

PEMODELAN STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN DAERAH GUNUNG MERAPI BERDASARKAN DATA MAGNETIK

Iqbal Niko Abqori^{1*}, Susanti Alawiyah², Nono Agus Santoso¹

¹Institut Teknologi Sumatera

²Institut Teknologi Bandung

*Corresponding E-mail: iqbal.niko@gmail.com

Abstract: *Considering the number of residents around Mount Merapi, it is necessary to understand the behavior of Mount Merapi as one of them is do research structures on the subsurface using magnetic method. The study aims to determine the pattern of magnetic anomaly distribution and to create a model of the subsurface structure of Mount Merapi based on magnetic data in 2014. From the results of a magnetic anomaly map that has been done filter process reduce to pole (RTP) with a value of -1100 nT to 900 nT seen positive anomaly around the peak of Mount Merapi. Based on the RTP anomaly map, the process of separation of residual and regional magnetic anomaly using Gaussian Filtering. The residual and regional magnetic anomaly have a range of values -700 nT to 600 nT and -450 nT to 400 nT. From the result of forward modeling obtained a model of Mount Merapi surface consisting of 4 layers, deposition of Mount Merbabu (0,0005 SI), deposition of young Merapi Mountain (0,001 SI), deposition of old Merapi Mountain (0,003 SI), and the resulting layer of activity Mount Merapi older (0,007 SI) with the position of igneous rock intrusion at a depth of 500 m below the peak, while for magma chamber is estimated at a depth of 8000 m from the peak of Merapi. In addition to forward modeling of the research is also done inverse modeling. The conformity of results the forward modeling and inverse modeling of the magnetic anomaly response at the peak of Mount Merapi.*

Keywords: *magnetic, Merapi Mountain, Gaussian filtering, forward modeling, inverse modeling.*

Abstrak: Mengingat banyaknya penduduk yang berdomisili di sekitar Gunung Merapi maka perlu adanya upaya untuk memahami perilaku Gunung Merapi salah satunya adalah melakukan penelitian terhadap struktur yang ada di bawah permukaan menggunakan metode magnetik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola sebaran anomali magnetik dan membuat model struktur bawah permukaan Gunung Merapi berdasarkan data magnetik tahun 2014. Dari hasil peta anomali magnetik yang telah dilakukan proses *filter reduce to pole* (RTP) dengan nilai -1100 nT sampai 900 nT terlihat adanya anomali positif di sekitar puncak Gunung Merapi. Berdasarkan peta anomali RTP tersebut dilakukan proses pemisahan anomali magnetik residual dan regional dengan menggunakan *Gaussian Filtering*. Anomali magnetik residual dan regional berturut – turut memiliki rentang nilai -700 nT sampai 600 nT dan -450 nT sampai 400 nT. Dari peta residual tersebut dilakukan pemodelan ke depan sehingga didapatkan model bawah permukaan Gunung Merapi yang terdiri dari 4 lapisan, yaitu endapan Gunung Merbabu (0,0005 SI), endapan Gunung Merapi Muda (0,001 SI), endapan Gunung Merapi Tua (0,003 SI). Lapisan hasil aktivitas Gunung Merapi yang lebih tua (0,007 SI) dengan posisi batuan beku intrusi di kedalaman 500 m di bawah puncak sedangkan untuk kantong magma diduga berada pada kedalaman 8000 m dari puncak Gunung Merapi. Selain melakukan pemodelan ke depan pada penelitian ini juga dilakukan pemodelan inversi. Didapatkan kesesuaian antara hasil dari pemodelan ke depan dan pemodelan inversi terhadap respon anomali magnetik pada puncak Gunung Merapi.

Kata Kunci: magnetik, Gunung Merapi, *Gaussian filtering*, pemodelan ke depan, pemodelan inversi.

Pendahuluan

Gunung Merapi terletak di wilayah perbatasan antara Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dengan Provinsi Jawa Tengah, yang mencakup 4 Kabupaten yaitu Kabupaten Magelang, Kabupaten Sleman, Kabupaten Klaten dan Kabupaten Boyolali. Mengingat banyaknya penduduk yang berdomisili di sekitar Gunung Merapi maka perlu adanya upaya untuk memahami perilaku Gunung Merapi.

Salah satu upaya untuk memahami perilaku Gunung Merapi adalah melakukan penelitian terhadap struktur yang ada di bawah permukaan. Penelitian terhadap stuktur bawah permukaan Gunung Merapi dapat dilakukan dengan salah satu metode geofisika yaitu metode magnetik. Suyanto telah mengaplikasikan metode magnetik di Gunung Merapi dengan melakukan pemodelan ke depan. Model bawah permukaan Gunung Merapi diinterpretasikan terdiri dari 3 lapisan dengan produk aktivitas (piroklastik sebagai lapisan pertama), posisi kantong magma (lapisan kedua), dan lapisan yang mensuplai magma ke atas (lapisan ketiga) [1]. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya, peneliti tersebut menggunakan data terdahulu pada tahun 1996 sedangkan pada penelitian ini data yang digunakan yaitu tahun 2014. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian mengenai pemodelan struktur bawah permukaan untuk mengetahui kondisi terkini daerah Gunung Merapi berdasarkan data magnetik.

Teori Dasar

Gaya magnetik menurut hukum Coloumb, bila terdapat muatan atau kutub (P_1 dan P_2) yang berada pada jarak r maka kedua muatan atau kutub tersebut, bila sejenis akan tolak menolak sedangkan kalau berlawanan jenis akan tarik menarik dengan gaya (\vec{F}) sebesar [2]:

$$\vec{F} = \frac{P_1 P_2}{\mu r^2} \vec{r} \quad (1)$$

dengan \vec{F} adalah gaya magnet (N), P_1 dan P_2 adalah muatan kutub (C), \vec{r} adalah jarak antar kutub (m), dan μ adalah permeabilitas medium magnetik.

Distribusi medan magnetik total yang telah dilakukan koreksi harian dan IGRF direpresentasikan berupa peta anomali *Total Magnetic Intensity* (TMI). Peta anomali TMI masih sulit diinterpretasi sehingga perlu dilakukan transformasi dengan mengubah arah magnetisasi medan utama ke arah vertikal sehingga anomali medan magnet dapat menunjukkan secara langsung posisi objek penelitian.

Reduksi ke kutub (RTP) merupakan salah satu transformasi yang digunakan dalam proses interpretasi data anomali magnetik. Harga RTP merupakan gabungan dari anomali regional dan residual. Diperlukan suatu teknik pemisahan dua anomali magnetik tersebut sehingga terlihat jelas sumber anomali antara daerah regional dan lokal/residual.

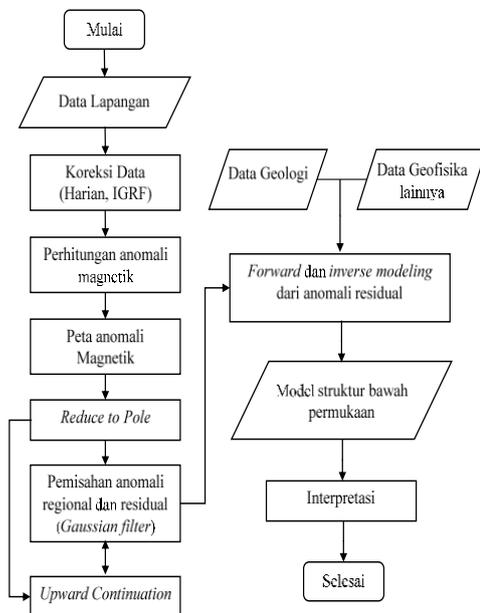
Proses pemisahan anomali regional dengan residual dalam penelitian ini menggunakan metode *Gaussian filter* yang merupakan filter linear dengan memanfaatkan distribusi data dalam matriks kernel Gauss yang digambarkan secara sederhana melalui persamaan berikut [3]:

$$G(i, j) = c \cdot e^{-\frac{(i-u)^2 + (j-v)^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

Nilai $G(i, j)$ adalah matriks kernel Gauss, c adalah konstanta sedangkan i , u , j dan v adalah anggota di dalam matriks dan σ adalah suatu konstanta nilai yang disesuaikan dengan ukuran matriks kernel Gauss. Selanjutnya matriks kernel tersebut dikonvolusikan terhadap matriks data yang sudah berada dalam kawasan frekuensi.

Metodologi

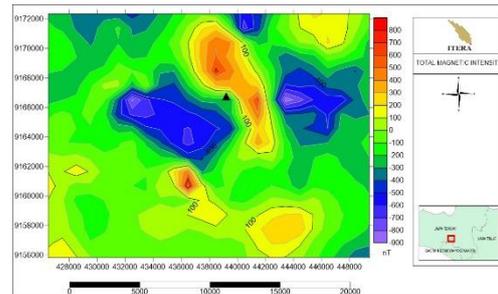
Data awal magnetik dalam penelitian ini adalah data anomali medan magnet yang telah dilakukan koreksi sehingga diperoleh peta anomali *Total Magnetic Intensity* (TMI). Kemudian dilakukan proses reduksi ke kutub (RTP) untuk mempermudah dalam interpretasi. Langkah selanjutnya adalah melakukan pemisahan anomali regional dan residual menggunakan metode *Gaussian filtering*. Peta anomali residual hasil dari *Gaussian filtering* inilah yang digunakan dalam pemodelan ke depan dan pemodelan inversi untuk mengetahui struktur bawah permukaan Gunung Merapi.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

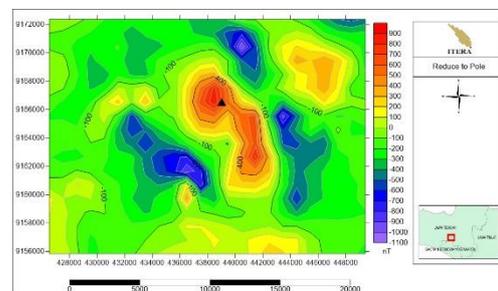
Hasil dan Pembahasan

Peta *Total Magnetic Intensity* (TMI) daerah penelitian merupakan peta distribusi anomali magnetik wilayah Gunung Merapi dan sekitarnya dengan cakupan luas sekitar 22x16 km². Jumlah stasiun pengukuran adalah 199 titik dengan interval antar stasiun pengukuran adalah sekitar 1 km. Peta TMI tersebut mempunyai rentang anomali berkisar -900 nT sampai 800 nT yang dapat dilihat pada Gambar 2.



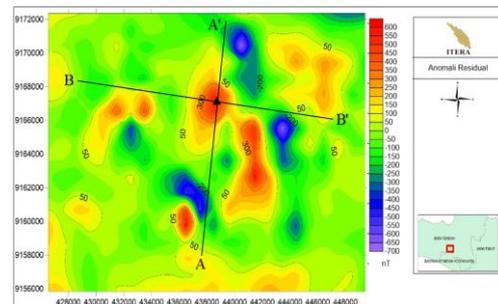
Gambar 2. Peta anomali TMI

Proses reduksi ke kutub dilakukan terhadap peta anomali TMI agar dapat menunjukkan anomali medan magnet tepat di atas sumbernya. Hasil anomali magnetik yang telah dilakukan RTP dapat dilihat pada Gambar 3.



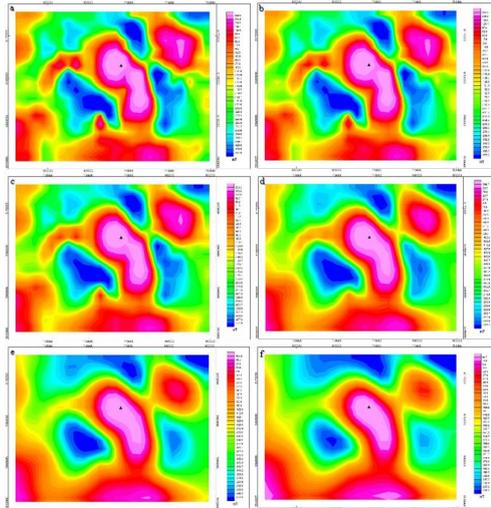
Gambar 3. Peta anomali RTP

Pemisahan anomali magnetik yang telah dilakukan proses reduksi ke kutub dengan metode *Gaussian filter* menghasilkan peta anomali residual yang ditunjukkan pada Gambar 4.



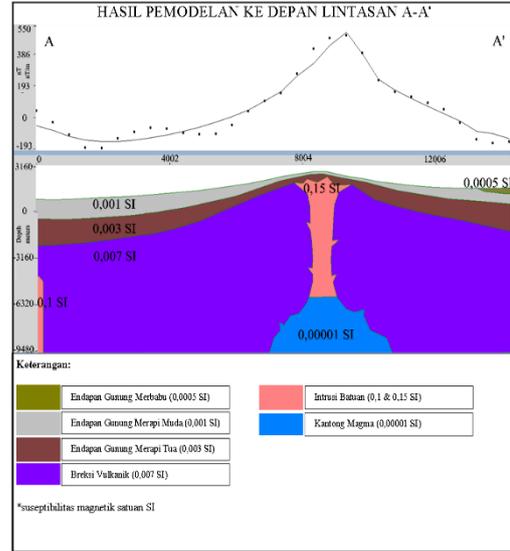
Gambar 4. Peta anomali residual

Upward continuation dilakukan untuk menonjolkan sumber anomali yang relatif lebih dalam dengan mereduksi sumber anomali yang terlalu dangkal sesuai besar nilai pengangkatan kontinuasi tersebut. Proses *upward continuation* dilakukan mulai dari ketinggian 100 m, 300 m, 500 m, 1000 m, 1500 m, dan 2000 m yang dapat dilihat pada Gambar 5.

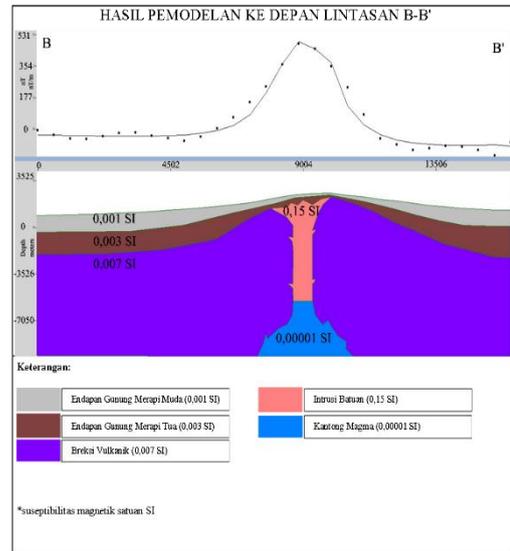


Gambar 5. Proses *upward continuation* pada ketinggian (a) 100 m, (b) 300 m, (c) 500 m, (d) 1000 m, (e) 1500 m, (f) 2000 m

Pada penelitian ini data yang digunakan dalam pemodelan ke depan adalah data *slicing* pada lintasan A-A' (Selatan-Utara) dan lintasan B-B' (Barat-Timur) terhadap peta anomali residual. Berdasarkan penampang pemodelan ke depan yang telah dikorelasi terhadap informasi geologi didapatkan 4 lapisan, dimana lapisan 1 adalah endapan Gunung Merbabu yang mempunyai batuan penyusun breksi gunung api dan lava dengan nilai suseptibilitas 0,0005 dalam satuan SI dan ketebalan sekitar 300 m. Lapisan 2 adalah endapan Gunung Merapi Muda yang mempunyai batuan penyusun tuff, abu, breksi, aglomerat dan leleran lava dengan nilai suseptibilitas 0,001 dalam satuan SI dan ketebalan sekitar 1 km yang menipis ke arah puncak. Lapisan 3 adalah endapan Gunung Merapi Tua dengan batuan penyusun breksi, aglomerat, dan leleran lava dengan nilai suseptibilitas 0,003 dalam satuan SI dan ketebalan sekitar 1 km yang menipis ke arah puncak. Lapisan 4 mempunyai pola perlapisan yang sama seperti lapisan di atasnya sehingga diinterpretasi sebagai lapisan hasil aktivitas Gunung Merapi yang lebih tua dengan nilai suseptibilitas magnetik 0,007 SI dengan posisi batuan beku intrusi di kedalaman 500 m di bawah puncak sedangkan untuk kantong magma berada pada kedalaman 8000 m di bawah puncak Gunung Merapi.

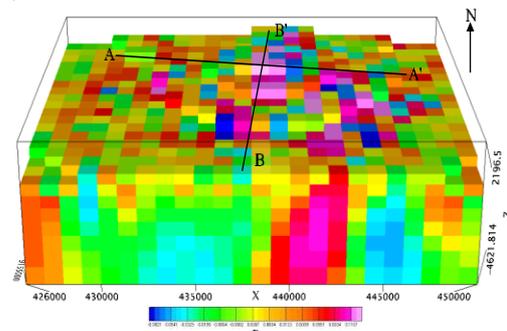


Gambar 6. Pemodelan ke depan lintasan A-A'



Gambar 7. Pemodelan ke depan lintasan B-B'

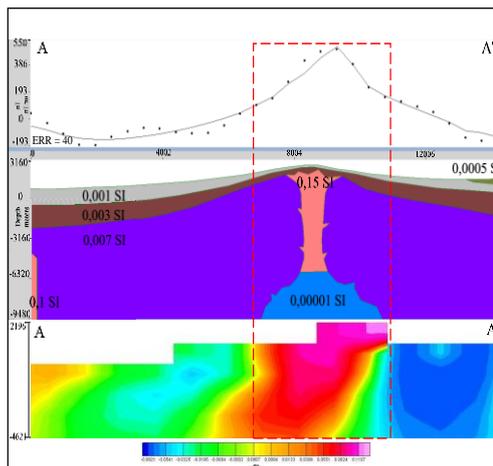
Pemodelan inversi data magnetik dilakukan menggunakan *mesh* dengan *number of cells* (X, Y, Z) masing-masing 24 x 18 x 12 dengan resolusi per satu *cell* yaitu 1 km.



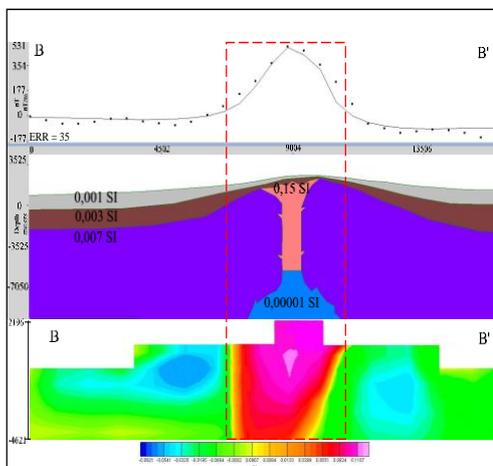
Gambar 8. Model inversi 3D Gunung Merapi

Hasil pemodelan inversi kemudian dilakukan *slicing* terhadap lintasan A-A' (Selatan-Utara) dan lintasan B-B' (Barat-Timur). Hasil *slicing* tiap lintasan pemodelan inversi kemudian dikorelasi terhadap hasil lintasan yang sama dengan pemodelan ke depan.

Berdasarkan hasil *slice* lintasan A-A' (Gambar 9) dan lintasan B-B' (Gambar 10) didapatkan adanya kesesuaian posisi anomali yang berada di bawah puncak Gunung Merapi. Hal ini diidentifikasi sebagai intrusi batuan beku yang diakibatkan oleh proses pendinginan kantong magma dangkal. Disekitar anomali tinggi tersebut terdapat anomali rendah yang diidentifikasi sebagai batuan yang masih mempunyai suhu cukup panas.



Gambar 9. Hasil *slice* penampang inversi lintasan A-A'



Gambar 10. Hasil *slice* penampang inversi lintasan B-B'

Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah:

1. Berdasarkan peta anomali magnetik yang telah dilakukan proses RTP, dapat diidentifikasi bahwa nilai anomali berkisar dari -1100 nT hingga 900 nT dengan nilai anomali tinggi yang berada di puncak Gunung Merapi. Nilai anomali tinggi tersebut menerus hingga ke arah Tenggara dari puncak Gunung Merapi, sedangkan anomali yang bernilai negatif berada diluar area tersebut.

2. Berdasarkan pemodelan ke depan dan pemodelan inversi dari peta anomali residual diperoleh hasil sebagai berikut:

- a) Ditemukan kesesuaian respon anomali magnetik dari hasil pemodelan ke depan dan pemodelan inversi. Anomali magnetik di puncak Gunung Merapi mempunyai nilai anomali magnetik tinggi yang diidentifikasi sebagai intrusi batuan beku. Sedangkan daerah sekitarnya memiliki anomali rendah yang diduga sebagai batuan yang masih mempunyai suhu cukup tinggi.

- b) Berdasarkan hasil penampang *forward modelling* di daerah penelitian didapatkan 4 lapisan sebagai berikut:

- Lapisan 1 merupakan endapan Gunung Merbabu dengan nilai suseptibilitas 0,0005 dalam satuan SI.
- Lapisan 2 merupakan endapan Gunung Merapi Muda dengan nilai suseptibilitas 0,001 dalam satuan SI.
- Lapisan 3 merupakan endapan Gunung Merapi Tua dengan nilai suseptibilitas 0,003 dalam satuan SI.
- Lapisan 4 mempunyai pola perlapisan yang sama seperti lapisan di atasnya sehingga

diinterpretasi sebagai lapisan hasil aktivitas Gunung Merapi yang lebih tua dengan nilai suseptibilitas magnetik 0,007 SI. Terdapat intrusi batuan beku (0,15 SI) pada kedalaman 500 m dari puncak dan kantong magma (0,00001 SI) di kedalaman 8000 m di bawah puncak Gunung Merapi.

- c) Adanya perubahan nilai anomali dari bawah ke atas diakibatkan oleh suhu pada lapisan yang dalam masih cukup panas, sedangkan untuk lapisan yang dekat dengan permukaan sudah mengalami pendinginan sehingga membentuk intrusi batuan beku.

Daftar Pustaka

- [1] Suyanto, Imam., 2011. *Pemodelan Bawah Permukaan Gunung Merapi dan Merbabu Berdasarkan Analisis Data Gravitasi*. Yogyakarta: Fisika FMIPA UGM.
- [2] Telford, M.W., Geldart, L.P., dan Sheriff, R.E., 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge University Press.
- [3] Karunianto, A.J., Haryanto, D., dan Laesanpura, A., 2017, Penentuan Anomali Gayaberat Regional dan Residual Menggunakan Filter *Gaussian* Daerah Mamuju, Sulawesi Barat. *Eksplorium*, Volume 38 No.2, 89-98.