



**PERKIRAAN POSISI DAN KEDALAMAN TITIK CURIE PANAS BUMI
BERDASARKAN DATA MAGNETIK SATELIT MENGGUNAKAN
METODE ANALISIS SPEKTRAL 2D
DI SEKITAR GUNUNG LAWU**

***ESTIMATION OF THE POSITION AND DEPTH OF THE GEOTHERMAL
CURIE POINT BASED ON SATELLITE MAGNETIC DATA USING THE
2D SPECTRAL ANALYSIS METHOD AROUND MOUNT LAWU***

Fatah Rizki Widiaji*, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

R. Yosi Aprian Sari, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

*e-mail: fatahrizki.2021@student.uny.ac.id

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kedalaman titik Curie untuk mengestimasi panas bumi di sekitar Gunung Lawu pada koordinat $-7,309^{\circ}$ LS sampai $-8,035^{\circ}$ LS dan $110,793^{\circ}$ BT sampai $111,562^{\circ}$ BT dengan luas sekitar 85 km x 81 km, dengan menggunakan metode Analisis Spektral 2D berbasis data magnetik. Gunung Lawu merupakan lokasi yang memiliki potensi panas bumi yang menarik untuk diteliti dengan potensi diperkirakan sekitar 137 MW dengan cadangan terduga sebesar 195 MW. Kedalaman titik Curie dan *Heatflow* merupakan indikator penting untuk identifikasi panas bumi, karena dapat mengetahui kondisi termal dan distribusi panas di bawah permukaan. Data yang digunakan berupa data anomali medan magnet satelit yang berasal dari *Web EMAG2 v3* dengan resolusi *2 arc-minute*. Analisis Spektral 2D dilakukan untuk memperoleh kedalaman atas, kedalaman pusat, kedalaman titik Curie, dan *Heatflow* pada tiap bagian dari data sebaran variasi anomali magnetik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedalaman titik Curie di wilayah studi berkisar antara 30,814 km hingga 62,514 km dengan nilai rata-rata 45,541 km sedangkan nilai *Heatflow* berkisar antara 23,194 mWm^{-2} hingga 47,055 mWm^{-2} dengan nilai rata-rata 33,477 mWm^{-2} . Wilayah sekitar Gunung Lawu memiliki kedalaman titik Curie yang relatif dalam dan *Heatflow* yang rendah yang mengindikasikan potensi panas bumi yang rendah. Sebaliknya, di wilayah sebelah Utara dan Barat Gunung Lawu dengan jarak 10-30 km dari Gunung Lawu menunjukkan kedalaman yang lebih dangkal dan *Heatflow* lebih tinggi. Dengan demikian, metode yang digunakan terbukti efektif dalam mengidentifikasi dan mengestimasi zona prospektif panas bumi berdasarkan distribusi kedalaman titik Curie dan *Heatflow*.

Kata Kunci: *Panas Bumi, Gunung Lawu, Magnetik, Analisis Spektral 2D, Titik Curie, Heatflow*

Abstract. *This study purposes to determine the Curie point depth to estimate geothermal energy around Mount Lawu at coordinates $-7,309^{\circ}$ S to $-8,035^{\circ}$ S and $110,793^{\circ}$ E to $111,562^{\circ}$ E, covering an area of approximately 85 km x 81 km, using a 2D Spectral Analysis method based on magnetic data. Mount Lawu is a location with attractive geothermal potential for research, with an estimated potential of around 137 MW and an estimated reserve of 195 MW. Curie point depth and heat flow are important indicators for geothermal identification, as they can reveal thermal conditions and heat distribution beneath the surface. The data used consists of satellite magnetic field anomaly data from the EMAG2 v3 website with a resolution of 2 arc-minutes. 2D spectral analysis was performed to obtain the upper depth, central depth, Curie point depth, and heat flow in each part of the magnetic anomaly distribution data. The results of the study show that the Curie point depth in the study area ranges from 30.814 km to 62.514 km with an average value of 45.541 km, while the heat flow value ranges from 23.194 mWm⁻² to 47.055 mWm⁻² with an average value of 33.477 mWm⁻². The area around Mount Lawu has a relatively deep Curie point and low heat flow, indicating low geothermal potential. Conversely, the areas north and west of Mount Lawu, located 10-30 km from Mount Lawu, show shallower depths and higher heat flow. Thus, the method used has proven effective in identifying and estimating prospective geothermal zones based on the distribution of Curie point depth and heat flow..*

Keywords: Geothermal Energy, Mount Lawu, Magnetic, 2D Spectral Analysis, Curie Point, Heatflow

PENDAHULUAN

Indonesia berada di jalur Cincin Api Pasifik yang membuat potensi energi panas bumi berlimpah. Potensi sumber daya panas bumi Di Indonesia sangat besar, mencapai 23.742 MW (Megawatt). Berdasarkan jumlah tersebut, masih terdapat peluang besar pengembangan panas bumi di Indonesia. Saat ini Indonesia menempati posisi nomor dua sebagai produsen listrik panas bumi secara global. Dengan kapasitas listrik terpasang dari sumber panas bumi sebesar 2.744 MW, posisi Indonesia hanya berada di bawah Amerika Serikat yang memiliki 3.937 MW listrik dari panas bumi. Hal ini berarti pemanfaatnya baru sekitar 10 % sedangkan sekitar 90% sisanya masih belum dimanfaatkan (Kementerian ESDM, 2025).

Salah satu daerah dengan potensi panas bumi yang menarik untuk diteliti adalah daerah sekitar Gunung Lawu. Berdasarkan data dari Kementerian ESDM tahun 2017, potensi energi panas bumi di daerah Gunung Lawu diperkirakan mencapai 137 MW dengan cadangan terduga sebesar 195 MW. Gunung Lawu adalah gunung berjenis *stratovolcano* yaitu jenis gunung yang bentuknya kerucut tinggi dan simetris serta lerengnya curam yang terletak di batas wilayah Jawa Tengah dan Jawa Timur yaitu Di Kabupaten Karanganyar, Kabupaten Magetan, dan Kabupaten Ngawi. Gunung Lawu terletak pada koordinat $-7,625^{\circ}$ LS dan $111,191^{\circ}$ BT (Van Bemmelen, 1949).

Titik Curie merupakan salah satu parameter penting dalam penelitian untuk mencari panas bumi. Titik Curie merupakan suatu keadaan dimana batuan kehilangan sifat kemagnetannya akibat pengaruh suhu tinggi sekitar 580 °C. Suatu batuan yang di dalamnya terkandung mineral yang bersifat magnetik atau feromagnetik berubah menjadi paramagnetik atau sifat kemagnetannya berkurang bahkan hilang akibat kenaikan suhu di

atas 580 °C (Aboud *et al.*, 2011). Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Syamsurijal Rasimeng, dkk tahun 2013 menggunakan data magnetik dari kompilasi data magnet satelit, udara, dan laut di daerah sepanjang Sesar Sumatera dengan metode Analisis Spektral 2D membuktikan bahwa estimasi kedalaman titik Curie dapat digunakan untuk mengidentifikasi panas bumi. Temuan tersebut diperkuat dengan hasil penelitian yang pernah dilakukan oleh Amirah Zatil Ismah, dkk tahun 2024 di daerah sesar Sumatra Segmen Sianok yang juga menjelaskan bahwa penentuan kedalaman titik Curie untuk mengidentifikasi panas bumi dapat dicari menggunakan data magnetik dengan metode Analisis Spektral 2D.

EMAG 2 menjadi salah satu *web* yang sering digunakan untuk mencari data anomali medan magnet satelit. EMAG 2 adalah singkatan dari *Earth Magnetic Anomaly Grid (2 arc minutes)* sebuah *web* yang mengkompilasi data anomali medan magnet bumi secara global pada ketinggian 4km di atas permukaan laut dengan resolusi 2 menit busur yang dirilis oleh NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*, sebuah badan ilmiah yang berada di bawah Departemen Perdagangan Amerika Serikat), sedangkan EMAG 2 v3 adalah versi terbaru yang menyempurnakan data kompilasi sebelumnya. Penelitian yang telah dilakukan oleh Ahmad Raihan Zikri, dkk tahun 2025 dan Silvia Sri Handayani, dkk tahun 2025 menjelaskan bahwa kedalaman titik Curie menggunakan data magnetik satelit EMAG 2 v3 dengan metode Analisis Spektral 2D dapat mengestimasi kedalaman titik Curie panas bumi yang ada di wilayah Kabupaten Magelang dan Kabupaten Probolinggo. Sedangkan, penelitian sebelumnya yang pernah dilakukan oleh Maryadi, dkk tahun 2024 menggunakan metode Magnetotellurik dan Gravity menjelaskan bahwa daerah Gunung Lawu memiliki 11 manifestasi panas bumi yang beberapa di antaranya berbentuk *fumarole* dan mata air panas. Penelitian tersebut memberikan data yang akurat namun memakan biaya yang cukup banyak dan metode yang rumit. Berdasarkan beberapa hasil penelitian di atas, penelitian di sekitar Gunung Lawu belum banyak yang meneliti sehingga menarik untuk dilakukan dengan menggunakan metode yang lebih sederhana dan tidak memakan banyak biaya untuk mencari panas bumi.

Pada penelitian ini digunakan data magnetik satelit global EMAG 2 v3 yang diunduh dari *Web* NOAA dan dianalisis dengan metode Analisis Spektral 2D untuk mencari estimasi kedalaman titik Curie dan *heatflow*. Estimasi kedalaman titik Curie dilakukan untuk memetakan *heatflow* yang merupakan parameter penting dalam identifikasi dan estimasi potensi panas bumi (Amir *et al.*, 2021). Penelitian ini diharapkan dapat menjadi langkah awal dalam mengidentifikasi adanya panas bumi dan estimasi kedalaman panas bumi sebelum dilakukan pengambilan data lapangan.

METODE

Jenis atau Desain Penelitian

Penelitian ini digolongkan sebagai penelitian kuantitatif dengan pendekatan metode analisis data dan modelling, bertujuan untuk mengestimasi kedalaman titik Curie dan *Heatflow* menggunakan metode Analisis Spektral 2D.

Teknik Pengambilan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan fokus pada analisis data dan modelling. Langkah awal dalam penelitian ini adalah memperoleh data anomali magnetik satelit di sekitar Gunung Lawu pada koordinat $-7,309^{\circ}$ LS sampai $-8,035^{\circ}$ LS; $110,793^{\circ}$ BT hingga $111,562^{\circ}$ BT. Data ini dicari dari *web* EMAG2 v3 yang merupakan data magnetik satelit kompilasi global yang dirilis di laman resmi NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*). Data ini telah melalui koreksi IGRF dan koreksi variasi harian (*diurnal*) medan magnetik, sehingga siap untuk dianalisis guna memetakan anomali magnetik lokal..

Teknik Analisis Data

Data variasi magnetik lokal kemudian diplot menggunakan *software* Geosoft Oasis Montaj. Di *software* ini, dilakukan pembuatan *grid* awal dan peta anomali magnetik total. Selanjutnya, dilakukan proses pemfilteran *Reduce To Pole* (RTP) untuk menghilangkan distorsi yang disebabkan oleh inklinasi medan magnet di lintang rendah dan memposisikan anomali magnetik secara horizontal tepat di atas sumbernya. Data *grid* yang telah difilter menggunakan RTP kemudian dibagi menjadi 16 bagian dan diolah menggunakan metode Analisis Spektral 2D menggunakan Geosoft Oasis Montaj. Metode ini melibatkan *Fast Fourier Transform* (FFT) pada setiap bagian dari 16 bagian dari area penelitian untuk memisahkan data kedalaman anomali magnetik lokal dan regional. Analisis ini bertujuan untuk mendapatkan parameter kedalaman sumber magnetik dari data kedalaman anomali magnetik lokal dan regional, yaitu kedalaman atas (Z_t) dan kedalaman pusat (Z_0).

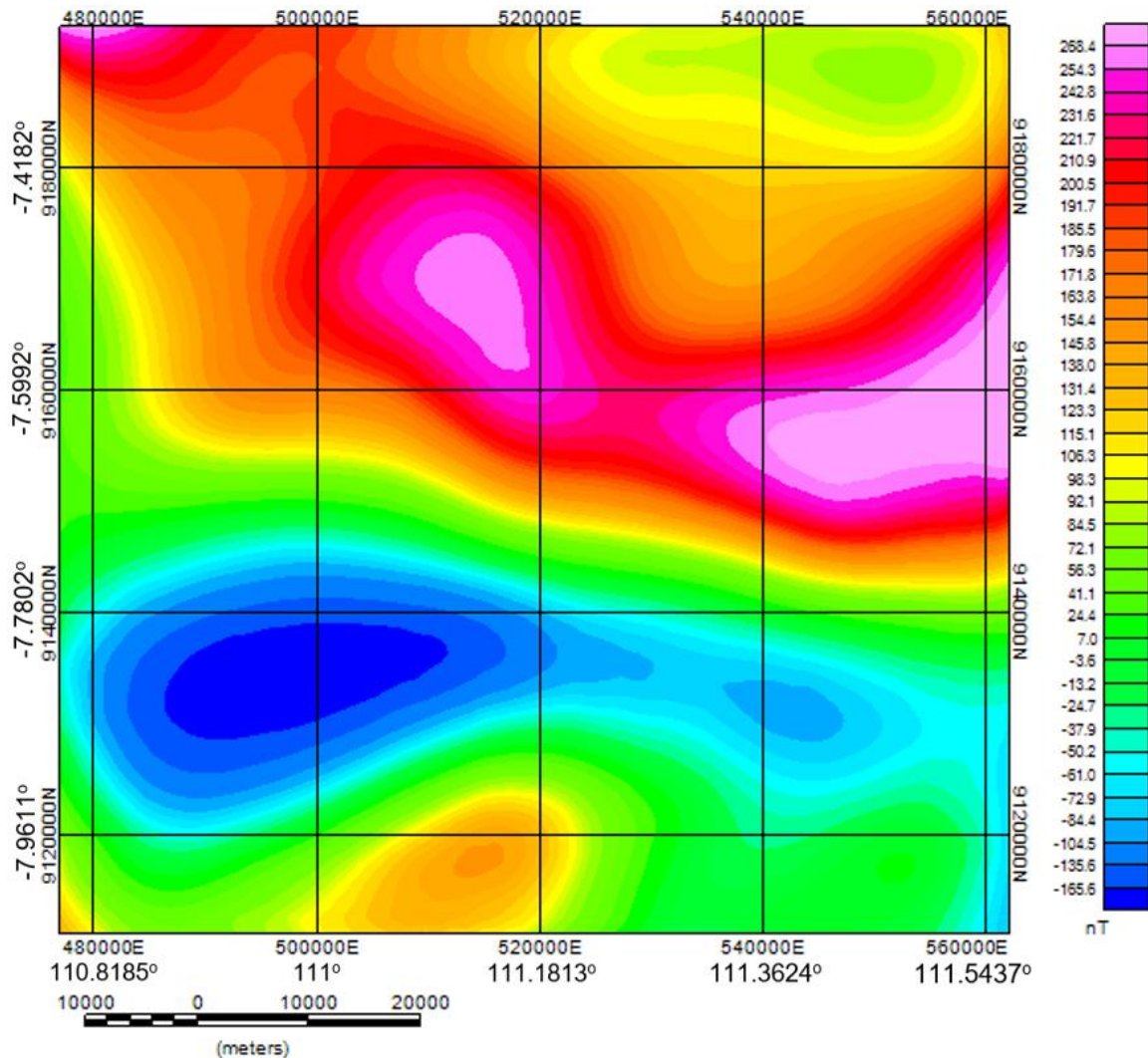
Data hasil Analisis Spektral 2D pada setiap bagian yang dinyatakan dalam koordinat *longitude-latitude* diproses lebih lanjut menggunakan Microsoft Excel. Penentuan kedalaman titik Curie (Z_b) pada setiap bagian dicari dengan rumus $Z_b = 2Z_0 - Z_t$ (Tanaka, A., *et.a.*, 1999). Selanjutnya, nilai Z_b pada setiap bagian digunakan untuk mencari nilai gradien suhu geothermal (dT/dZ) dalam satuan $^{\circ}\text{C}/\text{km}$ menggunakan rumus $dT/dZ = 580/Z_b$, lalu nilai gradien suhu geothermal (dT/dZ) pada setiap bagian digunakan untuk mencari nilai *Heatflow* (q) dengan satuan mWm^{-2} menggunakan rumus $q = 2,5(dT/dZ)$. Langkah terakhir yaitu pembuatan peta kontur kedalaman titik Curie dan *Heatflow* menggunakan data kedalaman titik Curie (Z_b) dan data *Heatflow* serta data koordinat 16 bagian tersebut menggunakan *software* *Surfer* serta interpretasi kedua peta tersebut.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Peta Variasi Nilai Anomali Magnet

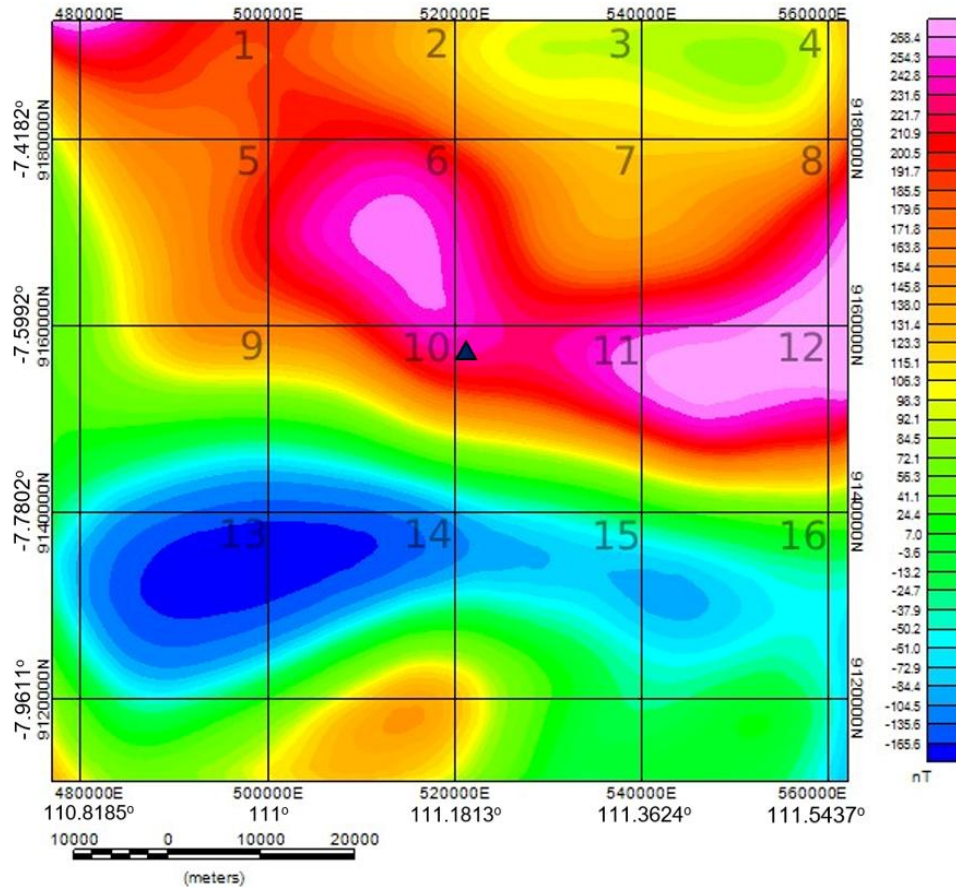
Berikut adalah peta yang dihasilkan dari Software Geosoft Oasis Montaj yang berasal dari plot data yang didapatkan dari *Web* EMAG 2 v3 dengan koordinat $-7,309^{\circ}$ LS sampai $-8,035^{\circ}$ LS; $110,793^{\circ}$ BT hingga $111,562^{\circ}$ BT dan telah melalui proses filtering RTP (*Reduce To Pole*) yang digambarkan pada Gambar 1. Data yang dihasilkan memiliki rentang dari -165.6 nT hingga 268.4 nT. Variasi nilai medan magnet berkaitan langsung dengan adanya kandungan mineral yang memiliki sifat kemagnetan tertentu, struktur geologi, dan zona alterasi hidrotermal. Adanya nilai negatif menunjukkan vektor arah medan magnet yang berlawanan arah. Namun perlu diingat bahwa akurasi data magnet

tidak bisa menjadi satu-satunya acuan dalam penentuan panas bumi di suatu daerah sehingga sangat memerlukan metode-metode pendukung yang lain.



Gambar 1. Peta variasi nilai anomali magnet di sekitar Gunung Lawu

Berikut adalah bentuk peta variasi nilai magnetik yang telah dilakukan pembagian sebanyak 16 Bagian dan diberi penanda segitiga berwarna hitam sebagai Gunung Lawu yang digambarkan oleh Gambar 2. Hal ini bertujuan untuk mengakuratkan data agar ketika dilakukan teknik Analisis Spektral 2D hasilnya lebih detail. Pada peta tersebut terlihat bahwa Gunung Lawu memiliki variasi nilai magnetik yang relatif tinggi yaitu sekitar 106 nT hingga 268 nT pada jangkauan sejauh 20 km. Daerah yang memiliki variasi nilai magnetik tertinggi terletak di sebelah barat laut Gunung Lawu yaitu pada bagian ke 6 dengan rentang nilai 146 nT hingga 268 nT dan di sebelah timur Gunung Lawu yaitu pada bagian ke 12 dengan rentang nilai 72 nT sampai 268 nT sedangkan daerah yang memiliki variasi nilai magnetik yang rendah terletak di sebelah barat daya Gunung Lawu yaitu di bagian 13 dan 14 dengan rentang nilai -165 nT sampai 106 nT.



Gambar 2. Peta variasi nilai anomali magnet yang telah dibagi 16 Bagian

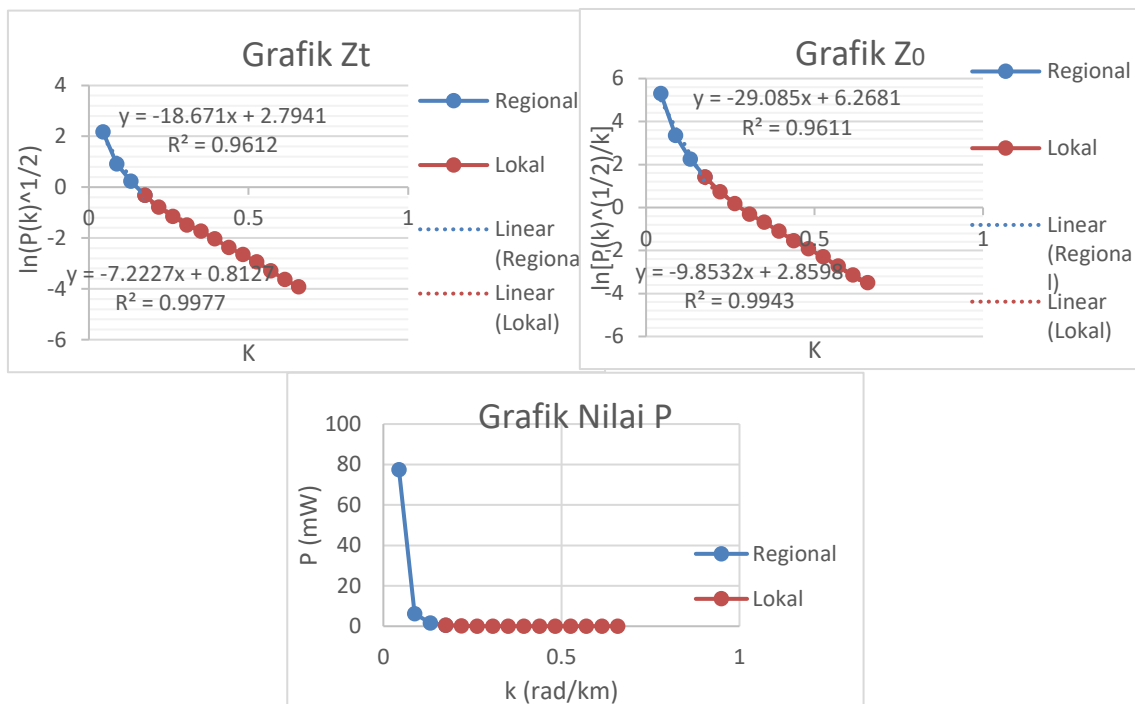
Data Grafik Hasil Analisis Spektral 2D

Berdasarkan Peta variasi nilai anomali magnet yang telah dibagi 16 Bagian, selanjutnya dilakukan Analisis Spektral 2D pada masing-masing bagian untuk memperoleh kurva spektrum daya radial rata-rata. Kurva ini menunjukkan hubungan antara bilangan gelombang (k) dengan logaritma natural dari densitas spektrum daya ($\ln P$). Hasil analisis ini berupa spektrum energi rata-rata yang divisualisasikan dalam kurva hubungan antara bilangan gelombang (k) dan logaritma natural dari spektrum daya ($\ln P$), yang digunakan untuk menentukan parameter kedalaman sumber magnetik. Selanjutnya, dilakukan perhitungan berdasarkan kemiringan kurva pada domain frekuensi rendah dan tinggi berupa plot grafik hubungan antara $\ln [P|k|^{1/2}]$ dengan k dan $\ln \{[P|k|^{1/2}] / |k|\}$ dengan k (Spector, A., & Grant, F. S., 1970). Dari sini diperoleh dua parameter utama Z_t (kedalaman atas sumber magnetik) Z_0 (kedalaman rata-rata sumber magnetik) Kedua nilai ini kemudian digunakan untuk menghitung kedalaman titik Curie (Z_b) dengan menggunakan rumus $Z_b = 2Z_0 - Z_t$.

Grafik berikut adalah grafik kurva radial rata-rata power spektrum dari beberapa bagian yang dipilih sebagai sampel di daerah kajian, yaitu pada Bagian 6, 11, dan 14. Bagian-bagian ini dipilih sebagai sampel analisis karena mewakili variasi nilai anomali magnetik yang berbeda dan mewakili karakteristik bawah permukaan secara regional serta mencerminkan kondisi geologi yang beragam pada wilayah studi.

Data Grafik Bagain ke 6

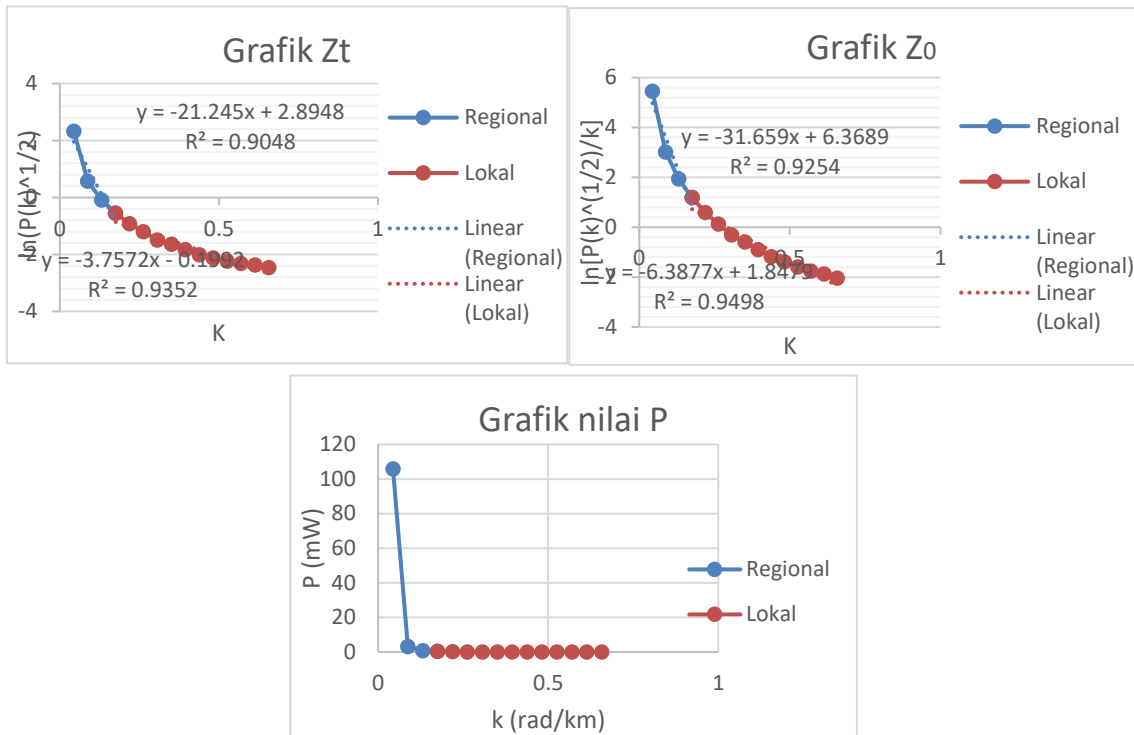
Dari grafik Zt pada Gambar 3 nilai yang diambil adalah nilai Mlokal yang terlihat dari nilai kemiringan kurva lokal yaitu sebesar -7,2227 sedangkan pada grafik Z0 nilai yang diambil adalah nilai Mregional yang terlihat dari nilai kemiringan kurva regional yaitu sebesar -29.085. Nilai negatif pada grafik Zt dan Z0 disebabkan karena nilai logaritma natural dari P yang sangat kecil yaitu sekitar 0.000388 hingga 0.524538 meskipun begitu nilai negatif pada kedua grafik tersebut mencerminkan bahwa data-data lokal dan regional tersebut saling terikat. Pada grafik nilai P menunjukkan nilai asli dari P dengan cakupan nilai dari 0.000388 hingga 77.39406 yang menunjukkan bahwa grafiknya serupa dengan grafik Zt dan Z0.



Gambar 3. Grafik kedalaman atas Zt, kedalaman pusat Z0, dan kurva nilai P pada Bagain ke 6

Data Grafik Bagain ke 11

Dari grafik Zt pada Gambar 4 nilai yang diambil adalah nilai Mlokal yang terlihat dari nilai kemiringan kurva lokal yaitu sebesar -3.7572 sedangkan pada grafik Z0 nilai yang diambil adalah nilai Mregional yang terlihat dari nilai kemiringan kurva regional yaitu sebesar -31.659. Nilai negatif pada grafik Zt dan Z0 disebabkan karena nilai logaritma natural dari P yang sangat kecil yaitu sekitar 0.007368 hingga 0.840289 meskipun begitu nilai negatif pada kedua grafik tersebut mencerminkan bahwa data-data lokal dan regional tersebut saling terikat. Pada grafik nilai P menunjukkan nilai asli dari P dengan cakupan nilai dari 0.007368 hingga 105.8571 yang menunjukkan bahwa grafiknya serupa dengan grafik Zt dan Z0.



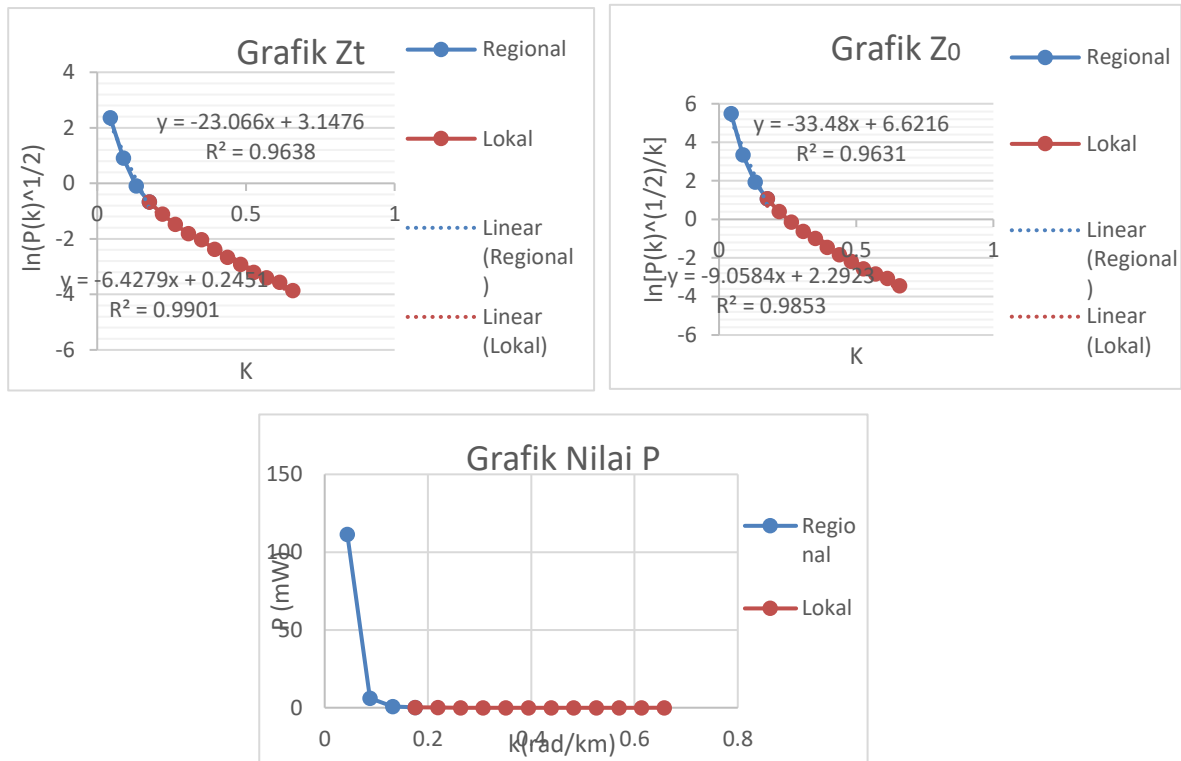
Gambar 4. Grafik kedalaman atas Zt, kedalaman pusat Z0, dan kurva nilai P pada bagian ke 11

Data Bagian ke 14

Dari grafik Zt pada Gambar 4.5 nilai yang diambil adalah nilai Mlokal yang terlihat dari nilai kemiringan kurva lokal yaitu sebesar -6.4279 sedangkan pada grafik Z0 nilai yang diambil adalah nilai Mregional yang terlihat dari nilai kemiringan kurva regional yaitu sebesar -33.48. Nilai negatif pada grafik Zt dan Z0 disebabkan karena nilai logaritma natural dari P yang sangat kecil yaitu sekitar 0.000432 hingga 0.8166 meskipun begitu nilai negatif pada kedua grafik tersebut mencerminkan bahwa data-data lokal dan regional tersebut saling terikat. Pada grafik nilai P menunjukkan nilai asli dari P dengan cakupan nilai dari 0.000432 hingga 111.3892 yang menunjukkan bahwa grafiknya serupa dengan grafik Zt dan Z0.

Tabel Nilai Perhitungan

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan sebelumnya, diperoleh nilai kedalaman titik Curie yang bervariasi. Nilai perhitungan kedalaman titik Curie tiap-tiap bagian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Rata-rata kedalaman titik Curie di wilayah studi adalah 45,541 km, dengan rentang nilai antara 30,8147 km hingga 62,5144 km.



Gambar 5. Grafik kedalaman atas Zt, kedalaman pusat Z0, dan kurva nilai P pada bagian ke 14

Tabel 1. Nilai kedalaman atas (Zt), kedalaman rata-rata/pusat (Z0), kedalaman titik Curie (Zb), gradien suhu geothermal, dan Heatflow.

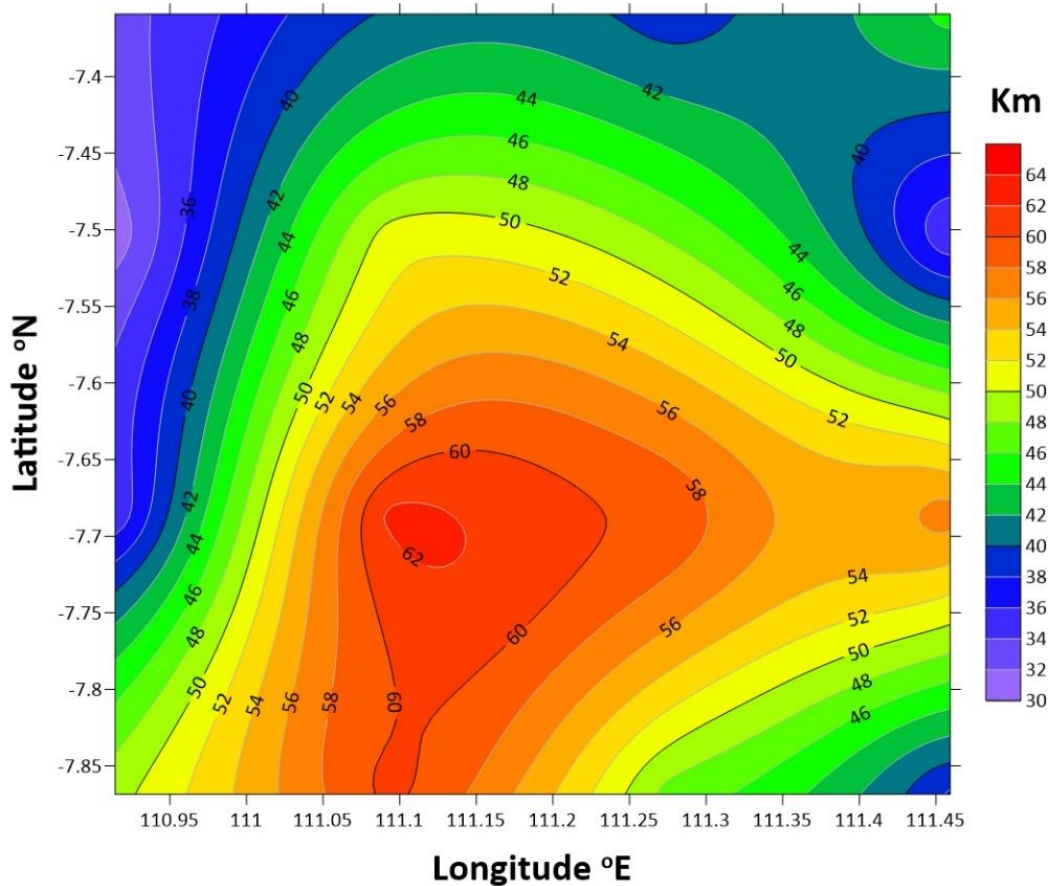
Bagian	Long (°BT)	Lat (°LS)	Zo(km)	Zt(km)	Zb(km)	dT/dZ (°C/km)	q (mWm ⁻²)
Bagian 1	110.9143	-7.35943	20.439	7.7713	33.1067	17.51911245	43.7977811
Bagian 2	111.0935	-7.35943	23.418	6.5723	40.2637	14.40503481	36.012587
Bagian 3	111.2761	-7.35935	22.369	5.8285	38.9095	14.90638533	37.2659633
Bagian 4	111.4587	-7.3592	24.401	4.0878	44.7142	12.97127087	32.4281772
Bagian 5	110.9143	-7.5039	19.527	8.2393	30.8147	18.82218552	47.0554638
Bagian 6	111.0935	-7.5039	29.085	7.2227	50.9473	11.38431281	28.460782
Bagian 7	111.2762	-7.50383	25.518	3.3768	47.6592	12.16973848	30.4243462
Bagian 8	111.4589	-7.50367	20.806	7.4217	34.1903	16.96387572	42.4096893
Bagian 9	110.9143	-7.68621	19.233	4.0444	34.4216	16.84988496	42.1247124
Bagian 10	111.0936	-7.68621	33.428	4.3416	62.5144	9.277862381	23.194656
Bagian 11	111.2763	-7.68613	31.659	3.7572	59.5608	9.737948449	24.3448711
Bagian 12	111.4591	-7.68598	31.134	5.3131	56.9549	10.18349606	25.4587402
Bagian 13	110.9142	-7.86852	27.768	6.2301	49.3059	11.7632981	29.4082453
Bagian 14	111.0936	-7.86852	33.48	6.4279	60.5321	9.581693019	23.9542325
Bagian 15	111.2764	-7.86844	25.58	4.0538	47.1062	12.31260429	30.7815107
Bagian 16	111.4593	-7.86828	22.111	6.5682	37.6538	15.40349181	38.5087295
Rata-Rata					45.541	13.39076219	33.4769055

Peta Kontur

Berdasarkan data Tabel 1, diperoleh nilai kedalaman titik Curie yang bervariasi dari masing-masing 16 Bagian. Hasil dari nilai Z_b dan nilai q yang didapatkan dari 16 Bagian, selanjutnya dilakukan pembuatan peta kontur kedalaman titik Curie dan peta kontur *Heatflow* menggunakan *software* Surfer. Hasil dari pembuatan kedua peta kontur tersebut adalah sebagai berikut.

Peta Kontur Kedalaman Curie

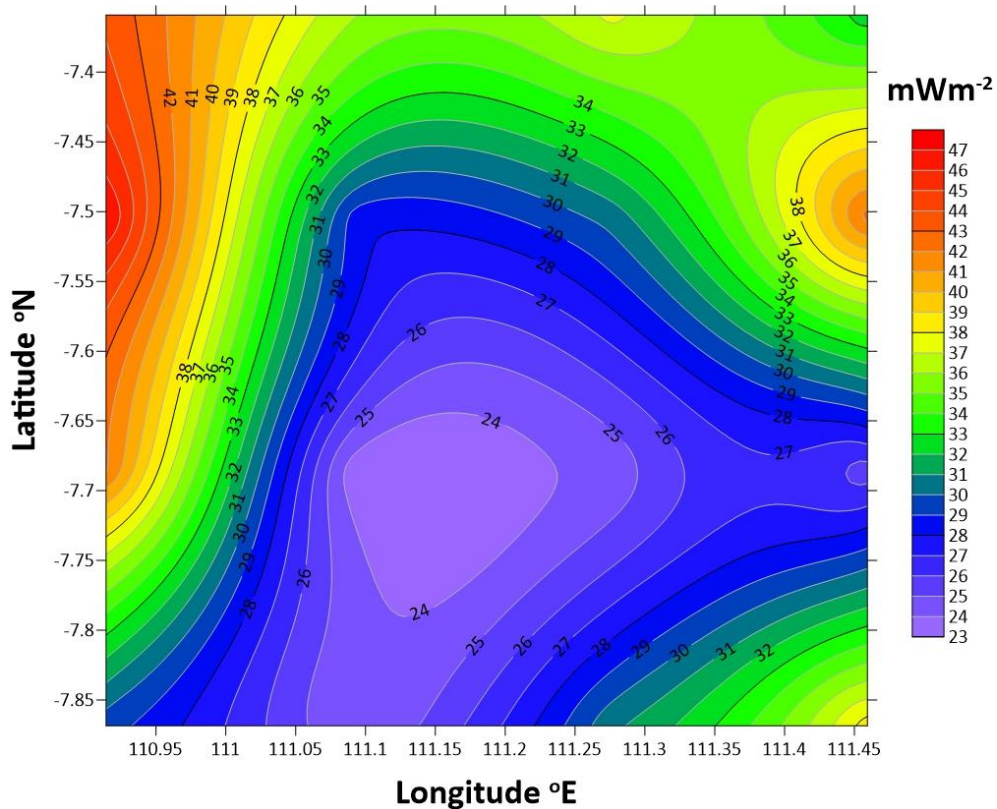
Berdasarkan Gambar 6 menggambarkan bahwa kedalaman titik Curie terdangkal di dominasi di wilayah Barat Gunung Lawu yaitu sekitar 30-40 km. Di bagian tengah atau sekitar Gunung Lawu didominasi oleh kedalaman titik Curie terdalam yaitu sekitar 50-64 km serta di sebagian wilayah utara dan timur didominasi oleh kedalaman Curie menengah sekitar 42-48 km. Namun perlu diperhatikan bahwa peta di atas memiliki kekurangan bahwa adanya *Edge Effect* sehingga data yang berada di pinggir memiliki akurasi yang lebih rendah daripada data yang berada di tengah (Blakely, R. J., 1995). Berdasarkan hal tersebut, akan lebih baik bila mengabaikan data yang berada di bagian tepi peta sehingga bila ingin melakukan penelitian lebih lanjut sebaiknya menggunakan data variasi nilai kedalaman yang ada di sekitar Gunung Lawu dengan jarak 15-30 km yang berwarna hijau dengan nilai kedalaman 40-46 km.



Gambar 6. Peta Kontur Kedalaman Titik Curie

Peta Kontur *Heatflow*

Hasil dari Gambar 7 menunjukkan bahwa aliran panas tertinggi didominasi di sebelah Barat Gunung Lawu yaitu sekitar $38\text{-}47\text{ mWm}^{-2}$. Di bagian sekitar gunung Lawu didominasi oleh aliran panas terendah yaitu sekitar $23\text{-}30\text{ mWm}^{-2}$ serta di sebagian wilayah bagian utara dan sebagian wilayah timur memiliki aliran panas pada tingkat menengah yaitu sebesar $31\text{-}36\text{ mWm}^{-2}$. Peta ini juga memiliki kelemahan yang sama seperti peta kontur kedalaman titik Curie yaitu memiliki *Edge Effect* sehingga data yang berada di bagian tepi memiliki akurasi yang lebih rendah daripada data yang berada di bagian tengah (Blakely, R. J., 1995). Apabila hendak melakukan penelitian lebih lanjut akan lebih baik menggunakan data variasi nilai yang ada di sekitar Gunung Lawu dengan jarak $15\text{-}30\text{ km}$ yang berwarna hijau hingga kuning dengan nilai $34\text{-}38\text{ mWm}^{-2}$.



Gambar 7. Peta Kontur *Heatflow*

SIMPULAN

Penelitian ini telah berhasil membuat peta variasi anomali magnet di daerah sekitar Gunung Lawu yang memiliki rentang data dari -165.6 nT hingga 268.4 nT . Dari peta tersebut terlihat Gunung Lawu memiliki variasi nilai magnetik yang relatif tinggi yaitu sekitar 106 hingga 268 nT pada jangkauan sejauh 20 km . Daerah yang memiliki variasi nilai magnetik tertinggi terletak di sebelah barat laut Gunung Lawu yaitu pada bagian ke 6 dengan rentang nilai 146 nT hingga 268 nT dan di sebelah timur Gunung Lawu yaitu pada bagian ke 12 dengan rentang nilai 72 nT sampai 268 nT sedangkan daerah yang memiliki variasi nilai magnetik yang rendah terletak di sebelah barat daya Gunung Lawu yaitu di bagian 13 dan 14 dengan rentang nilai -165 nT sampai 106 nT .

Kedalaman titik Curie di daerah sekitar Gunung Lawu berkisar antara 30,8147 km hingga 62,5144 km dengan nilai rata-rata kedalaman titik Curie di wilayah studi adalah 45,541 km berdasarkan Peta Kontur Kedalaman Titik Curie. Kedalaman titik Curie terdangkal di dominasi di wilayah Barat Gunung Lawu yaitu sekitar 30-40 km. Di bagian tengah atau sekitar Gunung Lawu didominasi oleh kedalaman titik Curie terdalam yaitu sekitar 50-64 km serta di sebagian wilayah utara dan timur didominasi oleh kedalaman titik Curie menengah sekitar 42-48 km. Perlu diperhatikan bahwa terdapat kekurangan pada peta tersebut karena adanya Edge Effect sehingga data yang berada di pinggir memiliki akurasi yang lebih rendah daripada data yang berada di tengah. Berdasarkan hal tersebut, akan lebih baik bila mengabaikan data yang berada di bagian tepi peta sehingga bila ingin melakukan penelitian lebih lanjut sebaiknya menggunakan data variasi nilai kedalaman yang ada di sekitar Gunung Lawu dengan jarak 15-30 km yang berwarna hijau dengan nilai kedalaman 40-46 km.

Berdasarkan Peta Kontur *Heatflow* menunjukkan bahwa aliran panas tertinggi didominasi di sebelah Barat Gunung Lawu yaitu sekitar 38-47 mWm⁻². Di bagian sekitar gunung Lawu didominasi oleh aliran panas terendah yaitu sekitar 23-30 mWm⁻² serta di sebagian wilayah bagian utara dan sebagian wilayah timur memiliki aliran panas pada tingkat menengah yaitu sebesar 31-36 mWm⁻². Berdasarkan adanya Edge Effect maka daerah yang ideal untuk dilakukan penelitian panas bumi lebih lanjut yaitu daerah yang berada di sekitar Gunung Lawu dengan jarak 15-30 km yang berwarna hijau hingga kuning dengan nilai 34-38 mWm⁻² pada Peta Kontur *Heatflow*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan ini. Penghargaan khusus disampaikan kepada Bapak R. Yosi Aprian Sari, S.Si., M.Si., selaku dosen pembimbing, atas ilmu, arahan, dan motivasi yang diberikan selama proses ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada berbagai pihak lainnya yang turut berkontribusi namun tidak dapat disebutkan satu per satu.

DAFTAR PUSTAKA

- About, E., Salem, A., & Mekkawi, M. (2011). Curie depth map for Sinai Peninsula, Egypt deduced from the analysis of magnetic data. *Tectonophysics*, 506(1–4), 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2011.04.010>
- Amir, H., Bijaksana, S., Dahrin, D., Nugraha, A. D., Arisbaya, I., Pratama, A., & Suryanata, P. B. (2021). Subsurface structure of Sumani segment in the Great Sumatran Fault inferred from magnetic and gravity modeling. *Tectonophysics*, 821, 229149. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2021.229149>
- Blakely, R. J. (1995). *Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications*. Cambridge University Press.
- ESDM. (2017). *Energi Panas Bumi Ramah Terhadap Lingkungan Sekitar*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. Diakses dari <https://www.esdm.go.id/id/berita-unit/direktorat-jenderal-ebtke/energi-panas-bumi-ramah-terhadap-lingkungan-sekitar>

- ESDM. (2018). Ini Dia Sebaran Pembangkit Listrik Panas Bumi di Indonesia. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. Diakses dari <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/ini-dia-sebaran-pembangkit-listrik-panas-bumi-di-indonesia>
- Handayani, S. S., Amir, H., Dwiridal, L., & Zuhendra. (2025). Penentuan Kedalaman Titik Curie Berdasarkan Data Geomagnetik dengan Menggunakan Analisis Spektral dan Upward Continuation (Studi Kasus Kabupaten Probolinggo). *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 9(2), 25701–25708.
- Ismah, A. Z., Amir, H., Dwiridal, L., & Zuhendra. (2024). Estimasi Kedalaman Titik Curie Berdasarkan Data Magnetik Menggunakan Metode Analisis Spektral 2D pada Sesar Sumatera Segmen Sianok. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 8(3), 42333–42340.
- Kementerian ESDM. (2024). Indonesia siap jadi negara produsen listrik panas bumi terbesar dunia. Diakses dari <https://ebtke.esdm.go.id/artikel/berita/indonesia-siap-jadi-negara-produsen-listrik-panas-bumi-terbesar-dunia/>
- Kementerian ESDM. (2017). Kontrol Geologi Terhadap Pemunculan Manifestasi Panasbumi di kawasan Gunung Lawu. *Jurnal Keilmuan Rekayasa dan Teknologi (KURVATEK)*, 15(1), KURVATEK Vol.5. No.1. Diakses dari <https://journal.itny.ac.id/index.php/krvtk/article/download/1790/971/>
- Maryadi, M., Sari, E. K., Zarkasyi, A., & Mizunaga, H. (2024). Three-dimensional magnetotelluric and gravimetric imaging of Mount Lawu geothermal prospect area, Indonesia. *Geothermics*, 118(102917). <https://doi.org/10.1016/j.geothermics.2024.102917>
- Rasimeng, S., Kadir, W. G. A., Grandis, H., & Abdullah, C. I. (2013). Interpretation of Curie point depth and thermal gradient based on magnetic anomaly data at Southern Sumatra geothermal area. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Kebumihan VIII* (hlm. 209–216). Fakultas Teknologi Mineral, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Spector, A., & Grant, F. S. (1970). "Statistical models for interpreting aeromagnetic data". *Geophysics*.
- Tanaka, A., Okubo, Y., & Matsubayashi, O. (1999). "Curie point depth based on spectrum analysis of the magnetic anomaly data in East and Southeast Asia". *Tectonophysics*.
- Van Bemmelen, R. W. (1949). *General geology of Indonesia and adjacent archipelagoes. The geology of Indonesia*.
- Zikri, A. R., Amir, H., Dwiridal, L., & Zuhendra. (2025). Penentuan Kedalaman Titik Curie Berdasarkan Data Geomagnetik dengan Menggunakan Analisis Spektral dan Upward Continuation. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 9(2), 25855–25863.