

INTERPRETASI BAWAH PERMUKAAN DAERAH MANIFESTASI PANAS BUMI TINATAR-KARANGREJO KABUPATEN PACITAN BERDASARKAN PEMODELAN 3D METODE GEOMAGNET

SUBSURFACE INTERPRETATION OF TINATAR-KARANGREJO GEOTHERMAL MANIFESTATION AREA IN PACITAN BASED ON 3D GEOMAGNETIC MODELLING

Oleh: Khoirul Ummah¹⁾, Denny Darmawan¹⁾, Nugroho Budi Wibowo²⁾

¹⁾Program Studi Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta

²⁾Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Stasiun Geofisika Yogyakarta

ummahkhoirul448@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur bawah permukaan pada daerah manifestasi panas bumi Tinatar-Karangrejo berdasarkan pemodelan 3D metode geomagnet. Akuisisi data dilakukan menggunakan *Proton Precession Magnetometer* (PPM) Geometric tipe G-856 dengan 54 titik pengukuran dan jarak antar titik pengukuran ± 1 km. Pengolahan data dilakukan dengan koreksi variasi harian, koreksi IGRF, reduksi ke kutub (RTP), kontinuasi ke atas, pemodelan 2D, dan pemodelan 3D. Pemodelan 3D dilakukan dengan menggunakan *software* Rockwork yang didasarkan pada nilai suseptibilitas batuan di sekitar daerah penelitian dari hasil pemodelan 2D. Dari hasil analisis, diketahui bahwa pada daerah penelitian didominasi oleh batuan-batuan sedimen klastik yang terkonsentrasi pada bagian selatan hingga tengah daerah penelitian dengan nilai suseptibilitas 0 hingga $0,686 \times 10^{-3}$ (dalam SI). Pada bagian tengah hingga utara daerah penelitian terdapat batuan beku dan batuan piroklastik dengan nilai suseptibilitas 0 hingga $5,578 \times 10^{-3}$ (dalam SI), dimana batuan-batuan beku dan piroklastik yang letaknya dekat dengan manifestasi panas bumi Tinatar dan Karangrejo telah terdemagnetisasi.

Kata kunci : metode geomagnet, pemodelan 3D, manifestasi panas bumi Tinatar-Karangrejo.

Abstract

This study aimed to determine subsurface structure in Tinatar-Karangrejo geothermal manifestation area based on 3D geomagnetic modelling. Magnetic data measurement had been done using Geometric G-856 Proton Precession Magnetometer (PPM) with 54 measurement points and space between each point was ± 1 km. Magnetic data then processed using diurnal correction, IGRF correction, reduction to pole (RTP), upward continuation, 2D modelling, and 3D modelling. 3D modelling process was done using Rockwork software also it was done based on susceptibility of rocks in the study area from 2D modelling result. The result showed that the structure in study area were dominated by clastic sedimentary rocks that are concentrated in the southern to the middle part of study area with susceptibility value ranged from 0 to $0,686 \times 10^{-3}$ (SI unit). In the northern part of the study area there are igneous rocks and pyroclastic rocks with susceptibility value ranged from 0 to $5,578 \times 10^{-3}$ (SI unit) where some of these igneous and pyroclastic rocks located near Tinatar and Karangrejo geothermal manifestation were demagnetized.

Keywords: geomagnetic method, 3D modelling, Tinatar-Karangrejo geothermal manifestation area.

PENDAHULUAN

Secara geografis Indonesia berada di daerah pertemuan tiga lempeng utama bumi, yaitu pertemuan antara Lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, dan Lempeng Pasifik. Pertemuan antara Lempeng Indo-Australia dan Lempeng

Eurasia berada di sepanjang lepas pantai Sumatra – Jawa sampai dengan Nusa Tenggara (Hall, 2002). Lempeng Indo-Australia menunjam di bawah Lempeng Eurasia. Zona penunjaman ini disebut sebagai zona subduksi, dimana daerah di sekitar zona ini pada umumnya memiliki struktur

geologi yang kompleks seperti terbentuknya jalur vulkanik. Karena memiliki jalur vulkanik dan letaknya yang dekat dengan pertemuan Lempeng Pasifik dan lempeng-lempeng di sekitarnya ini, maka Indonesia dikatakan berada pada daerah *ring of fire*.

Daerah *ring of fire* pada umumnya kaya akan potensi panas bumi (Condie, 1997). Begitu pula di Indonesia. Potensi panas bumi ini ditandai dengan adanya manifestasi panas bumi, yaitu gejala di permukaan yang merupakan ciri terdapatnya potensi energi panas bumi di bawah permukaan daerah tersebut (BSNI, 1998).

Salah satu pulau di Indonesia yang paling banyak titik potensi panas buminya adalah Pulau Jawa. Di Pulau Jawa sendiri terdapat 62 titik potensipanas bumi (Setidjati dalam Purnomo & Pichler, 2014). Titikpotensi panas bumi di Pulau Jawa berdasarkan asosiasi geologinya dapat dibagi menjadi dua sistem panas bumi, yaitu sistem panas bumi yang berhubungan dengan kompleks vulkanik dan sistem panas bumi yang berhubungan dengan zona sesar (Alam *et al.* dalam Purnomo & Pichler, 2014). Hingga tahun 2017, tujuh titik potensi panas bumi yang berhubungan dengan kompleks vulkanik di Pulau Jawa telah dikembangkan menjadi pembangkit listrik tenaga panas bumi (PLTP), sedangkan daerah panas bumi yang berhubungan dengan zona sesar sendiri belum banyak diteliti dan dikembangkan, sehingga dirasa perlu dilakukan penelitian dengan target titik potensi panas bumi yang berhubungan dengan zona sesar.

Titik potensi panas bumi yang berhubungan dengan zona sesar di Pulau Jawa dan belum banyak diteliti diantaranya adalah titik potensi panas bumi Tinatar dan Karangrejo di

kabupaten Pacitan. Kedua titik potensi panas bumi tersebut berdasarkan penelitian oleh Akbar *et al.* (1993) memiliki sumber panas yang sama dan diperkirakan memiliki reservoir yang sama pula, sehingga dalam penelitian ini disebut sebagai manifestasi panas bumi Tinatar-Karangrejo, dimana pada manifestasi panas bumi Tinatar-Karangrejo ini belum pernah dilakukan penelitian geofisika yang luas daerah penelitiannya mencakup kedua titik potensi panas bumi tersebut.

Di antara metode penelitian geofisika yang cocok digunakan untuk target daerah panas bumi adalah metode geomagnet, dimana dalam metode geomagnet besaran yang diukur adalah nilai medan magnet total di suatu daerah dengan anomali hasil pengukuran medan magnet dipengaruhi oleh kerentanan magnet (suseptibilitas) batuan di bawah permukaan daerah tersebut.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Akuisisi data dalam penelitian ini dilakukan pada tanggal 21 – 23 Agustus 2017 dengan batas wilayah penelitian $8^{\circ}4'53,1''$ hingga $8^{\circ}8'4,6''$ LS dan $111^{\circ}4'10,7''$ hingga $111^{\circ}8'32,1''$ BT. Daerah penelitian mencakup 3 kecamatan di Kabupaten Pacitan, yaitu Kecamatan Punung, Kecamatan Arjosari, dan Kecamatan Pringkuku.

Akuisisi Data

Jumlah titik pengukuran dalam penelitian ini adalah 31 titik dengan jarak antar titik 1 km ditambah 23 titik yang diambil dari data sekunder penelitian terdahulu (Lestari, 2015). Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan alat PPM

pemodelan 2D dilakukan menggunakan *software* Oasis Montaj 6.4.2.

Setelah itu baru dilakukan pemodelan 3D. Proses pemodelan 3D dimulai dengan memasukkan data geologi daerah penelitian menggunakan *software* Magblox, dimana *software* ini akan mengolah data geologi tersebut menjadi model dalam bentuk *layer-layer*. Kemudian data dalam bentuk *layer-layer* ini diedit lagi dengan *software* Bloxer, yaitu dengan memasukkan nilai suseptibilitas batuan yang disesuaikan dengan hasil pemodelan 2D. Tahapan terakhir pemodelan 3D dilakukan dengan *software* Rockwork, sehingga diperoleh kontur 3D suseptibilitas daerah penelitian.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil dari penelitian ini akan dibandingkan dengan peta geologi daerah penelitian seperti ditunjukkan pada Gambar 1, dimana kontur pada formasi batuan intrusif merupakan hasil interpolasi dari titik-titik pengukuran di dekatnya.

Medan magnet total yang terukur pada daerah penelitian berkisar antara 44.350 nT hingga 45.250 nT yang tersebar dalam lima formasi batuan seperti ditunjukkan pada Gambar 2.

merk Geometric tipe G-856. Metode pengukuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode looping dimana satu PPM berfungsi sebagai *base* dan *rover*.

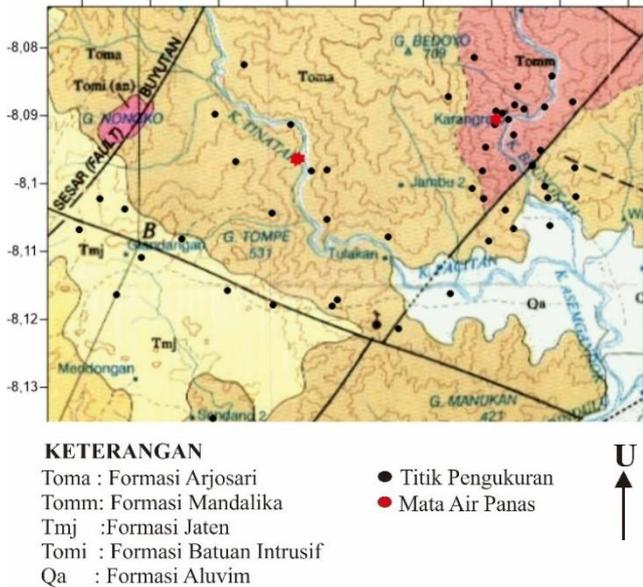
Tahap Pengolahan Data

Medan magnet total hasil pengukuran merupakan gabungan dari nilai medan magnet utama bumi, medan magnet luar, dan anomali medan magnet. Karena dalam penelitian metode geomagnet besaran yang dianalisis adalah anomali medan magnet, maka untuk mengetahui besarnya anomali medan magnet perlu dilakukan beberapa koreksi, yaitu koreksi IGRF untuk mereduksi nilai medan magnet utama bumi dan koreksi variasi harian untuk mereduksi medan magnet luar. Anomali medan magnet dapat diperoleh menggunakan persamaan (Santoso, 2002):

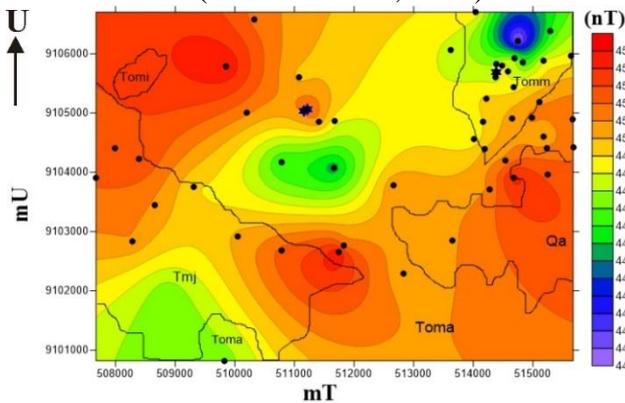
$$\Delta B = B - B_{IGRF} \mp B_{VH} \quad (1)$$

dengan B adalah medan magnet hasil pengukuran di lapangan, B_{IGRF} adalah nilai IGRF yang mewakili nilai medan magnet utama bumi, dan B_{VH} adalah nilai variasi harian yang mewakili nilai medan magnet luar.

Anomali medan magnet masih sulit diinterpretasi karena pengaruh sudut inklinasi dan deklinasi daerah penelitian sehingga anomali medan magnet yang terukur di permukaan bukan berasal dari sumber anomali yang vertikal di bawahnya dan masih dipengaruhi oleh anomali medan magnet lokal dan regional sehingga perlu dilakukan transformasi *reduce to the pole* (RTP) dan kontinuasi ke atas. Kedua proses transformasi ini dilakukan menggunakan *software* Oasis Montaj 6.4.2. Untuk dapat menginterpretasi struktur bawah permukaan daerah penelitian, maka dilakukan pemodelan 2D. Proses

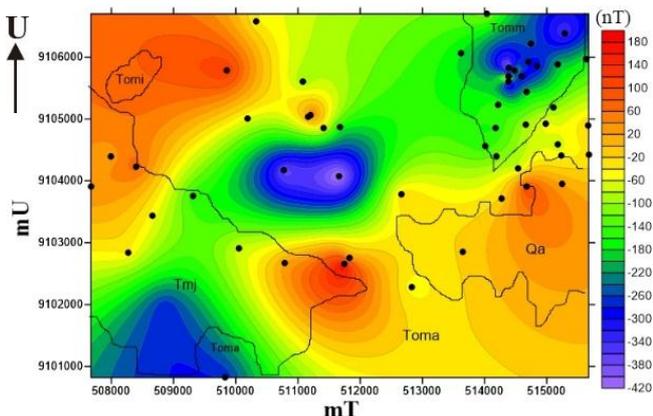


Gambar 1. Peta Geologi Lembar Pacitan (Samodra *et al.*, 1992).

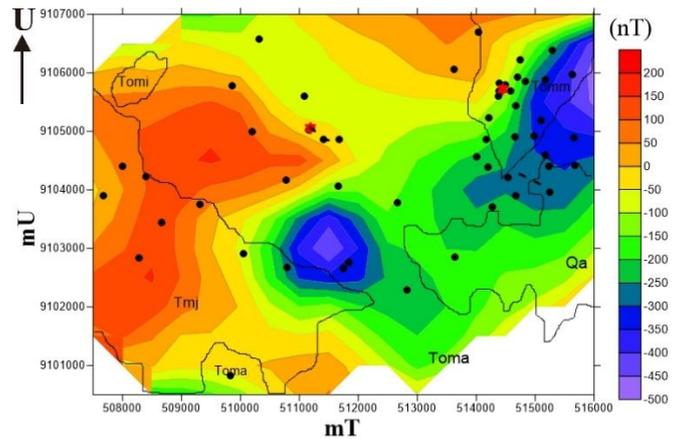


Gambar 2. Kontur Medan Magnet Total Daerah Penelitian.

Medan magnet total yang terukur kemudian dikoreksi dengan koreksi IGRF dan koreksi variasi harian sehingga didapat kontur seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Agar anomali yang terbaca di atas permukaan merupakan hasil dari sumber yang vertikal di bawahnya, dilakukan proses RTP sehingga kontur anomali medan magnet menjadi seperti pada Gambar 4.



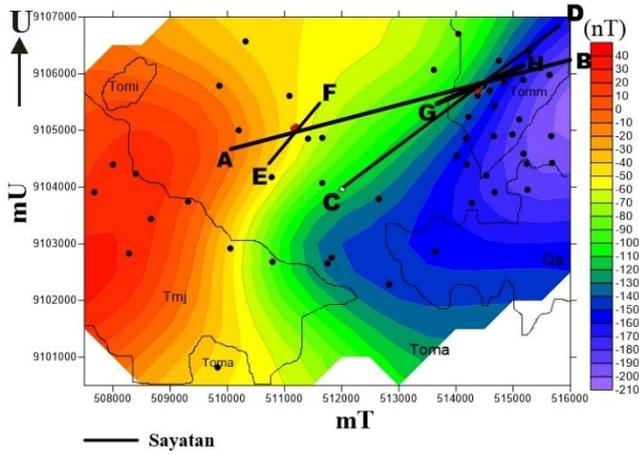
Gambar 3. Kontur Anomali Medan Magnet Daerah Penelitian.



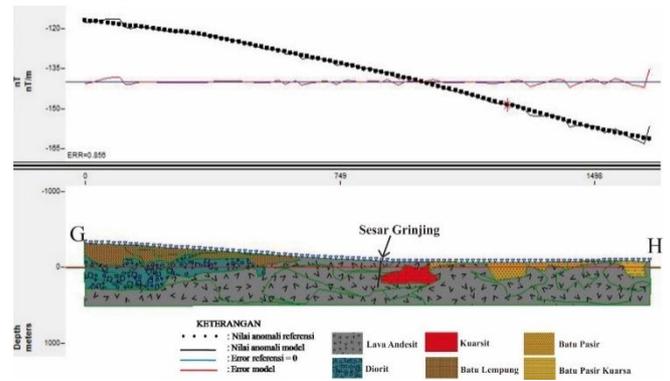
Gambar 4. Kontur Anomali Medan Magnet Daerah Penelitian Setelah Proses RTP.

Karena target dalam penelitian ini merupakan anomali regional, maka dilakukan proses kontinuasi ke atas untuk memfilter anomali lokal dan menyisakan anomali regional. Pada daerah penelitian proses kontinuasi ke atas berhenti pada ketinggian 1200 m karena kontur anomali medan magnet yang terbentuk pada ketinggian tersebut telah mewakili anomali regional daerah penelitian..

Setelah proses kontinuasi ke atas, kemudian dilakukan pemodelan 2D dengan melakukan penyayatan pada kontur hasil kontinuasi ke atas pada ketinggian 1200 m. Penyayatan yang dilakukan melewati target-target penelitian, yaitu manifestasi panas bumi Tinatar dan manifestasi panas bumi Karangrejo dengan jumlah sayatan sebanyak 4 sayatan. Kontur anomali medan magnet hasil proses kontinuasi ke atas dengan 4 sayatan pemodelan 2D ditunjukkan pada Gambar 5. Hasil Pemodelan 2D ditunjukkan pada Gambar 6.



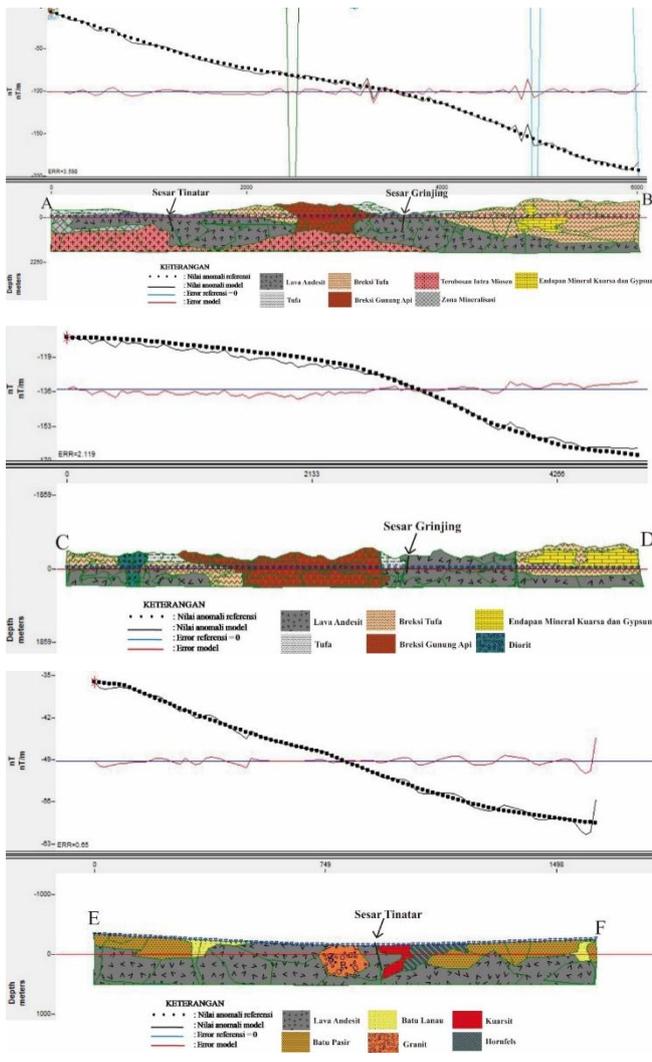
Gambar 5. Kontur Anomali Medan Magnet Daerah Penelitian Setelah Proses Kontinuasi Ke Atas dan Sayatan Pemodelan 2D.

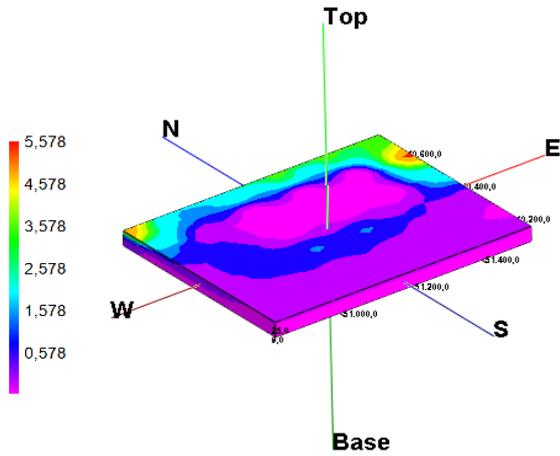


Gambar 6. Hasil Pemodelan 2D.

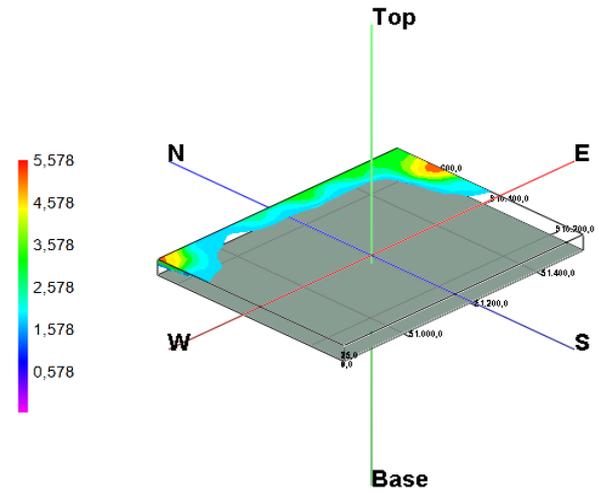
Berdasarkan hasil pemodelan 2D diketahui bahwa daerah penelitian terdiri oleh batuan beku berupa lava andesit, diorit, dan granit dengan kisaran nilai suseptibilitas 0 hingga $75,6 \times 10^{-3}$ (dalam SI), batuan piroklastik berupa breksi gunung api, tufa, dan breksi tufa yang memiliki nilai suseptibilitas 0 hingga $7,7 \times 10^{-3}$ (dalam SI). Batuan beku dan batuan piroklastik ini merupakan batuan penyusun dari Formasi Mandalika dan Formasi Arjosari. Selain kedua jenis batuan tersebut juga terdapat batuan sedimen klastik berupa batu pasir, batu pasir kuarsa, batu lempung, dan batu lanau yang memiliki nilai suseptibilitas 0 hingga $0,8 \times 10^{-3}$ (dalam SI) yang merupakan batuan penyusun Formasi Jaten, Formasi Arjosari, dan Formasi Aluvium serta terdapat batuan metamorf berupa kuarsit dan hornfels yang memiliki nilai suseptibilitas 0,35 hingga $1,58 \times 10^{-3}$ (dalam SI).

Untuk memperkuat hasil pemodelan 2D, kemudian dilakukan pemodelan 3D, dimana pada pemodelan 3D ini dilakukan analisis berdasarkan pengelompokan daerah dengan nilai suseptibilitas yang sama (iso-level), dengan hasil seperti ditunjukkan pada Gambar 7-10.

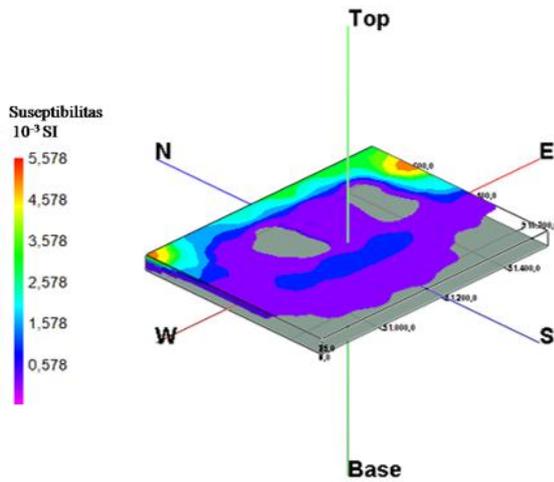




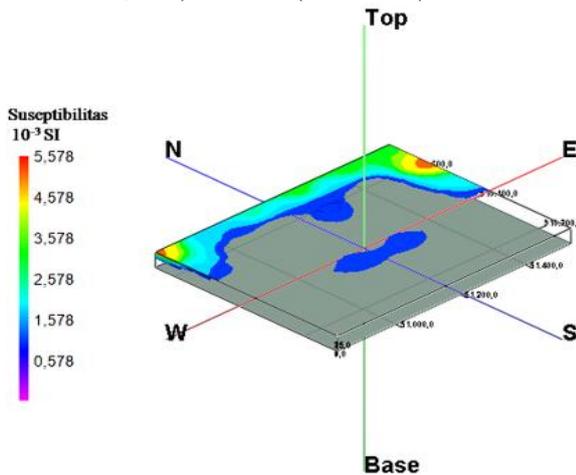
Gambar 7. Hasil Pemodelan 3D Tampak Atas Sebelum Analisis Iso-Level.



Gambar 10. Hasil Iso-Level Pemodelan 3D Dengan Nilai Suseptibilitas $(1,81-5,578) \times 10^{-3}$ (dalam SI).



Gambar 8. Hasil Iso-Level Pemodelan 3D Dengan Nilai Suseptibilitas $(0,686-5,578) \times 10^{-3}$ (dalam SI).



Gambar 9. Hasil Iso-Level Pemodelan 3D Dengan Nilai Suseptibilitas $(1,25-5,578) \times 10^{-3}$ (dalam SI).

Pada Gambar 7 terlihat bahwa hasil pemodelan 3D daerah penelitian dapat dibagi menjadi dua klosur yaitu klosur rendah berwarna magenta hingga toska dengan rentang nilai suseptibilitas $(0 - 2,578) \times 10^{-3}$ (dalam SI) dan klosur tinggi berwarna toska hingga merah dengan rentang nilai suseptibilitas $(2,578 - 5,578) \times 10^{-3}$ (dalam SI). Daerah berklosur rendah mendominasi hampir seluruh daerah penelitian dari ujung selatan hingga tengah daerah penelitian. Daerah berklosur tinggi terutama berada di ujung utara daerah penelitian yang menipis di tengah dan sedikit melebar di bagian barat laut dan timur barat laut.

Pada Gambar 8 terlihat ada beberapa daerah yang hilang. Daerah yang hilang ini merupakan daerah dengan nilai suseptibilitas di bawah $0,686 \times 10^{-3}$ (dalam SI) yaitu daerah di bagian selatan yang diperkirakan merupakan daerah berformasi batuan aluvium, Formasi Jatén, dan sebagian Formasi Arjosari, dimana pada formasi-formasi batuan tersebut didominasi oleh batuan-batuan sedimen seperti batu gamping, batu pasir, batu lempung, dan batu lanau sehingga memiliki nilai suseptibilitas yang relatif rendah.

Selain daerah di bagian selatan, terdapat dua daerah yang hilang di tengah-tengah daerah penelitian. Daerah-daerah tersebut merupakan daerah tempat manifestasi panas bumi Tinatar dan Karangrejo, dimana pada daerah-daerah tersebut didominasi oleh batuan beku vulkanik dan batuan piroklastik, tapi karena letaknya yang dekat dengan daerah manifestasi panas bumi maka batuan-batuan ini terdemagnetisasi sehingga suseptibilitasnya menjadi rendah.

Pada Gambar 9 daerah yang tersisa hanya daerah di bagian utara dan sedikit daerah di bagian tengah. Sedikit daerah di bagian tengah ini diperkirakan merupakan daerah dengan batuan penyusun yang sama dengan daerah manifestasi panas bumi Tinatar dan Karangrejo, tetapi karena letaknya yang relatif lebih jauh dari sumber panas maka nilai suseptibilitasnya lebih tinggi.

Pada Gambar 10 daerah yang tersisa hanya daerah di bagian utara yang menebal di bagian barat laut dan timur laut daerah penelitian. Daerah bagian barat laut merupakan daerah berformasi batuan intrusif sedangkan daerah di bagian timur laut merupakan daerah berformasi Mandalika. Kedua formasi batuan ini tersusun atas batuan-batuan beku vulkanik yang memiliki suseptibilitas yang besar.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa daerah penelitian tersusun atas batuan-batuan sedimen dengan nilai suseptibilitasnya 0 hingga $0,686 \times 10^{-3}$ (dalam SI) yang mendominasi dari bagian selatan hingga tengah daerah penelitian, batuan beku dan batuan piroklastik pada bagian tengah hingga

Interpretasi Bawah Permukaan... (Khoirul Ummah#57
utara daerah penelitian dengan nilai suseptibilitasnya 0 hingga $5,578 \times 10^{-3}$ (dalam SI), dimana batuan yang letaknya dekat dengan manifestasi panas bumi Tinatar dan Karangrejo terdemagnetisasi karena letaknya yang dekat dengan sumber mata air panas.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan metode geofisika yang lain, seperti metode geolistrik dan magnetotellurik sehingga dapat memperkuat hasil penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, N., Sundhoro, H., Soetoyo, Iryanto, & Ngadono, S. (1993). Penyelidikan Prospeksi Panasbumi Daerah Pacitan, Jawa Timur. Regu Penyelidikan Gunungapi dan Panasbumi. Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral.
- BSNI. (1998). Klasifikasi Potensi Energi Panas Bumi di Indonesia (Standar Nasional SNI 13-5012-1998).
- Condie, K.C. (1997). *Plate Tectonics and Crustal Evolution* (4th ed.). Burlington: Butterworth-Heinemann.
- Hall, R. (2002). Cenozoic Geological and Plate Tectonic Evolution of Southeast Asia and the Southwest Pacific : Computer Based Constructions, Model and Animations. *Journal of Asian Earth Science*, 20 (2002), 353 - 431.
- Lestari, T.E. (2015). *Interpretasi Bawah Permukaan Daerah manifestasi Panas Bumi Desa Karangrejo Kecamatan Arjosari Kabupaten Pacitan Menggunakan Metode Magnetik*. Skripsi. Program Studi Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. UNY. Yogyakarta.
- Purnomo, B.J. & Pichler, T. (2014). Geothermal Systems on the Island of Java, Indonesia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 285 (2014) 47-59.

Samodra, H., Gafoer, S., & Tjokrosoetro, S.
(1990). *Peta Geologi Lembar Pacitan,
Pegunungan Selatan*. Bandung: Pusat
Penelitian dan Pengembangan Geologi.

Santoso, D. (2002). *Pengantar Teknik Geofisika*.
Bandung: Penerbit ITB.

Menyetujui,
Pembimbing I



Denny Darmawan, M.Sc.
NIP. 19791202 200312 1 002