat fisik dan mekanik yang baik serta berpotensi sebagai material konstruksi. Selain itu, survei geolistrik tahanan jenis telah dilakukan untuk mengidentifikasi lapisan bawah permukaan dangkal, terutama dalam mendukung pembangunan infrastruktur. Namun demikian, metode tahanan jenis memiliki keterbatasan

resolusi pada kedalaman yang lebih besar sehingga kurang optimal untuk mendeteksi tubuh intrusi padat pada zona menengah hingga dalam. Akibatnya, informasi mengenai geometri dan sebaran struktur magmatik di kedalaman masih belum terkarakterisasi secara komprehensif.

Dalam konteks tersebut, metode magnetik menjadi alternatif yang efektif karena sensitif terhadap variasi suseptibilitas magnetik batuan, khususnya yang berkaitan dengan kandungan mineral feromagnetik pada batuan beku. Anomali magnetik mampu merekam keberadaan patahan, batas litologi, dan massa intrusi yang tidak tersingkap di permukaan. Beberapa studi magnetik di Sumatra bagian selatan menunjukkan bahwa pola anomali magnetik berkorelasi dengan struktur regional dan sistem sesar utama, serta mampu mengidentifikasi indikasi intrusi magmatik pada kedalaman dangkal hingga menengah.

Secara morfologi, wilayah Bakauheni memperlihatkan variasi bentang alam yang mencakup dataran pantai berelief rendah hingga perbukitan vulkanik dan denudasional dengan ketinggian mencapai ± 237 meter di atas permukaan laut. Variasi morfologi tersebut merefleksikan pengaruh kombinasi proses tektonik dan vulkanik yang berlangsung secara regional sejak Tersier hingga Kuartar (Indratmoko dkk., 2009).

Secara geologi permukaan, satuan batuan yang berkembang didominasi oleh lava andesit, breksi vulkanik, tuf, serta endapan aluvial muda yang menutupi formasi berumur Tersier–Kuartar. Asosiasi litologi tersebut mengindikasikan adanya aktivitas magmatik berulang yang berkontribusi terhadap pembentukan stratigrafi dan konfigurasi struktur geologi setempat. Keberadaan batuan beku dan produk piroklastik ini juga menjadi indikator penting dalam menginterpretasikan proses pembentukan serta evolusi arsitektur geologi bawah permukaan di wilayah Bakauheni (Susilo dkk., 2017).

Perkembangan teknik pengolahan data magnetik semakin meningkatkan ketelitian interpretasi bawah permukaan. Transformasi

reduksi ke kutub (*Reduction to the Pole/RTP*) digunakan untuk memusatkan anomali tepat di atas sumbernya, sedangkan kontinuasi ke atas (*upward continuation*) berfungsi meredam pengaruh sumber dangkal dan menonjolkan respon dari kedalaman yang lebih besar. Salah satu pendekatan lanjutan yang efektif adalah transformasi *pseudo-gravitasi* yaitu konversi anomali magnetik menjadi respon menyerupai anomali gravitasi sehingga variasi suseptibilitas magnetik dapat dianalisis secara analog dengan kontras densitas. Integrasi teknik-teknik tersebut terbukti mampu meningkatkan resolusi interpretasi struktur bawah permukaan pada berbagai studi tektonomagmatik. Penelitian pelengkap yang memanfaatkan metode geolistrik tahanan jenis di sepanjang jalur Jalan Tol Trans-Sumatra telah memberikan informasi mengenai susunan lapisan bawah permukaan dangkal serta mengidentifikasi perubahan litologi yang berpotensi memengaruhi kestabilan infrastruktur dan bahaya geologi (Maharani dkk., 2019).

Meskipun penelitian geofisika di Sumatra bagian selatan terus berkembang, kajian yang secara khusus menerapkan transformasi *pseudo-gravitasi* terhadap data magnetik di wilayah Bakauheni masih terbatas. Padahal, kompleksitas tektonik dan vulkanik daerah ini mengindikasikan kemungkinan keberadaan tubuh intrusi yang berperan dalam evolusi geologi regional serta berpotensi terkait dengan sistem panas bumi dan zona kelemahan kerak. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan geofisika yang mampu memberikan gambaran geometri dan distribusi struktur bawah permukaan secara lebih menyeluruh.

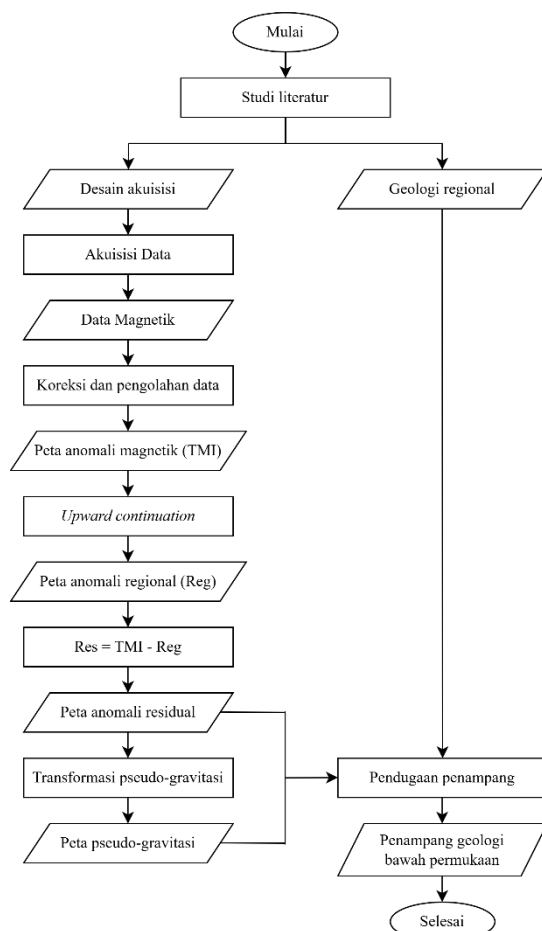
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi kondisi bawah permukaan wilayah Bakauheni melalui pemodelan anomali magnetik berbasis transformasi *pseudo-gravitasi*. Tahapan pengolahan yang diterapkan meliputi reduksi ke kutub, kontinuasi ke atas, dan transformasi *pseudo-gravitasi* untuk meningkatkan keterlihatan respon magnetik dari tubuh intrusi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memperjelas

pola struktur dan distribusi massa batuan beku di bawah permukaan, serta memberikan kontribusi ilmiah dalam memahami kerangka tektonomagmatik Sumatra bagian selatan. Selain itu, temuan yang diperoleh diharapkan dapat mendukung evaluasi potensi sumber daya dan mitigasi bahaya geologi di wilayah Bakauheni.

METODOLOGI

Diagram Alir

Diagram alir (Gambar 2) penelitian ini disusun untuk menggambarkan secara sistematis tahapan yang dilakukan, dimulai dari studi literatur, proses akuisisi dan pengolahan data magnetik, hingga analisis lanjutan berupa transformasi pseudo-gravitasi dan interpretasi penampang geologi bawah permukaan.



Gambar 2. Diagram alir.

Akuisisi Data Magnetik

Akuisisi data magnetik dilakukan di wilayah Bakauheni, Kabupaten Lampung Selatan,

menggunakan *Proton Precession Magnetometer* (PPM) tipe GSM-19T dengan resolusi pembacaan $\pm 0,1$ nT. Survei dilaksanakan menggunakan strategi *looping* untuk menjaga konsistensi data dan mengontrol fluktuasi temporal medan magnet. Titik pengukuran didistribusikan mengikuti pola *semi-grid* dengan jarak antar titik yang disesuaikan terhadap kondisi topografi dan aksesibilitas lapangan, sehingga diperoleh sebaran data yang representatif terhadap variasi anomali lokal. Pada setiap titik dilakukan pencatatan intensitas medan magnet total, koordinat geografis menggunakan GPS *handheld*, elevasi, serta waktu pengukuran sebagai dasar koreksi variasi harian. Untuk mengontrol perubahan medan magnet temporal, pengukuran *base station* dilakukan secara periodik pada lokasi yang relatif bebas gangguan magnetik budaya.

Pengolahan Data Magnetik

Data magnetik yang diperoleh di lapangan selanjutnya diolah untuk mendapatkan anomali magnetik total melalui penerapan koreksi harian dan koreksi IGRF. Koreksi harian bertujuan untuk menghilangkan fluktuasi jangka pendek medan magnet bumi yang terjadi sepanjang hari akibat perbedaan waktu pengukuran serta pengaruh radiasi matahari. Nilai koreksi ini harus disesuaikan secara tepat dengan waktu pengukuran pada setiap titik pengamatan. Apabila variasi harian yang terekam bernilai negatif, maka koreksi dilakukan dengan menambahkan nilai variasi harian pada waktu yang bersesuaian ke data magnetik terukur. Sebaliknya, jika variasi harian bernilai positif, koreksi diterapkan dengan mengurangi nilai variasi tersebut dari hasil pengukuran medan magnet. Penyesuaian ini dilakukan untuk memastikan bahwa gangguan magnetik yang bersifat temporal tidak memengaruhi nilai anomali magnetik yang dihasilkan (Reynolds, 2011).

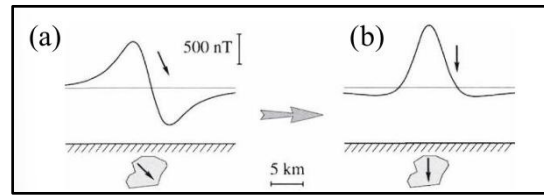
$$\Delta H = H_{total} + \Delta H_{diurnal} \quad (1)$$

Data magnetik yang diperoleh di lapangan selanjutnya diolah untuk mendapatkan anomali magnetik total melalui penerapan koreksi harian dan koreksi IGRF. Koreksi harian bertujuan untuk menghilangkan

fluktuasi jangka pendek medan magnet bumi yang terjadi sepanjang hari akibat perbedaan waktu pengukuran serta pengaruh radiasi matahari. Nilai koreksi ini harus disesuaikan secara tepat dengan waktu pengukuran pada setiap titik pengamatan. Apabila variasi harian yang terekam bernilai negatif, maka koreksi dilakukan dengan menambahkan nilai variasi harian pada waktu yang bersesuaian ke data magnetik terukur. Sebaliknya, jika variasi harian bernilai positif, koreksi diterapkan dengan mengurangi nilai variasi tersebut dari hasil pengukuran medan magnet. Penyesuaian ini dilakukan untuk memastikan bahwa gangguan magnetik yang bersifat temporal tidak memengaruhi nilai anomali magnetik yang dihasilkan (Reynolds, 2011).

$$\Delta H = H_{total} + \Delta H_{diurnal} + H_o \quad (2)$$

Proses reduksi ke kutub atau *reduction to the pole* (RTP) merupakan teknik penyaringan data magnetik yang bertujuan mentransformasikan anomali magnetik sehingga seolah-olah pengukuran dilakukan di kutub magnet bumi. Pada kondisi kutub, medan magnet bersifat vertikal murni, sehingga anomali magnetik akan terletak tepat di atas sumber penyebabnya dan menampilkan karakteristik menyerupai *monopole*. Untuk menghasilkan kondisi tersebut, transformasi RTP mengatur nilai inklinasi menjadi 90° dan deklinasi menjadi 0° , sehingga distorsi yang disebabkan oleh orientasi medan magnet sebenarnya di lokasi survei dapat dihilangkan. Tahapan ini menjadi sangat penting untuk wilayah Bakauheni yang berada pada lintang magnetik rendah. Tanpa penerapan RTP, anomali magnetik di daerah semacam ini cenderung tampak miring, memanjang, atau tidak simetris, sehingga menyulitkan proses interpretasi geologi. Dengan demikian, RTP meningkatkan kejelasan dan ketepatan anomali, sehingga struktur bawah permukaan dapat dipetakan dengan lebih andal.

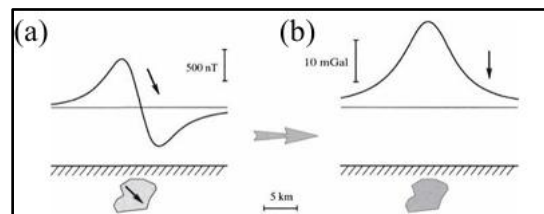


Gambar 3. Tampilan anomali magnetik sebelum dilakukan reduksi ke kutub (a) dan setelah reduksi ke kutub (b) (Nurdin dkk., 2017).

Transformasi anomali magnetik dalam domain Fourier dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$F[\Delta T_r] = [F\psi_r] \cdot [\Delta F_r] \quad (3)$$

Dalam persamaan tersebut, $[F\psi_r]$ merepresentasikan operator reduksi ke kutub atau *reduction to the pole* (RTP) (Gambar 3). Operator ini dinamakan demikian karena anomali hasil transformasi, ΔT_r , merefleksikan anomali yang seolah-olah teramati apabila pengukuran dilakukan di kutub magnet utara, di mana magnetisasi induksi batuan dan medan magnet alami bumi sama-sama berorientasi vertikal ke bawah. Pada kondisi kutub tersebut, anomali magnetik akan terpusat tepat di atas sumber penyebabnya, sehingga menghasilkan pola anomali yang lebih simetris dan lebih mudah untuk diinterpretasikan.



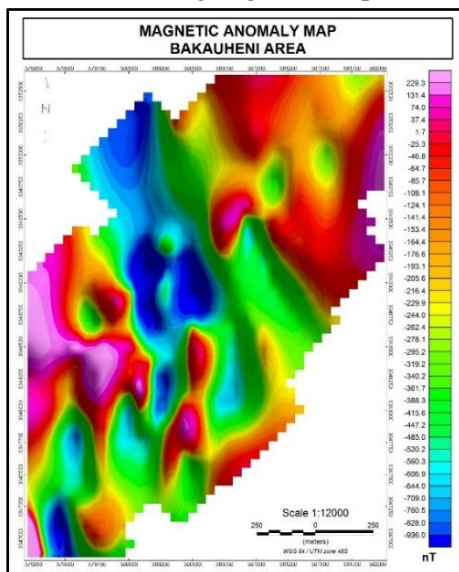
Gambar 4. Tampilan anomali magnetik sebelum transformasi pseudo-gravitasi (a) dan setelah transformasi pseudo-gravitasi (b) (Nurdin dkk., 2017).

Transformasi *pseudo-gravitasi* (Gambar 4) mengonversi anomali magnetik menjadi anomali gravitasi dengan memanfaatkan hubungan Poisson antara potensial magnetik dan potensial gravitasi. Prinsip ini menyatakan bahwa suatu benda dengan magnetisasi seragam dan densitas yang konstan akan menghasilkan potensial magnetik V dan potensial gravitasi U yang secara matematis saling berkaitan melalui

operator diferensial yang sama. Secara praktis, hal ini menunjukkan bahwa variasi medan magnet yang disebabkan oleh kontras magnetisasi dapat ditafsirkan kembali sebagai variasi gravitasi yang dihasilkan oleh perbedaan densitas. Faktor kesebandingan dalam hubungan tersebut melibatkan konstanta magnetik $C_m = 4\pi \times 10^{-7} \text{ H/m}$ dan konstanta gravitasi universal $\gamma = 6,67 \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$. Dengan mempertimbangkan arah magnetisasi $\hat{m}$, intensitas magnetisasi M , serta kontras densitas ρ , keterkaitan matematis antara kedua potensial tersebut dapat dinyatakan melalui persamaan berikut (Reynolds, 2011).

$$V = -\frac{C_m}{\gamma} \frac{M}{\rho} \hat{m} \cdot \nabla U \quad (4)$$

Dengan menerapkan teknik ini, pengaruh polaritas yang dapat mendistorsi data anomali magnetik dapat diminimalkan atau dihilangkan, sehingga menghasilkan interpretasi fitur bawah permukaan yang lebih jelas dan andal. Berbagai penelitian yang mengombinasikan reduksi ke kutub dengan transformasi pseudo-gravitasi telah menunjukkan efektivitasnya dalam beragam aplikasi geologi, antara lain untuk menafsirkan perlapisan bawah permukaan, menganalisis unsur-unsur linier dan sistem patahan, mengidentifikasi geometri endapan aluvial, memetakan konfigurasi batuan dasar, serta mendukung kegiatan eksplorasi mineral.



Gambar 5. Peta anomali magnetik daerah Bakauheni.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Koreksi dan Transformasi Data Magnetik

Hasil pengolahan data magnetik diawali dengan penerapan koreksi harian, koreksi IGRF, serta proses *reduction to the pole* (RTP). Transformasi RTP dilakukan untuk menghilangkan pengaruh inklinasi ($-32,5952^\circ$) dan deklinasi ($0,797773^\circ$) medan magnet bumi di wilayah Bakauheni, sehingga medan magnet diasumsikan vertikal (inklinasi 90° dan deklinasi 0°).

Peta anomali magnetik total hasil RTP (Gambar 5) memperlihatkan pola kontur yang lebih simetris dan terpusat tepat di atas sumbernya. Nilai anomali berkisar antara $-646,3 \text{ nT}$ hingga $+780,1 \text{ nT}$. Anomali positif kuat ($+300$ hingga $+780 \text{ nT}$) berkembang di bagian barat laut, utara, timur, selatan, dan barat daya daerah penelitian. Nilai tinggi tersebut mengindikasikan keberadaan batuan dengan suseptibilitas magnetik besar yang ditafsirkan sebagai tubuh intrusi atau batuan beku mafik-intermediet.

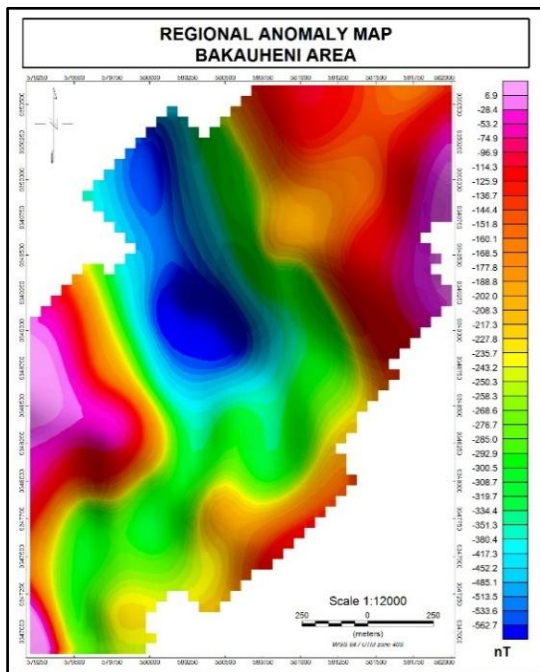
Sebaliknya, anomali negatif (-646 hingga -200 nT) teridentifikasi di bagian timur laut, tenggara, dan sebagian barat wilayah penelitian. Zona ini diinterpretasikan sebagai satuan batuan dengan suseptibilitas rendah, seperti endapan Kuarter dan batuan vulkanik teralterasi. Hasil RTP memberikan dasar interpretasi yang lebih akurat dalam mendelineasi sumber anomali bawah permukaan.

Pemisahan Anomali Regional dan Residual

Untuk memisahkan pengaruh sumber dalam dan dangkal, dilakukan kontinuitas ke atas (*upward continuation*) guna memperoleh medan regional. Anomali residual diperoleh

dengan mengurangkan medan regional dari anomali RTP.

Peta anomali regional (Gambar 6) menunjukkan nilai berkisar antara $-553,2$ hingga $+68,9 \text{ nT}$ dengan pola relatif halus dan memanjang. Distribusi anomali sedang-tinggi di sektor timur dan barat laut



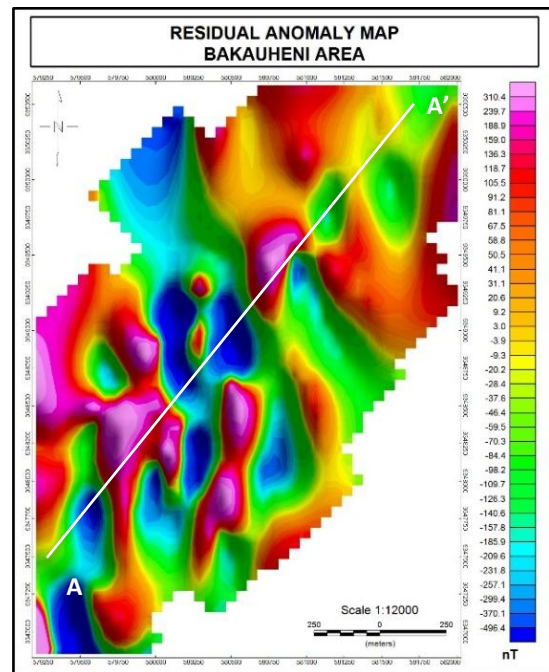
Gambar 6. Peta anomali regional daerah Bakauehi.

mencerminkan keberadaan sumber berskala besar pada kedalaman lebih dalam, yang diduga dikontrol oleh sistem struktur berarah barat laut–tenggara. Pola ini selaras dengan arah umum struktur regional Sumatra bagian selatan yang dikontrol oleh Sesar Semangko.

Sebaliknya, peta anomali residual (Gambar 7) menampilkan rentang $-290,4$ hingga $+310,4$ nT dengan variasi lokal yang tajam. Nilai anomali rendah (-290 hingga -100 nT) diinterpretasikan sebagai batuan bermagnetisasi lemah, seperti sedimen Kuartar dan tuf teralterasi. Nilai sedang (-100 hingga $+100$ nT) merepresentasikan satuan vulkanik dengan magnetisasi moderat. Sementara itu, anomali tinggi ($+100$ hingga $+310$ nT) mengindikasikan keberadaan intrusi dangkal mafik–intermediat. Gradien anomali yang tajam mengindikasikan kemungkinan batas struktur berupa patahan atau rekahan.

Interpretasi Penampang Magnetik

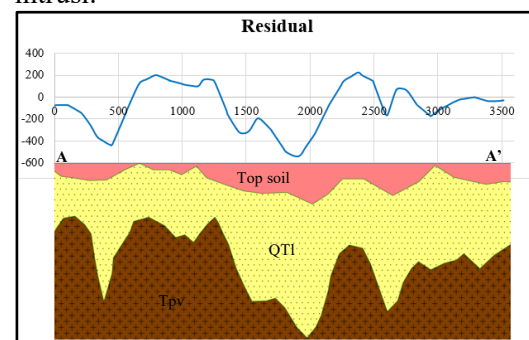
Penampang interpretatif berdasarkan anomali residual (Gambar 8) memperlihatkan tiga satuan utama. Lapisan paling atas ditafsirkan sebagai endapan Kuartar berupa tanah penutup dan aluvium muda yang memiliki respon magnetik sangat lemah.



Gambar 7. Peta anomali residual daerah Bakauehi.

Di bawahnya berkembang satuan vulkanik Kuartar-Tersier, yaitu Formasi Lampung (QTI) yang tersusun oleh tuf, breksi, dan lava teralterasi.

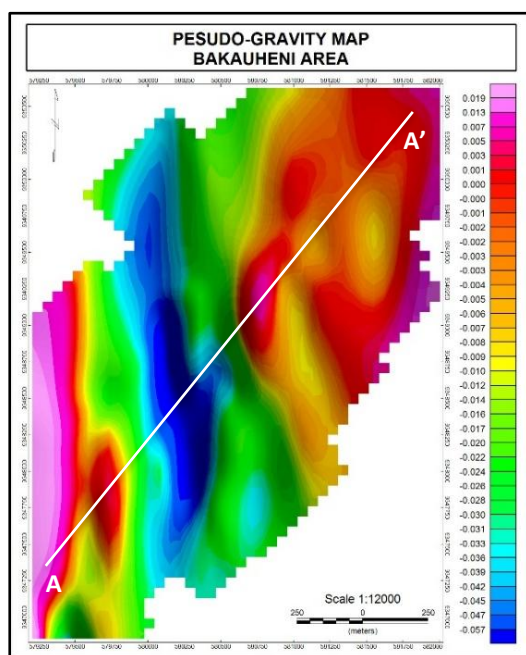
Satuan ini menunjukkan anomali negatif hingga sedang akibat berkurangnya mineral feromagnetik karena proses alterasi. Satuan lebih dalam diinterpretasikan sebagai Formasi Tarahan (Tpv) yang dicirikan oleh anomali positif signifikan. Satuan ini ditafsirkan sebagai batuan beku mafik hingga intermediat (andesit-basalt) dengan suseptibilitas magnetik tinggi. Batas antar satuan ditandai oleh gradien anomali tajam yang mencerminkan zona patahan pengontrol intrusi.



Gambar 8. Pendugaan penampang geologi bawah permukaan berdasarkan anomali residual.

Transformasi dan Interpretasi Pseudo-Gravitasi

Transformasi *pseudo*-gravitasi dilakukan untuk mengonversi respon magnetik menjadi representasi ekuivalen variasi densitas. Peta *pseudo*-gravitasi (Gambar 9) menunjukkan rentang nilai sekitar $-0,050$ hingga $+0,019$. Zona anomali rendah ($-0,050$ hingga $-0,015$) berkembang di bagian barat-barat laut dan diinterpretasikan sebagai material berdensitas rendah, seperti sedimen dan batuan vulkanik teralterasi. Pola memanjang zona ini

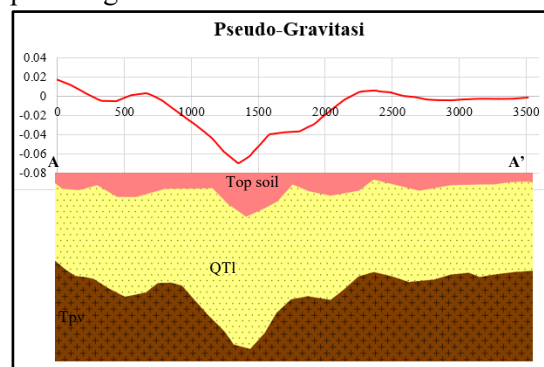


Gambar 9. Peta anomali pseudo-gravitasi daerah Bakauheni

mengindikasikan kendali struktur berarah barat laut-tenggara.

Sebaliknya, anomali tinggi ($0,005$ hingga $0,019$) di sektor timur dan tenggara menunjukkan keberadaan batuan berdensitas tinggi, ditafsirkan sebagai tubuh intrusi mafik-intermediat. Gradien tajam antara zona rendah dan tinggi menandakan batas geologi signifikan yang kemungkinan berupa patahan utama. Penampang *pseudo*-gravitasi (Gambar 10) memperkuat interpretasi bahwa Formasi Lampung (QTI) memiliki densitas relatif lebih rendah dibandingkan Formasi Tarahan (Tpv). Tubuh berdensitas tinggi membentuk tonjolan menyerupai kubah pada kedalaman dangkal-menengah, yang diinterpretasikan sebagai intrusi magmatik.

Penampang pseudo-gravitasi di atas memperlihatkan bahwa lapisan top soil dan Formasi QTI dicirikan oleh nilai anomali rendah hingga menengah, yang mencerminkan densitas batuan relatif kecil serta tingkat kekompakan yang rendah. Lapisan top soil berperan sebagai satuan penutup Kuartar dengan kontribusi densitas yang sangat kecil, sedangkan Formasi QTI yang tersusun atas tuf, breksi vulkanik, dan lava teralterasi menunjukkan penurunan densitas lokal yang membentuk cekungan pseudo-gravitasi.



Gambar 10. Pendugaan penampang geologi bawah permukaan berdasarkan anomali pseudo-gravitasi

Pola ini selaras dengan respon anomali magnetik residual bernilai rendah, yang mengindikasikan dominasi batuan vulkanik terubah serta pengaruh pelapukan dan pelemahan struktural dangkal.

Sebaliknya, Formasi Tpv dicirikan oleh anomali pseudo-gravitasi tinggi yang membentuk tonjolan hingga kubah pada penampang, mencerminkan keberadaan tubuh batuan berdensitas tinggi dan bersifat masif. Satuan ini ditafsirkan sebagai intrusi batuan beku mafik-intermediat, seperti andesit hingga basalt, yang berada pada kedalaman relatif dangkal. Gradien pseudo-gravitasi yang tajam pada batas antarformasi menunjukkan zona diskontinuitas struktural berupa patahan atau rekahan yang berperan penting dalam mengontrol distribusi litologi dan penempatan intrusi di wilayah Bakauheni.

Pemodelan magnetik dan pseudo-gravitasi yang dilakukan di wilayah Bakauheni mengungkapkan kerangka bawah permukaan

yang secara kuat dipengaruhi oleh keberadaan intrusi magmatik berorientasi barat laut-tenggara dengan suseptibilitas magnetik yang tinggi. Arah struktur ini menunjukkan kesesuaian yang erat dengan sistem Sesar Semangko, yang sejak lama diakui sebagai unsur tektonik utama yang mengontrol perkembangan geologi Sumatra bagian selatan (Simandjuntak dan Barber, 1996). Konsentrasi anomali positif yang kuat, yang teramati baik pada hasil RTP maupun peta pseudo-gravitasi, semakin memperkuat interpretasi bahwa batuan intrusi mafik hingga intermediat, seperti andesit dan basalt, menyusun bagian penting dari bawah permukaan daerah penelitian. Hal ini sejalan dengan sifat alami batuan tersebut yang umumnya memiliki suseptibilitas magnetik tinggi serta densitas yang relatif lebih besar dibandingkan dengan endapan Kuarter yang lebih muda (Telford dkk., 1990).

Keterbatasan Interpretasi

Meskipun integrasi RTP, pemisahan regional-residual, dan transformasi pseudo-gravitasi memberikan dasar interpretasi yang lebih kuat, metode magnetik tetap memiliki ambiguitas inheren. Interpretasi kedalaman dan geometri sumber sangat dipengaruhi oleh asumsi homogenitas magnetisasi serta dominasi magnetisasi induksi terhadap remanen. Pada batuan vulkanik Kuarter–Tersier kemungkinan keberadaan magnetisasi remanen tidak sepenuhnya dapat dieliminasi tanpa data paleomagnetik atau pengukuran suseptibilitas langsung di lapangan. Selain itu, heterogenitas litologi dangkal dan variasi tingkat alterasi dapat menghasilkan kontras magnetik lokal yang menyerupai respon intrusi. Oleh karena itu, model bawah permukaan yang dihasilkan dalam penelitian ini merepresentasikan solusi yang paling konsisten terhadap data magnetik dan geologi regional yang tersedia, namun tetap memerlukan verifikasi tambahan melalui metode geofisika lain seperti gravitasi atau survei petrofisika untuk meningkatkan tingkat kepercayaannya.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan kajian geofisika sebelumnya yang dilakukan di wilayah Lampung, khususnya di Lampung

Selatan dan sepanjang koridor Lampung–Panjang, di mana survei magnetik dan gravitasi juga mengidentifikasi keberadaan intrusi dangkal serta kecenderungan struktur berorientasi barat laut-tenggara (Rasimeng dkk., 2024b). Namun demikian, studi ini mengungkap zona anomali positif yang lebih luas dan lebih terkonsentrasi, yang mengindikasikan bahwa tubuh intrusi di bawah Bakauheni tidak hanya berukuran lebih besar, tetapi juga memiliki tingkat segmentasi struktur yang lebih kompleks dibandingkan intrusi-intrusi di sekitarnya yang telah dipetakan sebelumnya. Batas-batas anomali yang tajam, baik pada peta magnetik residual maupun hasil transformasi pseudo-gravitasi, menunjukkan keberadaan zona-zona kelemahan tektonik yang belum terdokumentasi pada peta geologi regional yang ada, sehingga memberikan wawasan baru mengenai perkembangan tektonomagmatik wilayah tersebut. Sementara itu, zona anomali rendah di sekitarnya mencerminkan heterogenitas litologi serta pengaruh proses pelapukan batuan. Area dengan nilai anomali rendah ini umumnya berasosiasi dengan sedimen Kuarter, satuan vulkanik teralterasi, dan material vulkanik terlapuk yang memiliki densitas serta suseptibilitas magnetik lebih rendah (Pratama dkk., 2019). Pola memanjang yang mengikuti arah struktur utama mengindikasikan kemungkinan keberadaan cekungan graben atau depresi tektonik, yang berpotensi berperan sebagai jalur migrasi fluida hidrotermal atau sebagai lokasi akumulasi sedimen (Bishop, 2008).

Pengamatan ini merupakan suatu kemajuan yang signifikan, mengingat penelitian-penelitian sebelumnya belum secara eksplisit mengidentifikasi keberadaan depresi semacam ini di wilayah Bakauheni dengan menggunakan metode pseudo-gravitasi. Melalui penggabungan tahapan reduksi ke kutub, kontinuasi ke atas, dan transformasi pseudo-gravitasi, penelitian ini berhasil memisahkan sumber-sumber anomali yang berasal dari kedalaman dangkal dan dalam, sehingga heterogenitas bawah permukaan pada kedalaman menengah dapat terdefiniskan dengan lebih jelas. Selain itu,

temuan ini juga memiliki implikasi yang lebih luas bagi kajian sumber daya geologi, termasuk eksplorasi panas bumi, penilaian bahaya geologi, serta karakterisasi kondisi batuan dasar yang penting bagi perencanaan infrastruktur. Dengan demikian, penelitian ini menyediakan landasan ilmiah yang kuat untuk pengembangan model geologi tiga dimensi yang lebih rinci dan andal di kawasan strategis Sumatra bagian selatan.

KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil memetakan kerangka geologi bawah permukaan wilayah Bakauheni secara efektif melalui pendekatan pemodelan anomali magnetik pseudo-gravitasi. Dengan menerapkan serangkaian tahapan pengolahan data, meliputi reduksi ke kutub, kontinuasi ke atas, pemisahan anomali regional dan residual, serta transformasi pseudo-gravitasi, struktur bawah permukaan dan variasi litologi dapat diungkap dengan tingkat kejelasan yang lebih tinggi. Hasil interpretasi menunjukkan bahwa wilayah penelitian didominasi oleh tubuh-tubuh intrusi yang padat dan memiliki suseptibilitas magnetik tinggi dengan orientasi barat laut-tenggara, yang searah dengan struktur regional utama seperti Sesar Semangko. Intrusi tersebut ditafsirkan tersusun oleh batuan beku mafik hingga intermediat, kemungkinan berkisar dari andesit hingga basalt, yang berperan sebagai sumber utama anomali magnetik kuat yang terdeteksi di seluruh daerah penelitian.

Di sekitar tubuh intrusi utama, berkembang zona-zona dengan anomali magnetik rendah yang mengindikasikan keberadaan sedimen Kuartar, batuan vulkanik teralterasi, serta material berdensitas rendah lainnya dengan suseptibilitas magnetik lemah. Kontras yang mencolok antara zona anomali rendah tersebut dan massa intrusi yang padat menegaskan adanya batas litologi yang jelas serta mengindikasikan keberadaan zona-zona yang mengalami pelemahan tektonik di wilayah tersebut. Secara keseluruhan, pendekatan pemodelan anomali magnetik pseudo-gravitasi terbukti sangat efektif dalam mengungkap geometri, pola sebaran spasial, dan kedalaman relatif struktur magmatik bawah permukaan di daerah Bakauheni.

Temuan ini memberikan dasar keilmuan yang kuat bagi penelitian lanjutan, termasuk evaluasi potensi sumber daya geologi, penilaian bahaya geologi, serta pengembangan model geologi tiga dimensi yang lebih rinci di Sumatra bagian selatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung atas dukungan fasilitas dan kesempatan yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan penghargaan juga disampaikan kepada seluruh dosen pembimbing serta rekan-rekan mahasiswa yang telah membantu dalam proses pengolahan data, diskusi ilmiah, dan penyempurnaan penulisan naskah ini. Selain itu, penulis turut menyampaikan apresiasi kepada pihak-pihak yang telah menyediakan data magnetik yang menjadi dasar utama dalam penelitian ini. Seluruh dukungan dan kontribusi tersebut memiliki arti yang sangat penting bagi terselesaikannya karya ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Bishop, M.G. (2008). *Petroleum geology of the North Sumatra Basin*. USGS Open-File Report.
- Blakely, R.J. (1996). *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press, Cambridge.
<https://doi.org/10.1017/CBO9780511549816>
- Dani, I., Zaenudin, A., Hutomo, A.I., dan Yuniza, N. (2024). Analysis of subsurface structure of Bandar Lampung City based on gravity anomalies. *Geodynamics & Tectonophysics*, 15(4), 0772.
<https://doi.org/10.5800/GT-2024-15-4-0772>
- Hermansyah, D., Sukrisna, B., dan Minardi, S. (2020). Identifikasi patahan di Desa Taman Ayu Kecamatan Gerung Kabupaten Lombok Barat menggunakan metode geomagnet. *JGE (Jurnal Geofisika Eksplorasi)*, 6(2), hal.145-155.
<https://doi.org/10.23960/jge.v6i2.70>

- Indratmoko, P., Nurwidyanto, M.I., dan Yulianto, T. (2009). Interpretasi bawah permukaan daerah manifestasi panas bumi Parang Tritis Kabupaten Bantul DIY dengan metode magnetik. *Berkala Fisika*, 12(4), hal.153-160.
- Maharani, H.N.I., Ismail, N., dan Marwan, M. (2019). Identifikasi struktur endapan aluvial di kawasan Kuala Gigieng, Aceh Besar, berdasarkan data anomali medan magnetik total menggunakan metode pseudogravitasi dan reduksi ke kutub. *Risalah Fisika*, 3(1), hal.9-13. <https://doi.org/10.35895/rf.v3i1.120>
- Mangga, S.A., Amirudin, Suwarti, T., Gafoer, S., dan Sidarto. (1993). *Peta Geologi Lembar Tanjungkarang, Sumatera, Skala 1:250.000*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Mashhadi, S.R. dan Safari, M. (2020). The effectiveness of pseudo-gravity transformation in mineral exploration: An example from a placer magnetite deposit. *NSG2020 3rd Conference on Geophysics for Mineral Exploration and Mining*, 2020(1), hal.1-5. European Association of Geoscientists & Engineers. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202020015>
- Nurdin, N.H., Massinai, M.A., dan Aswad, S. (2017). Identifikasi pola sebaran intrusi batuan bawah permukaan menggunakan metode geomagnet di Sungai Jenelata Kabupaten Gowa. *Jurnal Geoelebes*, 1(1), hal.17-22. <https://doi.org/10.20956/geoelebes.v1i1.1776>
- Pratama, A., Widodo, A., dan Nugroho, S. (2019). Magnetic interpretation of structural lineaments in the Lampung region. *Journal of Applied Geophysics*, 167, hal.45-55.
- Rasimeng, S., Sianturi, R.J., Surbakti, L.D., Kurniawan, Y., Dani, I., dan Rustadi, R. (2024a). Estimating bedrock depth based on total magnetic field anomaly data in Medan City area in the Northern Sumatra Basin using the Peter half slope method. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni*, 13(1), hal.45-55. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v13i1.18555>
- Rasimeng, S., Fahrudin, F., Valentin, F., Aurora, T.G., dan Nurlaili, J. (2024b). Subsurface interpretation of the Panjang Fault area, Lampung, based on geomagnetic method. *Jurnal Geoelebes*, 8(1), hal.37-50. <https://doi.org/10.20956/geoelebes.v8i1.28303>
- Reynolds, J.M. (2011). *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics, Second Edition*. John Wiley & Sons, Chichester.
- Salem, A., Green, C., Fairhead, D., dan Aboud, E. (2012). Mapping basement relief of Abu Gharadig Basin, Western Desert of Egypt using 3D inversion of pseudo-gravity data. *ASEG Extended Abstracts*, 2012(1), hal.1-4. <https://doi.org/10.1071/ASEG2012ab385>
- Setiaji, T.W., Khumayroh, R., dan Muhammad, A. (2020). Analisa struktur geologi pengontrol reservoir sistem panas bumi Ungaran berdasarkan data gravitasi dan geomagnetik. *Jurnal Geosains Terapan*, 3(1), hal.72-72.
- Simandjuntak, T.O. dan Barber, A.J. (1996). Contrasting tectonic styles in the Neogene orogenic belts of Indonesia. *Geological Society, London, Special Publications*, 106(1), hal.185-201. <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.1996.106.01.12>
- Subarsyah dan Priohandono, Y.A. (2009). Metoda pseudo-gravity dalam analisis kelurusan dan patahan di sekitar Tinggian Asahan, perairan Selat Malaka. *Jurnal Geologi Kelautan*, 7(2), hal.65-71. <https://doi.org/10.32693/jgk.7.2.2009.172>
- Susilo, A., Sunaryo, Isdarmadi, K., dan Rusli. (2017). Investigation of Jabung Temple subsurface at Probolinggo, Indonesia using resistivity and geomagnetic methods. *International Journal of GEOMATE*, 13(40), hal.74-80. <https://doi.org/10.21660/2017.40.39246>
- Susilo, N.D., Nurwidiyanto, M.I., dan Harmoko, U. (2016). Interpretasi lapisan bawah permukaan dengan

transformasi pseudogravitasi
berdasarkan data geomagnetik pada
manifestasi mata air panas Kendalisodo
Kabupaten Semarang. *Youngster
Physics Journal*, 5(4), hal.195-202.

Telford, W.M., Geldart, L.P., dan Sheriff, R.E.
(1990). *Applied Geophysics, Second
Edition*. Cambridge University Press,
Cambridge.
[https://doi.org/10.1017/CBO97811391
67932](https://doi.org/10.1017/CBO9781139167932)