

DISTRIBUSI ANOMALI MAGNETIK DAERAH PANAS BUMI BONGONGOAYU, GORONTALO

Intan Noviantari Manyoe¹⁾, Ulva Ria Irfan²⁾, Dadang Ahmad Suriamiharja³⁾

¹⁾Program Studi Teknik Geologi, Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo

²⁾Program Studi Teknik Geologi, Universitas Hasanuddin, Makassar

³⁾Program Studi Geofisika, Universitas Hasanuddin, Makassar

e-mail: intan.manyoe@ung.ac.id

Abstract

In 2012 the Geological Agency of Indonesia discovered 14 new geothermal sites in Indonesia, one of which is in the area Diloniyohu (now Bongongoayu) are included in the administrative area of the District Boliyohuto Gorontalo regency. Preliminary investigation geothermal area with geomagnetic methods used to determine the geothermal prospects. This study aimed to analyze the distribution of magnetic anomalies and determine the geothermal prospects based on the distribution of magnetic anomalies.

The magnetic survey carried out by the closed-loop system is the measurement starts and ends at the same point. The number of points is 224 points measuring geomagnetic measuring scattered on the 8 track measuring point. The total length of the measuring point is 5.4 Km. The distance between the measuring point is 25 m and the distance between tracks is 100 m. Value IGRF (International Geomagnetic Reference Field), inclination and declination obtained using NGDC Geomagnetic Calculators. By entering coordinates and elevation study site at NGDC Geomagnetic Calculators values obtained IGRF = 40633.97 nT, value Inclination = $-14,75^{\circ}$ and declination = $0,79^{\circ}$ value. The results of the magnetic survey in the form of cross-section of the magnetic anomaly and magnetic anomaly distribution map.

Magnetization area which is indicative of reservoir is characterized by low magnetic anomaly (-400 to -150 nT) to moderate magnetic anomalous zone (-150 to 50 nT), which is at the center of the study area. Comprehensive prospecting area is $> 320,000 \text{ m}^2$ with a volume of 22.4 million m^3 reservoir. Integrated investigations should be carried out to the west which is characterized by a moderate magnetic anomalies klosur opening and expanding research into the area of geothermal manifestations appearing more precisely in the area Talumopatu, District Paguyaman Mootilango and upstream watershed.

Keywords: Geothermal, Magnetic, Magnetic Anomali, Bongongoayu

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara di dunia yang memiliki potensi sumber daya geotermal yang sangat besar. Potensi yang besar ini sedang dikembangkan oleh pemerintah untuk mendukung pemenuhan kebutuhan energi nasional. Berdasarkan data survei terakhir Badan Geologi, sampai akhir tahun 2009 ini tercatat sebanyak 265 lokasi geotermal di Indonesia, baik yang berasal dari proses vulkanik maupun non vulkanik.

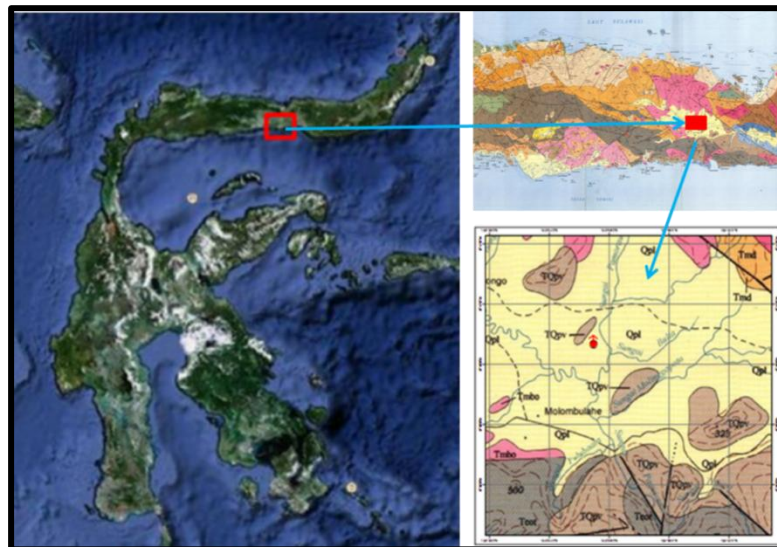
Pemerintah perlu melakukan penyelidikan energi alternatif geotermal, untuk mengetahui besarnya potensi energi geotermal bagi penyediaan tenaga listrik. Ini diharapkan bisa mendapatkan sistem geotermal yang dapat dimanfaatkan untuk PLTP dan diharapkan bisa memenuhi kebutuhan energi nasional, sejalan dengan kebijakan pemerintah tentang energi nasional yang memiliki target pada tahun 2025 yaitu energi baru terbarukan (diantaranya energi geotermal) dapat memenuhi kebutuhan sekitar 5 % energi listrik nasional.

Penelitian terkait eksplorasi geotermal menggunakan metoda geomagnet [1, 2, 3, 4, 5, 6] dapat menentukan prospek geotermal dengan mengkaji distribusi anomali geomagnetik. Penggunaan metoda geomagnet sangat efektif dan efisien untuk digunakan dalam eksplorasi geotermal karena dapat menentukan prospek geotermal dengan melihat distribusi secara horizontal [1, 4, 6] dan vertical [2, 3, 5].

Peristiwa tektonik di lengan utara Sulawesi dipengaruhi oleh penunjaman Sulawesi Utara dan penunjaman Sangihe Timur. Daerah Gorontalo merupakan bagian dari lajur volkano-plutonik Sulawesi Utara yang dikuasai oleh batuan gunung api Eosen - Pliosen dan batuan terobosan. Dalam peta geologi regional, lokasi penelitian terletak pada Formasi Gunungapi Pinogu (Tqpv) dan Formasi Endapan Danau (Qpl). Kolam air panas terletak pada Formasi Endapan Danau. Pemunculan manifestasi permukaan pada daerah dengan tataan geologi seperti tersebut di atas sangat menarik untuk diteliti.

METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian terletak di daerah Bongongoayu yang secara administratif termasuk ke dalam wilayah Kecamatan Boliyohuto, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo. Secara astronomis daerah penelitian terletak pada koordinat antara $122,5875^{\circ}$ - $122,5964^{\circ}$ BT dan $0,6731^{\circ}$ - $0,6818^{\circ}$ LU (Gambar 1). Manifestasi permukaan di lokasi penelitian berupa kolam air panas yang terletak pada koordinat $0^{\circ}40,671'$ LU dan $122^{\circ}35,468'$ BT dengan suhu $43 - 53^{\circ}\text{C}$. Lokasi penelitian merupakan salah satu daerah yang termasuk dalam lengan utara Sulawesi.



Gambar 1 Peta tunjuk lokasi penelitian [7].

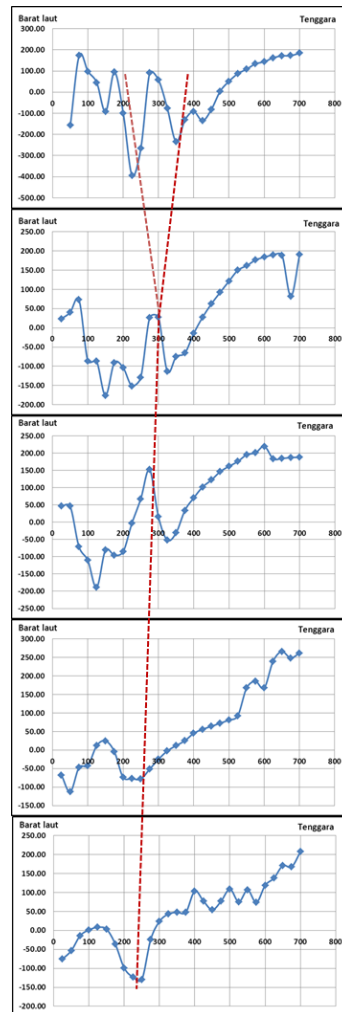
Jenis penelitian ini mengkombinasikan penelitian kuantitatif dan kualitatif. Metoda penelitian yang digunakan adalah metoda penelitian induktif yang memuat hasil studi pustaka, penelitian terdahulu, hasil penelitian yang diperoleh dari data lapangan yang dianalisis, diinterpretasi dan ditarik kesimpulan tentang prospek energi panas bumi untuk studi kasus daerah Bongongoayu Kecamatan Boliyohuto Kabupaten Gorontalo Propinsi Gorontalo.

Akuisisi data lapangan dengan metode geomagnet menggunakan 1 set *Proton Precession Magnetometer* GSM 19-T v7.0 untuk pengukuran di titik ukur dan di *base station*. Survei magnetik dilakukan dengan sistem *loop* tertutup yaitu pengukuran berawal dan berakhir pada titik yang sama. Jumlah titik ukur geomagnet adalah 224 titik ukur yang tersebar pada 8 lintasan titik ukur. Total panjang lintasan titik ukur adalah 5,6 Km. Jarak antara titik ukur adalah 25 m dan jarak antar lintasan adalah 100 m. Nilai IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*), inklinasi dan deklinasi diperoleh dengan menggunakan *NGDC Geomagnetic Calculators*. Dengan memasukkan koordinat lokasi penelitian dan elevasi pada *NGDC Geomagnetic Calculators* diperoleh nilai IGRF = 40633,97 nT, nilai inklinasi = $-14,75^{\circ}$ dan nilai deklinasi = $0,79^{\circ}$. Hasil survei magnetik berupa penampang anomali magnetik dan peta distribusi anomali magnetik.

Adapun langkah-langkah pengolahan dan analisis data sebagai berikut:

- Mengoreksi data hasil pengukuran di titik amat dengan koreksi variasi harian dan koreksi IGRF
- Membuat peta distribusi anomali magnetik, penampang lintasan titik ukur dan model 2D penampang menggunakan software Surfer 11.
- Interpretasi data magnetik didasarkan pada pola kontur anomali medan magnetik yang bersumber dari distribusi benda-benda termagnetisasi atau struktur geologi bawah permukaan bumi. Selanjutnya pola

anomali medan magnetik yang dihasilkan ditafsirkan berdasarkan informasi geologi setempat dalam bentuk distribusi benda magnetik atau struktur geologi.



Gambar 2 Interpretasi struktur geologi dan perbedaan litologi berdasarkan penampang anomali magnetik daerah Bongongoayu

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penampang lintasan dibuat dalam bentuk grafik dengan sumbu x adalah nilai anomali geomagnet (nT) dan sumbu y adalah jarak antara titik ukur dalam lintasan (m). Penampang anomali geomagnet (Gambar 2) yang dibagi atas 8 lintasan (L1 – L8) memperlihatkan anomali magnet positif yang berkisar antara 0,65 sampai 259,37 nT dan anomali magnet negatif yang berkisar antara -0,13 sampai -397,58 nT. Kontras anomali magnet positif dan negatif antara titik ukur pada daerah penelitian >300nT. Kontras anomali magnet positif dan negatif mengindikasikan adanya struktur geologi/sesar dan perbedaan litologi.

Nilai kemagnetan positif pada lintasan L2 terdapat pada titik ukur L2.25, L2.75 – L2.125, L2.175, L2.275, L2.300 dan L2.475 – L2.700 dengan nilai kemagnetan positif berkisar antara 1,99 – 181,91 nT. Nilai kemagnetan negatif terdapat pada titik ukur L2.50, L2.150, L2.200 – L2.250 dan L2.325 – L2.450. Besaran nilai kemagnetan negatif antara -78,30 sampai -397,58 nT. Nilai kemagnetan yang berselang seling antara nilai kemagnetan positif dan negatif terdapat pada bagian barat laut hingga tengah lintasan L2. Secara geologi nilai kemagnetan berbentuk gergaji mengindikasikan adanya zona struktur yang kompleks di sekitar titik ukur, diperkirakan berkaitan dengan zona kontak litologi ataupun zona sesar[1]. Terdapat peningkatan nilai kemagnetan negatif menjadi positif mulai dari titik L2.475 hingga L2.700. Kontras anomali positif dan negatif yang terjadi pada beberapa titik ukur yang berkisar antara >300 - >1300 nT, hal ini mengindikasikan di sekitar titik ukur terdapat struktur geologi atau sesar. Kontras anomali positif dan negatif pada lintasan L2 terdapat di

sekitar titik ukur L2.225 – L2.475 dan L2.350 – L2.600. Jarak antara titik ukur L2.25 – L2.475 dan L2.350 – L2.600 adalah 250 m. Kontras anomali positif dan negatif sebesar 399,57 nT antara titik ukur L2.225 – L2.475 dan kontras anomali positif dan negatif sebesar 378,55 nT di sekitar titik ukur L2.350 – L2.600.

Penampang anomali magnetik lintasan L3 memperlihatkan nilai kemagnetan positif antara 21,21 – 188,25 nT yang terdapat pada titik ukur L3.25 – L3.75, L3.275 – L3.300, dan L3.425 – L3.700. Sedangkan penampang anomali magnetik pada lintasan 3 yang memperlihatkan nilai kemagnetan negatif terdapat pada titik ukur L3.100 – L3.250 dan L3.325 – L3.400. Besaran nilai kemagnetan negatif pada lintasan 3 berkisar antara -16,92 sampai -178,54 nT. Kontras anomali positif dan negatif pada lintasan L3 terdapat di sekitar titik ukur L3.150 – L3.650. Jarak antara titik ukur L3.150 – L3.650 adalah 500 m. Kontras anomali positif dan negatif antara titik ukur L3.150 – L3.650 sebesar 367,01 nT.

Lintasan 4 pada titik ukur L4.25 – L4.50, L4.250 – L4.300 dan L4.375 – L4.700 memperlihatkan rentang anomali magnet positif yang berkisar antara 13,44 – 217,42 nT. Pada titik ukur L4.75 – L4.225, dan L4.325 – L4.350 memperlihatkan rentang anomali magnet negatif yang berkisar antara -5,29 nT sampai -191,63 nT. Nilai anomali magnet negatif di sekitar titik L4.125 dan L4.325 ditafsirkan sebagai batuan yang telah mengalami demagnetisasi. Hal ini didukung oleh informasi permukaan dimana pada lokasi sekitar nilai anomali negatif ditempati oleh kolam air panas sebagai manifestasi panas bumi Bongongoayu. Kontras anomali positif dan negatif pada lintasan L4 terdapat di sekitar titik ukur L4.125 – L4.625. Jarak antara titik ukur L4.125 – L4.625 adalah 500 m. Kontras anomali positif dan negatif antara titik ukur L4.125 – L4.625 sebesar 409,05 nT.

Penampang anomali pada lintasan 5 memperlihatkan nilai kemagnetan positif yang berkisar antara 9,33 – 259,37 nT. Nilai kemagnetan positif ini terdapat pada titik ukur L5.125 – L5.150 dan L5.350 – L5.700. Nilai kemagnetan negatif pada penampang anomali lintasan 5 memperlihatkan nilai kemagnetan negatif yang berkisar antara -5,05 nT sampai -115,51 nT. Kontras anomali positif dan negatif pada lintasan L5 terdapat di sekitar titik ukur L5.200 – L5.700. Jarak antara titik ukur L5.200 – L5.700 adalah 500 m. Kontras anomali positif dan negatif antara titik ukur L5.200 – L5.700 sebesar 335,73 nT.

Nilai kemagnetan positif pada lintasan L6 terdapat pada titik ukur L6.125 – L6.150 dan L6.300 – L6.700 dengan nilai kemagnetan positif berkisar antara 0,65 – 204,94 nT. Sedangkan nilai kemagnetan negatif terdapat pada titik ukur L6.25 – L6.100 dan L6.175 – L6.275. Besaran nilai kemagnetan negatif antara -1,24 nT sampai -132,34 nT. Kontras anomali positif dan negatif pada lintasan L6 terdapat di sekitar titik ukur L6.200 – L6.700. Jarak antara titik ukur L6.200 – L6.700 adalah 500 m. Kontras anomali positif dan negatif antara titik ukur L6.200 – L6.700 sebesar 306,31 nT.

Nilai kemagnetan positif pada lintasan L7 terdapat pada titik ukur L7.25 – L7.50, L7.100 – L7.125, dan L7.175 – L7.700 dengan besaran nilai kemagnetan positif berkisar antara 1,44 – 188,46 nT. Nilai kemagnetan negatif terdapat pada titik ukur L7.75 dan L7.150. Besaran nilai kemagnetan negatif pada lintasan L7 berkisar antara -10,83 nT sampai -11,09 nT. Permukaan lintasan L7 menempati alluvial. Lintasan L7 didominasi oleh nilai anomali magnet positif. Sebagaimana lintasan L1 – L6, terdapat peningkatan nilai anomali magnet hingga ke ujung lintasan L7 bagian tenggara. Tidak ada indikasi sesar pada lintasan L7 karena tidak terdapat kontras anomali magnet positif dan negatif antara titik ukur pada lintasan L7.

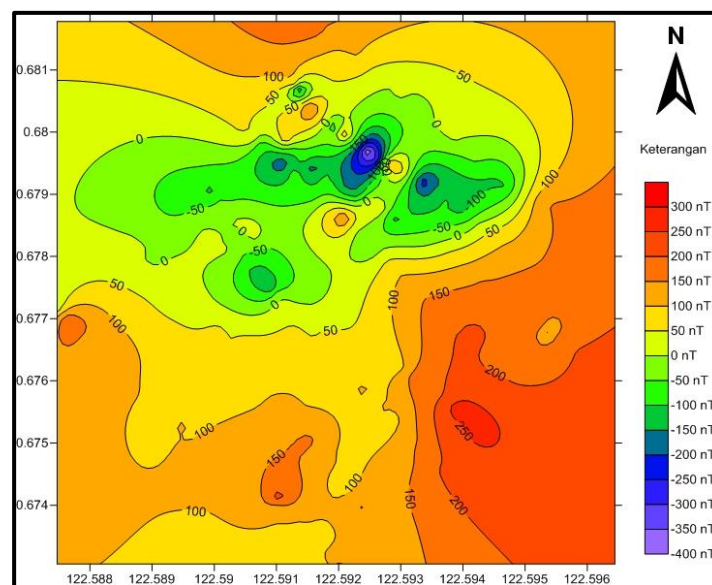
Indikasi struktur geologi pada penampang anomali magnetik diperoleh melalui kontras nilai anomali positif dan negatif (>300 nT). Anomali magnet positif pada penampang anomali magnetik diperkirakan sebagai batuan diorit yang masih segar (belum mengalami ubahan). Batuan diorit adalah batuan intermediet yang memiliki nilai suseptibilitas yang relatif tinggi [1]. Nilai untuk batuan diorit adalah 600 – 120.000 dalam satuan SI [8]. Anomali magnet negatif pada penampang anomali magnetik diperkirakan sebagai batuan granit yang telah mengalami ubahan kuat dan alluvial yang bersifat nonmagnetik. Granit dan alluvial memiliki respon magnet yang sangat rendah [1].

Penampang L1 – L7 menunjukkan bahwa anomali magnet negatif mendominasi bagian barat laut lintasan. Sedangkan bagian tenggara lintasan didominasi oleh anomali magnet positif. Bagian barat laut lintasan ditempati oleh batuan intrusi (granit dan diorit). Anomali magnet negatif yang mendominasi bagian barat laut lintasan diperkirakan sebagai batuan granit yang mengalami ubahan. Bagian tenggara lintasan ditempati oleh alluvial. Alluvial yang bersifat nonmagnetik diperkirakan sebagai lapisan permukaan. Sedangkan respon magnet tinggi pada penampang anomali magnetik diperkirakan sebagai batuan diorit yang tidak tersingkap ke permukaan. Lintasan L4 – L7 yang pada permukaan lintasan ditempati oleh alluvial juga merupakan lintasan

yang didominasi oleh anomali positif. Anomali positif ini diperkirakan berasal dari batuan diorit yang tidak tersingkap ke permukaan.

Akuisisi data magnetik dilakukan pada setiap titik ukur pada lintasan pengukuran yang berbentuk *gridding*. Pembacaan anomali magnetik pada setiap titik pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali. Data yang diperoleh dari akuisisi data magnetik pada lintasan pengukuran disebut kuat medan magnetik total. Pembacaan anomali magnetik pada titik *base station* (00°40'48.3" N dan 122°35'37.9" E) dilakukan dengan interval waktu ±2 jam. Pembacaan anomali magnetik pada *base station* dilakukan untuk mengetahui variasi harian yang disebabkan oleh radiasi matahari. Sudarmadji dkk [2] mengatakan koreksi variasi harian (*diurnal correction*) dilaksanakan untuk menekan efek perusakan medan magnetik yang secara utama disebabkan oleh partikel-partikel dan radiasi elektromagnetik dari matahari yang merusak ionosfer bumi dalam periode 24 jam.

Peta distribusi anomali magnetik dibuat menggunakan software Surfer 11 dengan memasukkan data anomali magnetik total. Data anomali magnetik total diperoleh dengan mengurangkan kuat medan magnetik total terhadap variasi harian dan nilai IGRF (Gambar 3).



Gambar 3 Peta Distribusi Anomali Magnetik Total Daerah Panas Bumi Bongongoayu

Nilai anomali magnetik pada daerah panas bumi Bongongoayu dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok anomali magnetik yaitu anomali magnet rendah pada skala warna ungu hingga biru dengan nilai -400 sampai -150 nT. Kelompok anomali kedua adalah anomali magnet sedang pada skala warna hijau hingga kuning dengan nilai -150 sampai 50 nT. Anomali magnet tinggi pada skala warna kuning tua hingga merah dengan nilai 50 – 300 nT.

Kelompok anomali magnet tinggi tersebar pada bagian utara, timur dan bagian selatan daerah penelitian meliputi 55% dari total daerah penelitian. Kelompok anomali magnet tinggi pada bagian utara menempati batuan beku intrusi (granit dan diorit) sedangkan pada bagian timur dan selatan menempati alluvial. Anomali magnet tinggi pada peta distribusi anomali magnetik daerah Bongongoayu menempati batuan beku intrusi pada bagian utara dan alluvial pada bagian timur dan selatan. Anomali magnet tinggi di bagian utara diperkirakan berkaitan dengan batuan diorit yang masih segar dan mengandung mineral magnetik. Anomali magnet tinggi di bagian timur dan selatan diperkirakan berkaitan dengan batuan diorit segar dan mengandung mineral magnetik yang tertutupi oleh alluvial.

Anomali magnet sedang (-100 sampai dengan 50 nT) dengan klosur membuka ke arah barat dan berupa klosur tertutup di sekitar anomali magnet rendah menempati batuan beku intrusi dan alluvial. Sedangkan anomali magnet tinggi (50 – 300 nT) ditafsirkan berkaitan dengan susunan batuan bawah permukaan yang mengandung mineral magnetit serta batuan granit dan diorit yang masih segar. Anomali magnet sedang pada peta distribusi anomali magnetik daerah Bongongoayu menempati batuan beku intrusi dan sebagian kecil alluvial. Anomali

magnet sedang diperkirakan berkaitan dengan batuan diorit yang berubah sedikit. Idral [1] mengemukakan diorit yang terubah sedikit mempunyai nilai kemagnetan relatif lebih tinggi dari pada batuan granit dan alluvial.

Anomali magnet rendah (-400 sampai dengan -150 nT) pada peta dsitribusi anomali magnetik menempati batuan beku intrusi. Anomali magnet rendah pada daerah panas bumi Bongongoayu ditafsirkan berhubungan dengan batuan bawah permukaan yang mengalami demagnetisasi. Anomali magnet rendah menurut Idral, diperkirakan berkaitan dengan batuan nonmagnetik dan batuan yang telah berubah kuat[1]. Anomali magnet sedang diperkirakan berkaitan dengan batuan bersifat sedikit magnetis yang nilai kerentanan magnetiknya relatif lebih besar. Anomali magnet tinggi diperkirakan berkaitan dengan batuan yang masih segardan mengandung mineral magnetik.

Daerah demagnetisasi pada peta distribusi anomali magnetik daerah panas bumi Bongongoayu berupa spot-spot berwarna ungu hingga biru. Daerah demagnetisasi berada di bagian utara dan timur laut kolam panas Bongongoayu. Kolam Panas Bongongoayu pada peta distribusi anomali magnetik terletak pada anomali magnet sedang. Struktur/sesar pada peta distribusi anomali magnetik berdasarkan hasil dari penampang anomali magnetik adalah struktur/sesar berarah hampir timur laut – barat daya yang berada pada perpotongan anomali magnet rendah dan tinggi dan struktur/sesar yang berada pada perpotongan anomali magnet tinggi dan rendah. Sedangkan struktur/sesar berarah timur laut – barat daya memotong anomali magnet tinggi dan anomali magnet sedang. Struktur/sesar berarah timurlaut – baratdaya melewati manifestasi panas bumi Bongongoayu yaitu kolam air panas

SIMPULAN

Penampang anomali geomagnet menunjukkan terdapatnya struktur geologi berarah Timur Laut – Barat Daya. Anomali magnet positif pada penampang anomali geomagnet disebabkan oleh batuan diorit yang masih segar (belum mengalami ubahan) sedangkan respon anomali negatif pada penampang disebabkan oleh batuan granit dan diorit yang telah mengalami ubahan dan aluvial yang bersifat nonmagnetik. Fluida panas bumi dari zona reservoir ke permukaan di kontrol oleh struktur geologi/sesar berarah Timur Laut – Barat Daya. Pengembangan eksplorasi panas bumi di daerah panas bumi Bongongoayu perlu dilanjutkan dengan penyelidikan geolistrik teknik sounding memotong manifestasi panas bumi

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Idral, A., 2005, Hasil Penyelidikan Geomagnetik Daerah Panas Bumi Suwawa Kab.Bone Bolango–Propinsi Gorontalo. Makalah disajikan dalam Kolokium Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral, Pusat Sumber Daya Geologi Badan Geologi.
- [2] Sudarmaji., Budiadi, E.V., Sismanto. dan Setiawan, A. 2005. Pengukuran Medan Magnetik Total Daerah Gedong Songo dan Bawen, Ambarawa, Semarang, Jawa Tengah. *Jurnal Fisika Indonesia*. IX: 81 – 94.
- [3] Idral, A. & Sumardi, E, 2009, Hasil Penyelidikan Geomagnetik Daerah Panas Bumi Bittuang Kabupaten Tana Toraja-Propinsi Sulawesi Selatan. Makalah disajikan dalam Kolokium Badan Geologi 2009, Pusat Sumber Daya Geologi Badan Geologi.
- [4] Mustang, A., Sumardi, E. dan Budiraharja. 2005. *Survei Geomagnet di Daerah Jaboi, Kota Sabang, Daerah Istimewa Aceh*. Makalah disajikan dalam Kolokium Badan Geologi 2005, Pusat Sumber Daya Geologi Badan Geologi.
- [5] Nuha, D.Y.U. & Avicena, N, 2012, Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Daerah Sumber Air Panas Songgoriti Kota Batu berdasarkan Data Geomagnetik. *Jurnal Neutrino*, 4(2):178-187.
- [6] Glen, J.M.G., Egger, A.E. & Ponce D.A., 2008, Structures Controlling Geothermal Circulation Identified Through Gravity and Magnetic Transects, Surprise Valley, California, Northwestern Great Basin. *GRC Transactions*, Vol. 32:279-283.
- [7] Bachri, S., Sukido. & Ratman, N., 1993, Peta Geologi Lembar Talamuta, Sulawesi. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- [8] Telford, W.M., Geldart, L.P. & Sheriff, R.E. (1990). *Applied Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.