



PEMODELAN 2D STRUKTUR GEOLOGI DAERAH PANAS BUMI MENGGUNAKAN PARAMETER SUSEPTIBILITAS: STUDI KASUS GUNUNG IJEN

Akhmad Afandi^{1,*}, Sukir Maryanto², Ahmad Nadhir², IGNB Catrawedarma¹, Moh. Fuad Al-Haris³

¹Teknik Mesin, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember KM 13 Labanasem, Banyuwangi, 68461, Indonesia

²Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia

³Teknik Informatika, Politeknik Negeri Banyuwangi, Jl. Raya Jember KM 13 Labanasem, Banyuwangi, 68461, Indonesia

*Email: akhmad.afandi@poliwangi.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan penelitian geomagnetik tentang struktur pemodelan geologi secara 2D daerah panasbumi Gunung Ijen Banyuwangi Jawa Timur menggunakan alat Proton Precision Magnetometer (PPM-856), GPS Garmin dan Kompas. Hasil pengolahan data menunjukkan nilai nilai kontur anomali residual daerah Gunung Ijen sekitar -4400 nT s/d 1400 nT, anomali rendah (negatif) berada di daerah kawah Gunung Ijen yang diakibatkan oleh adanya intrusi dan proses hidrotermal. Pemodelan 2 dimensi penampang A-A' menghasilkan suseptibilitas sekitar -0.015 emu dan -0.094 emu sebagai batuan andesit, 0.0295 emu sebagai endapan piroklastik, 0.0020 emu sebagai batuan basalt dengan eror 1.23%. Sedangkan hasil pemodelan pada penampang B-B' menghasilkan kontras susceptibilitas sekitar 0.0464 emu sebagai batuan endapan piroklastik, -0.087 emu sebagai batuan andesit dan 0.01 emu sebagai batuan piroklastik dengan eror 1.92%. Batuan yang memiliki nilai susceptibilitas rendah diduga sebagai batuan pembawa panas yang berada pada kedalaman 175 meter dan ketebalan 575 meter. Dari hasil pemodelan tersebut dikonfirmasi dengan data geologi.

Kata Kunci: Pemodelan, Ijen, PPM-856, Panas bumi, Suseptibilitas.

1. Pendahuluan

Seiring dengan kebutuhan energi yang sangat besar dan semakin berkurangnya cadangan energi yang bersumber dari fosil, maka diperlukan adanya energi yang baru dan terbarukan. Pada tahun 2014 terbitlah peraturan pemerintah Nomor 79 mengenai kebijakan energi nasional, dimana peran minyak bumi berkurang dari 25% (tahun 2025) menjadi 20 % (tahun 2050) dan menaikkan peran energi baru dan terbarukan paling sedikit 23% (tahun 2025) menjadi 31 % (tahun 2050).

Panas Bumi merupakan salah satu energi baru dan terbarukan serta ramah lingkungan yang sangat berpotensi di Indonesia karena negara yang banyak memiliki gunung api aktif yang tersebar di Sumatra sampai irian jaya. Menurut badan geologi Kementrian ESDM, potensi panas bumi di indonesia sebesar 28,910 GW yang tersebar di 312 lokasi panas bumi [1]. Banyuwangi merupakan salah satu Kabupaten

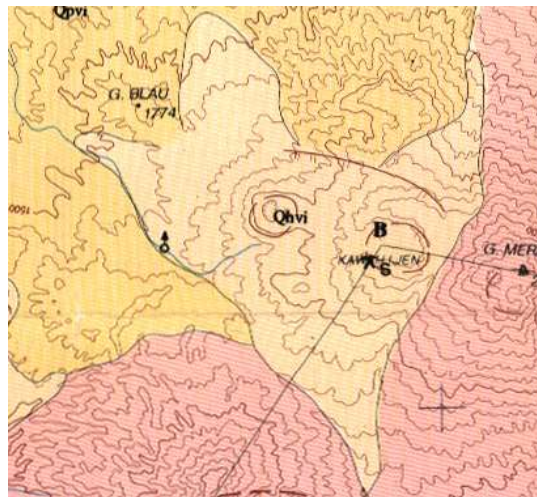
yang memiliki lokasi panas bumi dengan potensi 110 MW [2] yang berada di Gunung Ijen dengan ditandai adanya fumarol dengan suhu uap sekitar 201°C [3].

Sebelum dilakukannya eksplorasi dan eksploitasi panas bumi, tahapan awal yang harus dilakukan yaitu survei pendahuluan dengan menggunakan metode geofisika. Penelitian ini difokuskan pada metode geomagnet yang memiliki tujuan memetakan struktur bawah permukaan tanah menggunakan nilai dan sifat magnetik batuan [4], proses alterasi mineral hidrotermal dan terjadinya intrusi di daerah penelitian mengakibatkan berkurangnya dan berubahnya sifat kemagnetan yang biasanya didominasi batuan ferromagnetik menjadi diamagnetik, sehingga batuan yang berada pada sistem panas bumi memiliki nilai suseptibilitas yang rendah [5].

2. Metode Penelitian

Daerah penelitian (Gambar 1) terdapat di gunungapi Ijen Muda. Dimana, gunungapi Ijen Muda tersusun dari batuan tuf, breksi gunungapi, lava dan belerang. Tuf, putih-kelabu muda, halus, mudah diremas, berlapis tidak teratur. Breksi gunungapi, kelabu kekuningan, berukuran kerikil sampai bongkah, komponen basal-andesit menyudut tanggung-membundar terpilah buruk dengan massa dasar tuf.

Lava, terdiri dari andesit basal, skoria, kelabu, porfiritik. Belerang, kuning, murni, tersebar di kawah Gunung Ijen. Batuan ini bersumber dari gunungapi Ijen Muda dan gunungapi pajungan. Lava, terdiri dari andesit basal, skoria, kelabu, porfiritik. Belerang, kuning, murni, tersebar di kawah Gunung Ijen. Batuan ini bersumber dari gunungapi Ijen Muda dan gunungapi pajungan [6].



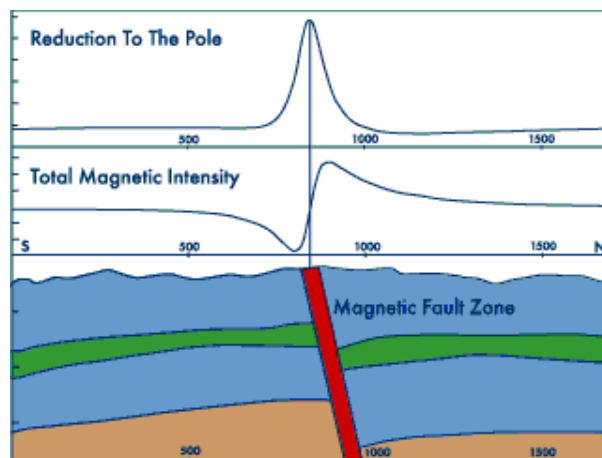
Gambar 1. Peta geologi penelitian

Survei geomagnetik dilakukan di daerah Kawah Ijen dengan metode *looping* tertutup yang berarti satu siklus pengukuran diawali dan diakhiri pada tempat yang sama agar dari hasil pengukuran dapat dilakukannya koreksi diurnal. Jarak antara titik diatur 100 meter di jalur pendakian menuju kawah ijen dan 500 meter dari daerah Licin Banyuwangi menuju daerah Sempol Bondowoso.

Penelitian ini dilakukan dengan pengambilan data nilai intensitas medan magnetik menggunakan alat proton procession Magnetometer (PPM) dengan tipe GEOMETRICS G-856 Memory-Mag™ PPM, waktu menggunakan arloji, posisi latitude dan posisi longitude serta ketinggian menggunakan GPS Garmin. Pemeriksaan kondisi instrument selama akuisisi data di lapangan merupakan langkah terpenting dilaksanakan sebelum proses pengukuran dimulai.

Setelah diperoleh data lapangan berupa nilai medan magnet, waktu, posisi latitude dan longitude beserta ketinggian maka diperlukan pengolahan data dan interpretasi data, pertama kali dilakukan koreksi harian (diurnal) dan IGRF. Dimana koreksi harian diperoleh dari pembacaan nilai medan total harian yang dilakukan di titik acuannya pada kurun waktu tertentu dikurangkan dengan nilai pembacaan rata-ratanya, sedangkan IGRF didapatkan dengan mengurangkan nilai medan total pembacaan dengan nilai dari koreksi harian.

Dari nilai anomali magnetik tersebut, dibuat peta kontur daerah penelitian dengan memasukkan posisi latitude dan longitude beserta nilai koreksi IGRF, sehingga diperoleh gambaran anomali dasar dari daerah penelitian. Reduksi kebidang datar dilakukan agar mengurangi pengaruh permukaan yang termagnetisasi yang dikarenakan adanya elevasi yang tidak teratur [7]. Kemudian, anomali hasil reduksi ke bidang datar dilakukan kontinuasi ke atas dengan cara medan potensial yang diukur ditransformasikan pada permukaan tertentu ke medan potensial pada permukaan lainnya yang jauh dari sumber [5] sehingga dapat memisahkan anomali lokal dan regionalnya.



Gambar 2. Diagram efek dilakukannya reduksi ke kutub [8]

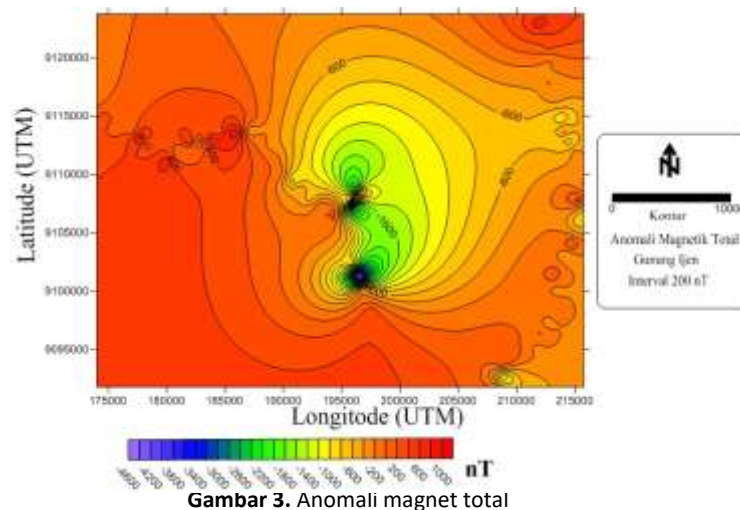
Dari anomali regional tersebut dapat diketahui anomali residual dengan pengurangan dari anomali magnetik hasil pengamatan dengan anomali regionalnya. Nilai anomali magnetik residual tersebut kemudian ditransformasi reduksi ke kutub dengan menghilangkan pengaruh inklinasi dengan tujuan merubah magnet dipole menjadi monopole karena sifat dipole tersebut menyulitkan untuk interpretasi data

dilapangan [5] (Gambar 2). Hasil reduksi ke kutub kemudian di tentukan posisi sayatan untuk pemodelan 2 dimensi dengan dilakukan pemodelan *forward modelling* dengan metode *trial and error* sampai $< 10\%$ dan mempertimbangkan kondisi geologi daerah penelitian menggunakan *software* Mag2Dc.

3. Hasil dan Pembahasan

Pengukuran medan magnet di permukaan bumi merupakan *resultant* dari berbagai variable (anomali medan magnet lokal, regional dan diurnal) [9]. Koreksi IGRF bertujuan untuk menghilangkan efek dari medan utama magnet bumi. Untuk membantu mencari nilai IGRF maka digunakan NOAA dengan inputan letak latitude, longitude, ketinggian, tanggal, bulan dan tahun pengambilan data sehingga diperoleh nilai total field IGRF sebesar 45072 nT, deklinasi $1^{\circ} 25'$ dan inklinasi $-33^{\circ} 51'$. Sehingga diperoleh hasil kontur anomali magnetik total seperti Gambar 3.

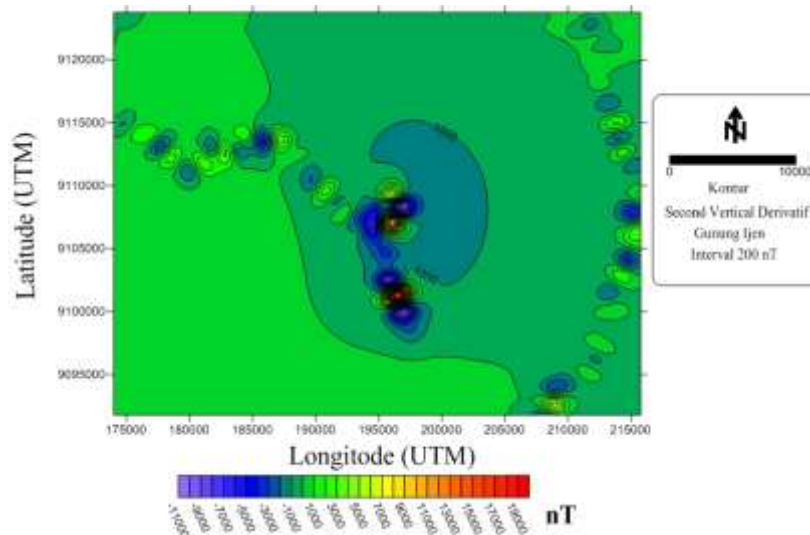
Untuk mengurangi pengaruh topografi lapangan, maka dari kontur anomali magnetik total dibawa ke bidang datar dengan mengambil rata-rata ketinggian dari lokasi penelitian [7], pengolahan ini menggunakan *software* matlab 7 sehingga menghasilkan Gambar 4. Untuk mencari efek lokal daerah penelitian maka harus dilakukan pemisahan efek regional dari hasil reduksi ke bidang datar sehingga diperoleh hasil seperti Gambar 5.



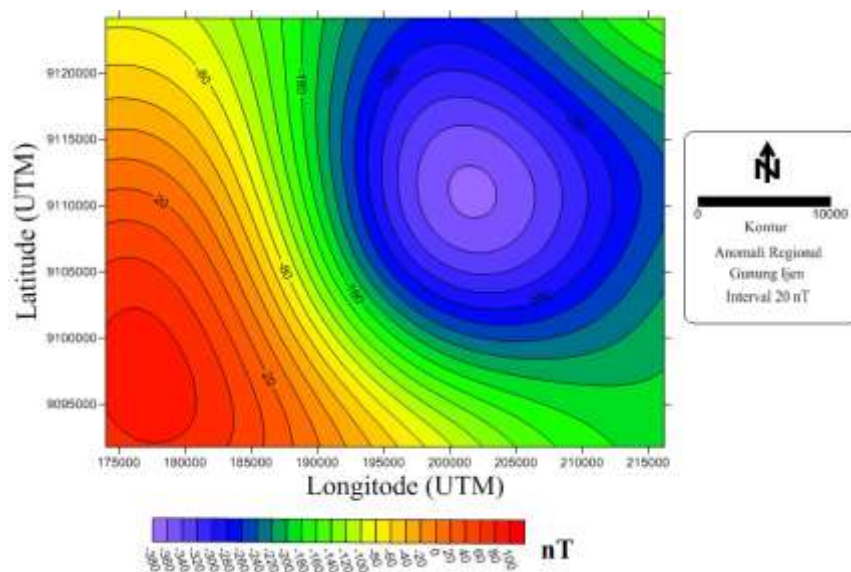
Gambar 3. Anomali magnet total

Sedangkan untuk efek lokal (residual) yaitu dengan mengurangi anomali magnetik total dengan anomali regionalnya sehingga diperoleh gambar 6. Dari hasil anomal lokal dilakukan reduksi ke kutub (gambar 7). Hasil dari reduksi ke kutub menunjukkan bahwa anomali magnetik menjadi satu kutub hal ini dapat ditafsirkan bahwa benda yang menyebabkan terjadinya anomali medan magnet berada dibawahnya [10], [11]. Filter Reduksi ke kutub ini menggunakan *software* *maggick* dengan cara sudut inklinasi benda dibuat menjadi 90° dan deklinasi menjadi 0° [4].

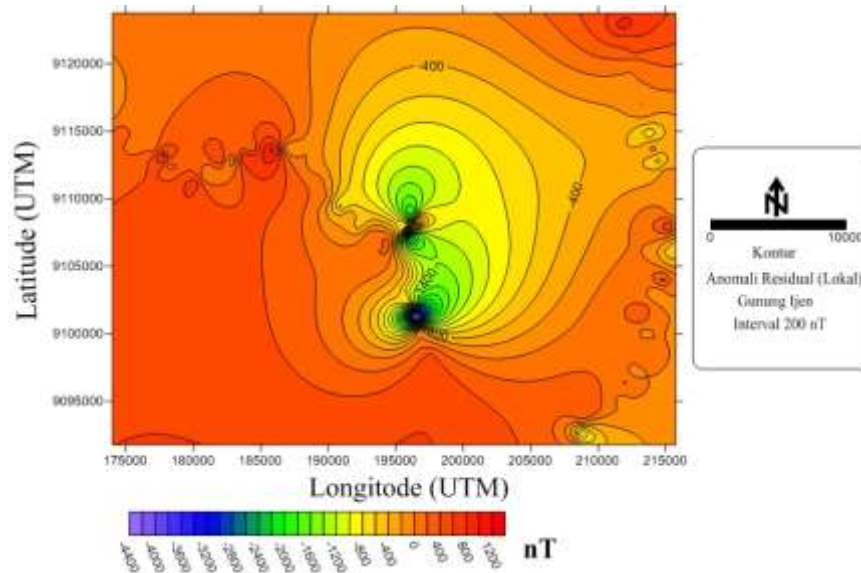
Setelah dilakukan reduksi ke kutub maka dilakukan pemodelan geologi 2 dimensi pada sayatan A-A' dan B-B' dengan menggunakan *software* MAG2DC yaitu seperti gambar 8. Berdasarkan kurva gambar 9 dan 10 dapat diperoleh besaran fisis yaitu bentuk geometri, kedalaman top dan bottom, dan harga suseptibilitas batuan sumber anomali di daerah penelitian [12]. Prinsip dalam pemodelan ini adalah trial and eror untuk menyamakan garis kurva *observed field* dengan *calculated field*. Sehingga harga suseptibilitas yang sebenarnya pada penampang A-A' pada Gambar 9 adalah sekitar -0.015 emu dan -0.094 emu sebagai batuan andesit, 0.0295 emu sebagai endapan piroklastik, 0.0020 emu sebagai batuan basalt dengan eror 1.23%.



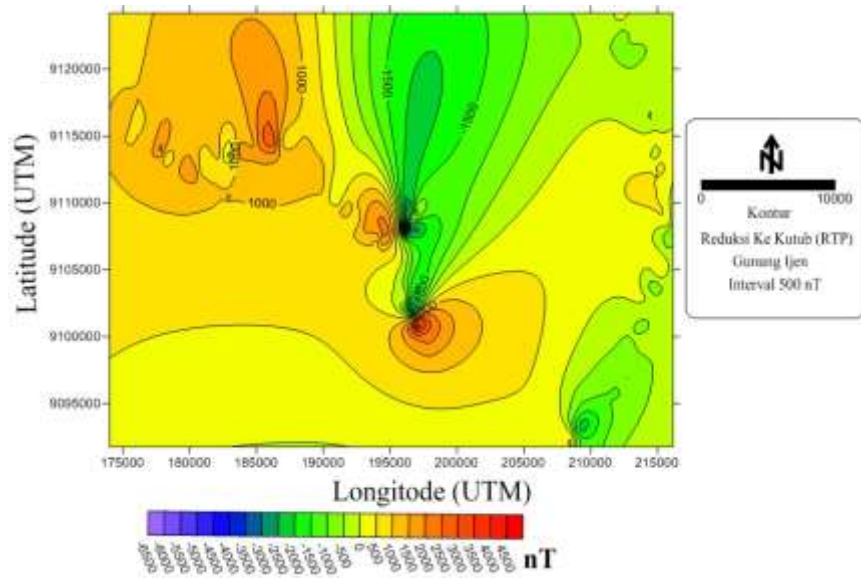
Gambar 4. Kontur hasil *second vertical derivative*



Gambar 5. Kontur anomali regional



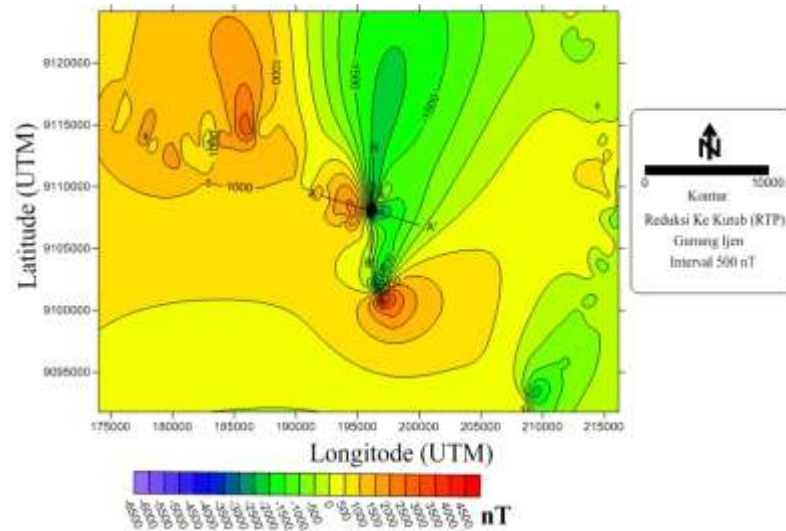
Gambar 6. Kontur Anomali Regional



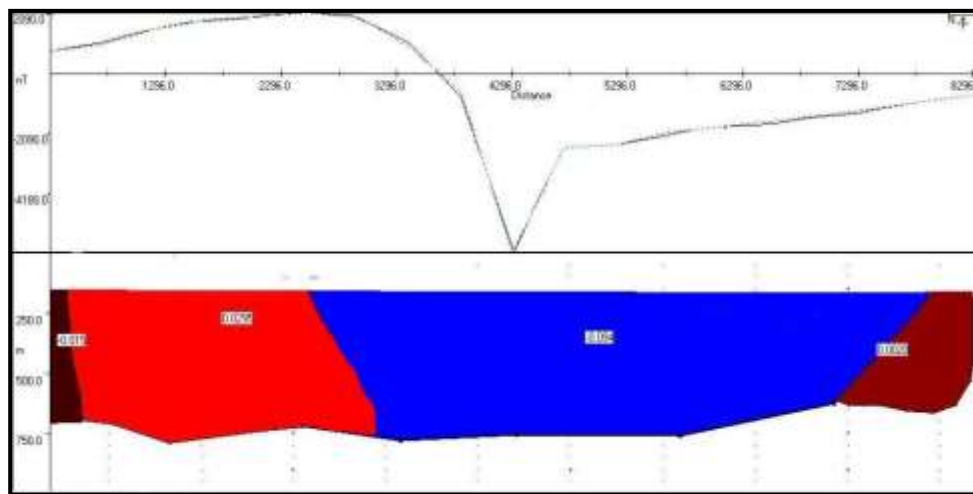
Gambar 7. Kontur RTP

Sedangkan hasil pemodelan pada penampang B-B' (Gambar 10) menghasilkan kontras susceptibilitas sekitar 0.0464 emu sebagai batuan endapan piroklastik, -0.087 emu sebagai batuan andesit dan 0.01 emu sebagai batuan piroklastik dengan eror 1.92%. Dari hasil pemodelan A-A' dan B-B' di konfirmasi dengan data geologi lapangan yang ada. Pada penampang A-A' dan B-B' yang berposisi pada kawah terdapat sebuah patahan hal ini ditunjukkan dengan adanya nilai susceptibilitas. Dimana nilai susceptibilitas di daerah kawah lebih rendah daripada di luar kawah. Perbedaan nilai suseptibilitas ini, diduga sebagai akibat dari demagnetisasi batuan

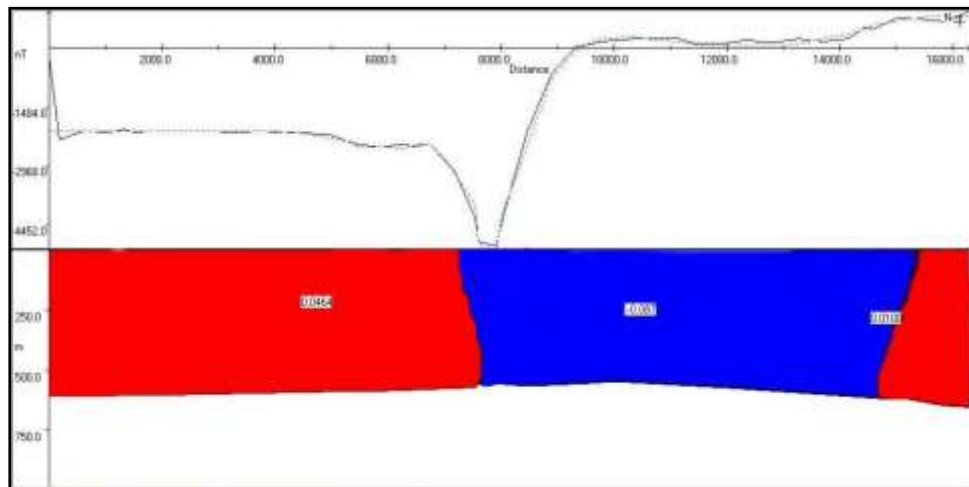
yang terjadi di bawah gunung ijen. Demagnetisasi ini terjadi akibat batuan mengalami pemanasan sampai di atas suhu Curie [13]



Gambar 8. Sayatan A-A' dan B-B' pada kontur RTP



Gambar 9. Pemodelan penampang A-A'



Gambar 10. Pemodelan penampang B-B'

4. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa hasil pengolahan data menunjukkan nilai nilai kontur anomali residual daerah Gunung Ijen sekitar -4400 nT s/d 1400 nT, dimana anomali rendah (negatif) berada di daerah kawah Gunung Ijen yang diakibatkan oleh adanya intrusi dan proses hidrotermal. Pemodelan 2 dimensi penampang A-A' menghasilkan suseptibilitas sekitar -0.015 emu dan -0.094 emu sebagai batuan andesit, 0.0295 emu sebagai endapan piroklastik, 0.0020 emu sebagai batuan basalt dengan eror 1.23%. Sedangkan hasil pemodelan pada penampang B-B' menghasilkan kontras susceptibilitas sekitar 0.0464 emu sebagai batuan endapan piroklastik, -0.087 emu sebagai batuan andesit dan 0.01 emu sebagai batuan piroklastik dengan eror 1.92%. Batuan yang memiliki nilai susceptibilitas rendah diduga sebagai batuan pembawa panas yang berada pada kedalaman 175 meter dan ketebalan 575 meter. Dari hasil pemodelan tersebut dikonfirmasi dengan data geologi.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kami ucapkan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pengembangan, Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendanai penelitian ini, BKSDA V Jawa Timur yang telah memberikan izin untuk melakukan penelitian di gunung Ijen dan tim survei gunung Ijen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. A. Pambudi (2017), Geothermal power generation in Indonesia, a country within the ring of fire: Current status, future development and policy, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, Jul. 2017.



- [2] Kasbani dan Dahlan (2008), Potensi dan Wilayah Kerja Panas Bumi. *Prosiding, Pemaparan Hasil-Hasil Kegiatan Lapangan Dan Non Lapangan Tahun*, Pusat Sumber Daya Geologi.
- [3] P. Delmelle, A. Bernard, M. Kusakabe, T. P. Fischer, and B. Takano, (2000), Geochemistry of the magmatic–hydrothermal system of Kawah Ijen volcano, East Java, Indonesia, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, vol. 97, no. 1, pp. 31–53, Apr. 2000.
- [4] N. S. Boko, Wahyudi, dan I. Suyanto (2004), Analisis Data Magnetik untuk mengetahui struktur bawah permukaan daerah manifestasi air panas di lereng utara gunungapi unggaran, *Prosiding Himpunan Ahli Geofisika Indonesia, Pertemuan Ilmiah Tahunan ke-29, Yogyakarta 5-7 Oktober 2004*, p. 36-45.
- [5] N. Arif, Lantu, S. Aswad, Maria (2014), Karakterisasi Panasbumi di Sumber Air Panas dengan Menggunakan Metode Geomagnet (Studi Kasus: Sumber Air Panas Panggo Kabupaten Sinjai), *Prosiding Seminar Nasional Geofisika, Optimalisasi Sains dan Aplikasinya Dalam Peningkatan Daya Saing Bangsa*, p. 94-99.
- [6] Sidarto, T. Suwarti, dan D. Sudana (1993), Geologi Lembar Banyuwangi, Jawa, Pusat Penelitian Dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- [7] Blakely, R.J., (1995), Potential Theory in Gravity and Magnetic Applications, Cambridge University Press. New York.
- [8] Anonymous, 2011. <http://www.aerodata.com.au/TechBriefs/Magnetics/rtp.htm>. Tanggal akses: 04 Februari 2011.
- [9] Sunaryo (2012), Identification Of Arjuno-Welirang Volcano-Geothermal Energy Zone By Means Of Density And Susceptibility Contrast Parameters, *International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS*, Vol: 12 No: 01, p. 9-20
- [10] P. Indratmoko, M. I. Nurwidyanto, T. Yuliyanto (2009), Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Manifestasi Panas Bumi Parang Tritis Kabupaten Bantul DIY Dengan Metode Magnetik, *Berkala Fisika*. Vol. 12, No. 4, Oktober 2009, ISSN : 1410 – 9662.
- [11] Baranov and H. Naudy (1964), Numerical Calculation of The Formula of Reduction to The Magnetic Pole, *Geophysics*, Vol. 53, p. 1592-1600.
- [12] Alimudin, S. Rasimeng, K. S. Brotospito, dan Wahyudi (2011), Pemodelan Struktur Geologi Berdasarkan Data Geomagnetik di Daerah Prospek *Geothermal Gunung Rajabasa*,” *Prosiding : Seminar Nasional Sains & Teknologi – IV*, pp. 197-208.
- [13] Z. Musafak, B. J. Santosa (2007) “Interpretasi Metode Magnetik untuk Penentuan Struktur Bawah Permukaan di Sekitar Gunung Kelud Kabupaten Kediri,” ITS press, Surabaya.