

***PENAMPANG ANOMALI GEOMAGNET DAN GEOLISTRIK
DAERAH PANAS BUMI BONGONGOAYU, GORONTALO***

***MAGNETIC ANOMALY AND ELECTRICAL CROSS SECTIONS
OF BONGONGOAYU GEOTHERMAL, GORONTALO***

Intan Noviantari Manyoe¹⁾, D.A Suriamihardja²⁾, Ulva Ria Irfan³⁾

*Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo
Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Hasanuddin
Jurusan Geologi, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin*

Alamat Korespondensi:

Prodi Teknik Geologi UNG, Jalan Jenderal Sudirman No.6 Kota Gorontalo 96128
Intan Noviantari Manyoe
HP: 085757222551
Email: intan.manyoe@pnsmail.go.id

ABSTRAK

Daerah Bongongoayu adalah salah satu daerah di Gorontalo yang merupakan tempat pemunculan manifestasi panas bumi (kolam air panas) dengan suhu permukaan 43° - 59° C. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis penampang anomali geomagnet dan penampang geolistrik di daerah panas bumi Bongongoayu. Metode yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif. Pengambilan data di lapangan dilakukan dengan menggunakan alat *Proton Precission Magnetometer* dan *Resistivity meter*. Jumlah titik ukur geomagnet adalah 224 titik ukur sedangkan jumlah titik sounding geolistrik adalah 2 titik sounding. Pengukuran geomagnet dan geolistrik ditampilkan dalam bentuk penampang anomali geomagnet dan penampang geolistrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa berdasarkan penampang anomali geomagnet diperoleh struktur geologi dan perbedaan litologi di daerah panas bumi Bongongoayu. Indikasi struktur geologi dan perbedaan litologi pada penampang anomali geomagnet diperoleh melalui kontras nilai anomali positif dan negatif (>300 nT). Anomali magnet negatif pada penampang L1 – L7 mendominasi bagian barat laut lintasan sedangkan bagian tenggara lintasan didominasi oleh anomali magnet positif. Berdasarkan penampang geolistrik, batuan penutup ditandai oleh nilai resistivitas rendah ($<20 \Omega\text{m}$) dan resistivitas sangat rendah ($20 - 100 \Omega\text{m}$). Reservoir panas bumi ditandai oleh nilai resistivitas tinggi ($>500 \Omega\text{m}$). Penampang anomali geomagnet dan geolistrik menunjukkan bahwa struktur geologi (>300 nT) yang berarah Timur laut – Barat daya merupakan faktor pengontrol fluida di daerah panas bumi Bongongoayu, Gorontalo.

Kata Kunci: Penampang, Geomagnet, Geolistrik, Panas bumi, Gorontalo.

ABSTRACT

Bongongoayu area is one of the areas in Gorontalo which is a place of geothermal manifestations (hot water pond) with a surface temperature of 43° - 59° C. This research aimed to analyze sections of magnetic anomalies and electrical. The method used is quantitative research methods. Acquisition data was carried out in the field by using Proton Precission Magnetometer and Resistivity meter. The number of magnetic measuring points is 224 points while the number of electrical sounding is 2 points. Measurements of magnetic and electrical section is shown in the form of magnetic anomalies and electrical section. The results showed that the geological structure and litology in the area of Bongongoayu geothermal obtained by the magnetic anomaly sections. Indication of the geological structure and litology in the section of magnetic anomalies obtained by contrasting positive and negative anomalies values (> 300 nT). Negative magnetic anomalies on the L1 – L7 dominate the northwestern part of the track while the southeastern part of the track is dominated by positive magnetic anomalies. Based on the electrical section, the cap rock characterized by low resistivity values ($<20 \Omega\text{m}$) and the very low resistivity ($20-100 \Omega\text{m}$). Geothermal reservoir is characterized by high resistivity values ($> 500 \Omega\text{m}$). Section of magnetic and electrical anomalies indicate that the geological structures (> 300 nT) are trending Northeast - Southwestern is a factor controlling of fluid in Bongongoayu geothermal area, Gorontalo.

Key Words : Section, Magnetic, Electrical, Geothermal, Gorontalo.

PENDAHULUAN

Sulawesi terbentuk di zona konvergensi kompleks lempeng Eurasia, Pasifik dan Australia (Carlile dkk., 1990) serta lempeng Filipina (Sompotan, 2012). Evolusi kompleks di zona konvergensi tiga lempeng utama dan satu lempeng kecil menyebabkan struktur di lengan utara sangat kompleks (Carlile dkk., 1990). Berdasarkan struktur litotektonik Leeuwen (1994), Lengan Utara Sulawesi termasuk ke dalam Mandala Barat.

Daerah penelitian berdasarkan struktur litotektonik berada pada mandala barat bagian utara yang memanjang dari Toli-toli hingga Manado (Leeuwen, 1994). Daerah penelitian pada peta geologi regional ditempati oleh batuan gunungapi Tersier Kuarter dan endapan permukaan. Batuan gunungapi Tersier Kuarter yaitu Batuan Gunungapi Pinogu sedangkan endapan permukaan Kuarter yaitu endapan danau (Bachri dkk., 1993). Manifestasi panas bumi berada pada endapan permukaan yaitu endapan danau. Geologi lokal daerah penelitian ditempati oleh satuan granit, diorit dan aluvial.

Manifestasi panas bumi pada daerah penelitian berupa kolam air panas (Gambar 2) dengan suhu permukaan berkisar antara 43 – 59⁰ C. Kolam air panas merupakan salah satu petunjuk adanya sumber daya panas bumi di bawah permukaan. Kolam air panas terbentuk karena adanya aliran air panas dari bawah permukaan melalui rekahan-rekahan batuan (Saptadji, 2002).

Alur kegiatan penyelidikan dan pengembangan panas bumi berdasarkan standarisasi yang disusun oleh Badan Standarisasi Nasional (1998) dimulai dari penyelidikan pendahuluan hingga pemanfaatan panas bumi. Metoda geofisika termasuk ke dalam metoda penyelidikan pendahuluan lanjut dan metoda penyelidikan rinci. Metoda geomagnet dan geolistrik adalah dua dari metoda geofisika yang digunakan dalam eksplorasi panas bumi.

Eksplorasi panas bumi menggunakan metoda geomagnet (Idral, 2005; Mustang dkk., 2005; Sudarmaji dkk., 2005; Glen dkk., 2008; Tong dkk., 2008; Idral dkk., 2009; Musafak dkk., 2011; Nuha dkk., 2012;) telah dilakukan pada beberapa daerah manifestasi panas bumi. Demikian pula dengan eksplorasi panas bumi menggunakan metoda geolistrik (Apostolopoulos, 2005; Widodo dkk., 2005; Widodo dkk., 2009; Minarto, 2011; Rakhmanto dkk., 2011). Penelitian-penelitian tersebut dapat menentukan kondisi geologi bawah permukaan daerah manifestasi panas bumi (Apostolopoulos, 2005; Widodo dkk., 2005; Glen dkk., 2008; Tong dkk., 2008; Widodo dkk., 2009; Minarto, 2011; Musafak dkk., 2011; Rakhmanto dkk., 2011; Nuha

dkk., 2012) dan memberikan luasan wilayah prospektif (Idral, 2005; Mustang dkk., 2005; Sudarmaji dkk., 2005; Idral dkk., 2009) untuk pengembangan eksplorasi yang komprehensif.

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis penampang anomali geomagnet dan geolistrik secara horizontal dan vertikal serta membuat model konseptual bawah permukaan berdasarkan penampang anomali geomagnet dan geolistrik. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam bidang ilmu pengetahuan sebagai salah satu studi pendahuluan bagi pengembangan penelitian-penelitian di bidang eksplorasi sumber daya panas bumi.

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan metode kuantitatif. Hasil studi pustaka dan hasil penelitian yang diperoleh dari data lapangan dianalisis dan diinterpretasi untuk memperoleh penampang anomali geomagnet dan geolistrik daerah Bongongoayu, Kecamatan Boliyohuto, Kabupaten Gorontalo, Provinsi Gorontalo.

Pengukuran Geomagnet

Metoda geomagnet dan geolistrik adalah metoda geofisika yang digunakan dalam eksplorasi panas bumi. Metoda geomagnet dilakukan berdasarkan pengukuran anomali geomagnet yang diakibatkan oleh perbedaan kontras susceptibilitas atau permeabilitas geomagnet tubuh jebakan dari daerah sekelilingnya. Perbedaan permeabilitas relatif itu diakibatkan oleh perbedaan distribusi mineral *ferromagnetic*, *paramagnetic* dan *diamagnetic* (Broto dkk, 2011).

Pelaksanaan pengukuran geomagnet di lapangan (Gambar 1) dilakukan dengan sistem lintasan yang terdiri dari 8 lintasan ukur, jarak masing-masing lintasan ukur 100 m sedangkan jarak antara titik ukur 25 m. Total panjang lintasan ukur adalah 5,4 Km dan jumlah seluruh titik ukur adalah 224 titik ukur. Tiap posisi diukur minimal 3 kali bacaan. Alat yang digunakan untuk akuisisi data di lapangan adalah *Proton Precession Magnetometer GSM v7.19T*. Hasil pengukuran geomagnet berupa data geomagnet yang akan diolah menjadi penampang anomali geomagnet.

Pengukuran Geolistrik

Metoda resistivitas adalah salah satu dari metoda geolistrik yang digunakan untuk mempelajari keadaan bawah permukaan dengan cara mempelajari sifat aliran listrik di dalam batuan di bawah permukaan bumi. Metoda geolistrik resistivitas dilakukan dengan menggunakan

konfigurasi elektroda sesuai aturan Schlumberger. Lintasan pengukuran geolistrik memotong anomali magnet positif dan negatif pada penampang anomali geomagnet daerah penelitian dengan 2 titik sounding (Gambar 1). Alat yang digunakan untuk akuisisi data di lapangan adalah *Resistivity meter type EDAK-EXG-3*. Hasil pengukuran geolistrik berupa data beda potensial dan arus listrik yang akan diolah menjadi penampang resistivitas sebenarnya lintasan geolistrik.

Analisis Data

Data magnetik yang diperoleh dari pengukuran di lapangan berupa data kuat medan magnetik dalam nT. Data kuat medan magnetik terlebih dahulu dikoreksi terhadap variasi harian dan IGRF (*International Geomagnetic Reference Field*). Nilai variasi harian diperoleh dengan mengurangkan data pembacaan magnetik pada *base station*. Nilai IGRF diperoleh dengan menggunakan *NGDC Geomagnetic Calculators*. Dengan memasukkan koordinat lokasi penelitian ($122,5875^{\circ}$ - $122,5964^{\circ}$ E dan $0,6731^{\circ}$ - $0,6818^{\circ}$ N) dan elevasi pada *NGDC Geomagnetic Calculators* diperoleh nilai IGRF = 40633,97 nT. Survei data magnetik menghasilkan penampang anomali geomagnet. Penampang anomali geomagnet dibuat berdasarkan 8 lintasan titik ukur yaitu lintasan L1, L2, L3, L4, L5, L6, L7, dan L8. Arah lintasan titik ukur adalah barat laut – tenggara dengan panjang tiap lintasan 675 m dan jarak setiap lintasan adalah 100 m. 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).

Data geolistrik yang diperoleh dari pengukuran di lapangan berupa data beda potensial (ΔV) dan arus listrik (I). Variasi resistivitas (ρ) diturunkan dari hasil pengukuran beda potensial (ΔV). Data selanjutnya diolah menggunakan software IP2WIN. Survei geolistrik menghasilkan penampang resistivitas sebenarnya. Penampang resistivitas sebenarnya dibuat berdasarkan tabel kedalaman dan nilai resistivitas yang diperoleh dari analisis data menggunakan software IP2WIN. Penampang anomali geomagnet dan geolistrik digabungkan menghasilkan model konseptual bawah permukaan.

HASIL

Penampang Anomali Geomagnet

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 3) 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 >300 nT. Kontras anomali magnet positif dan negatif mengindikasikan adanya struktur geologi/sesar dan perbedaan litologi.

Penampang Resistivitas Sebenarnya Lintasan Geolistrik

Nilai resistivitas yang diperoleh dari data pada titik sounding A1 berkisar antara 4,46 – 681 Ω m dan mencapai kedalaman hingga 66 m. Nilai resistivitas yang diperoleh dari data pada titik sounding A2 berkisar antara 1,86 – 8311 Ω m dan mencapai kedalaman 66 m.

Penampang resistivitas sebenarnya (Gambar 4) lintasan geolistrik dibuat dengan menghubungkan data resistivitas dan kedalaman yang memotong titik sounding A1 dan A2. Lintasan geolistrik berarah Barat Laut – Tenggara serta dibuat memotong anomali magnet rendah dan anomali magnet tinggi pada penampang anomali geomagnet daerah panas bumi Bongongoayu. Titik sounding A1 berada pada anomali magnet rendah sedangkan titik sounding A2 berada pada anomali magnet tinggi.

Model konseptual bawah permukaan ditunjukkan pada Gambar 5. Model konseptual dibuat dengan menggabungkan penampang geolistrik dan penampang geomagnet. Indikasi struktur geologi/sesar dan perbedaan litologi berada pada perpotongan titik sounding A1 dan A2.

PEMBAHASAN

Nilai anomali magnet positif diinterpretasikan berhubungan dengan batuan bawah permukaan yang memiliki kerentanan nilai magnet tinggi (Idral, 2005 dan Mustang dkk., 2005) atau batuan yang belum mengalami ubahan (Idral dkk., 2009) Anomali magnet positif pada penampang anomali geomagnet diperkirakan sebagai batuan diorit yang masih segar (belum mengalami ubahan). Batuan diorit adalah batuan intermediet yang memiliki nilai suseptibilitas yang relatif tinggi (Idral, 2005). Telford (1990) memberikan nilai 600 – 120.000 (SI) untuk batuan diorit.

Nilai anomali magnet negatif diinterpretasikan sebagai batuan bawah permukaan yang bersifat nonmagnetik (Idral dkk., 2009) atau batuan yang telah mengalami ubahan (Mustang dkk., 2005). Anomali magnet negatif pada penampang anomali geomagnet diperkirakan sebagai batuan granit dan diorit yang telah mengalami ubahan dan aluvial yang bersifat nonmagnetik.

Granit dan aluvial menurut Idral (2005) memiliki respon magnet yang sangat rendah. 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 dan diorit yang mengalami ubahan.

Bagian tenggara lintasan ditempati oleh aluvial. Aluvial yang bersifat nonmagnetik diperkirakan sebagai lapisan permukaan. 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 aluvial juga merupakan lintasan yang didominasi oleh anomali positif. Anomali positif ini diperkirakan berasal dari batuan diorit yang tidak tersingkap ke permukaan.

Nilai kemagnetan yang berselang seling antara anomali magnet positif dan negatif secara geologi, menurut Idral (2005), mengindikasikan adanya zona struktur yang kompleks di sekitar titik ukur. Nilai kemagnetan yang berselang-seling seperti tampak pada lintasan L2 diperkirakan berkaitan dengan zona kontak litologi ataupun zona sesar. Kontras anomali positif dan negatif yang terjadi pada beberapa titik ukur yang berkisar antara >300 - >1300 nT, menurut Idral (2005) serta Idral dan Sumardi (2009) mengindikasikan adanya struktur geologi atau sesar di sekitar titik ukur.

Indikasi struktur geologi dan perbedaan litologi daerah panas bumi Bongongoayu pada penampang anomali magnetik diperoleh melalui kontras nilai anomali positif dan negatif (>300 nT). Kontras anomali positif dan negatif pada penampang anomali magnetik daerah Bongongoayu >300 nT. Kontras anomali positif dan negatif didapatkan pada lintasan L2 hingga lintasan L6. Struktur geologi pada daerah panas bumi berfungsi sebagai faktor pengontrol fluida daerah panas bumi.

Metoda geomagnet dapat digunakan untuk menentukan struktur geologi di daerah panas bumi (Glen dkk., 2008; Tong dkk., 2008; Musafak dkk., 2012; Nuha dkk., 2012). Indikasi struktur geologi pada penampang anomali geomagnet diperoleh melalui kontras nilai anomali positif dan negatif >300 nT (Idral, 2005 dan Idral dkk., 2009). Pemunculan kolam air panas pada daerah penelitian dikontrol oleh struktur/sesar yang berarah Timur Laut – Barat Daya dan struktur/sesar berarah hampir Timur Laut – Barat Daya.

Metoda geolistrik dapat digunakan untuk menentukan struktur bawah permukaan bumi (Widodo dkk., 2005; Apostolopoulos 2005; Widodo dkk., 2006; Minarto, 2011; Rakhmanto dkk., 2011). Penampang resistivitas sebenarnya untuk lintasan geolistrik menunjukkan bawah permukaan lintasan geolistrik terdiri dari 3 lapisan yaitu lapisan I, lapisan II dan lapisan III. Lapisan I berada pada posisi paling atas dekat permukaan bumi, lapisan II berada di bawah lapisan I, sedangkan lapisan III berada paling bawah.

Lapisan I terdiri dari semua kelompok resistivitas. Di bawah titik sounding A1 terdapat semua kelompok resistivitas mulai dari resistivitas sangat rendah hingga resistivitas tinggi. Di bawah titik sounding A2 terdapat kelompok resistivitas sangat rendah dan rendah. Resistivitas rendah memanjang sepanjang lintasan dari Barat Laut – Tenggara.

Lapisan II terdiri dari kelompok resistivitas rendah yang memanjang dari Barat Laut – Tenggara lintasan. Ketebalan lapisan II yaitu 2,37 – 24,1 m. Pada lapisan III, kelompok resistivitas tinggi memanjang sepanjang lintasan dari Barat Laut – Tenggara dengan ketebalan mencapai 61,41 m.

Model konseptual lapisan bawah permukaan pada Gambar 5 menunjukkan kelompok resistivitas serta interpretasi struktur geologi dan perbedaan litologi. Kelompok resistivitas rendah dan sangat rendah pada lapisan I dan II diinterpretasikan sebagai lapisan penudung. Lapisan III yang ditempati oleh kelompok resistivitas tinggi diinterpretasikan sebagai zona reservoir panas bumi. Zona reservoir adalah batuan granit dan diorit yang mengalami rekahan. Faktor pengontrol fluida di daerah Bongongoayu adalah struktur geologi yang berarah Timur Laut – Barat Daya.

KESIMPULAN DAN SARAN

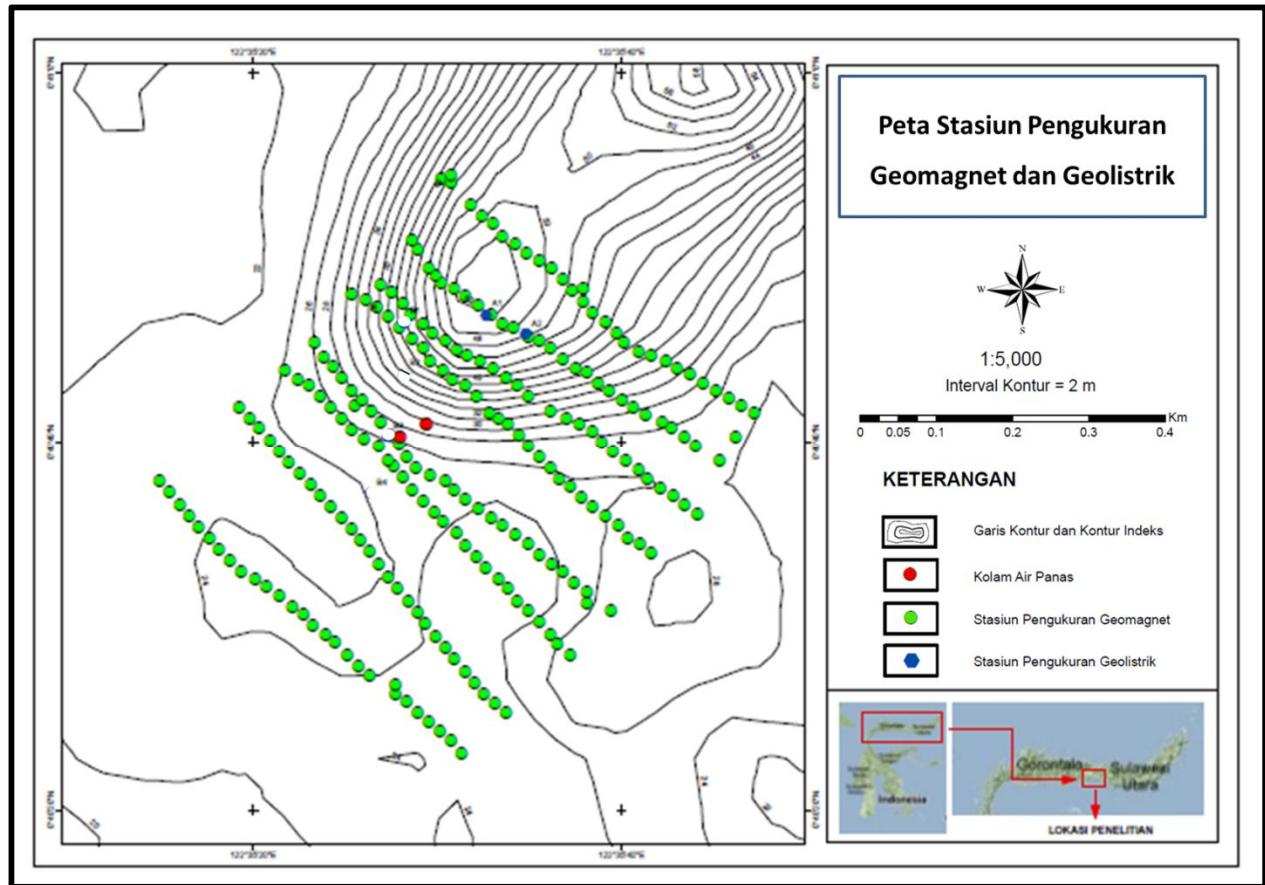
Penampang anomali geomagnet menunjukkan terdapatnya struktur geologi berarah Timur Laut – Barat Daya. Anomali magnet positif pada penampang anomali geomagnet disebabkan oleh batuan diorit yang masih segar (belum mengalami ubahan) sedangkan respon anomali negatif pada penampang disebabkan oleh batuan granit dan diorit yang telah mengalami ubahan dan aluvial yang bersifat nonmagnetik. Lapisan penudung ditandai oleh nilai resistivitas rendah dan sangat rendah yang berada pada lapisan I dan II penampang resistivitas sebenarnya lintasan geolistrik. Zona reservoir berada pada kelompok resistivitas tinggi yang menempati lapisan III

pada penampang geolistrik. 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

- Apostolopoulos, G. (2005). Geophysical Studies Relating to the Tectonic Structure, Geothermal Fields and Geomorphological Evolution of the Sperchios River Valley, Central Greece. *Journal of Balkan Geophysical Society*, 8(3):99-112.
- Bachri, S., Sukido. & Ratman, N. (1993). *Peta Geologi Lembar Tilamuta, Sulawesi*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Broto, S. & Putranto, T.T. (2011). Aplikasi Metode Geomagnet dalam Eksplorasi Panasbumi. *Teknik*, 32(1):79-87.
- Carlile, J.C., Digidowirogo, S. & Darius, K. (1990). Geological Setting, Characteristics and Regional Exploration for Gold in The volcanic Arcs of North Sulawesi, Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration*, 35:105-140.
- 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.
- Idral, A. (2005). *Hasil Penyelidikan Geomagnet Daerah Panas Bumi Suwawa Kab.Bone Bolango – Propinsi Gorontalo*. Makalah disajikan dalam Kolokium Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral 2005, Pusat Sumber Daya Geologi Badan Geologi.
- 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.
- Minarto, E. (2011). Pemodelan Inversi Data Geolistrik untuk Menentukan Struktur Perlapisan Bawah Permukaan Daerah Panas Bumi Mataloko. *Jurnal Fisika Nasional*, 3(2):21-30.
- Musafak Z. & Satosa B.J. (2012). Interpretasi Metode Magnetik untuk Penentuan Struktur Bawah Permukaan di Sekitar Gunung Kelud Kabupaten Kediri. *Jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya*, 2(1):125-135.
- Mustang, A., Sumardi, E. & 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.
- 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.
- Rakhmanto, F., Maryanto, S. & Susilo A. (2011). ERT (Electrical Resistance Tomography) Sumber Air Panas Cagar Komplek Gunung Arjuno - Welirang. *Jurnal Neutrino*, 4(1):95-103.
- Saptadji, N. M. (2002). *Teknik Panasbumi*, Bandung: Institut Teknologi Bandung
- Sompotan, A.F. (2012). *Struktur Geologi Sulawesi*. Bandung: Perpustakaan Sains Kebumihan.
- Sudarmaji., Budiadi, E.V., Sismanto. & Setiawan, A. (2005). Pengukuran Medan Magnetik Total Daerah Gedong Songo dan Bawen, Ambarawa, Semarang, Jawa Tengah. *Jurnal Fisika Indonesia*, IX(27):81-94.
- Telford, W.M., Geldart, L.P. & Sheriff, R.E. (1990). *Applied Geophysics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Tong, L.T., Ouyang, S., Guo, T.R., Lee, C.R., Hu, K.H., Lee, C.L. & Wang, C.J. (2008). Insight into the Geothermal Structure in Chingshui, Ilan, Taiwan. *Terr. Atmos. Ocean. Sci*, 19(4):413-424.

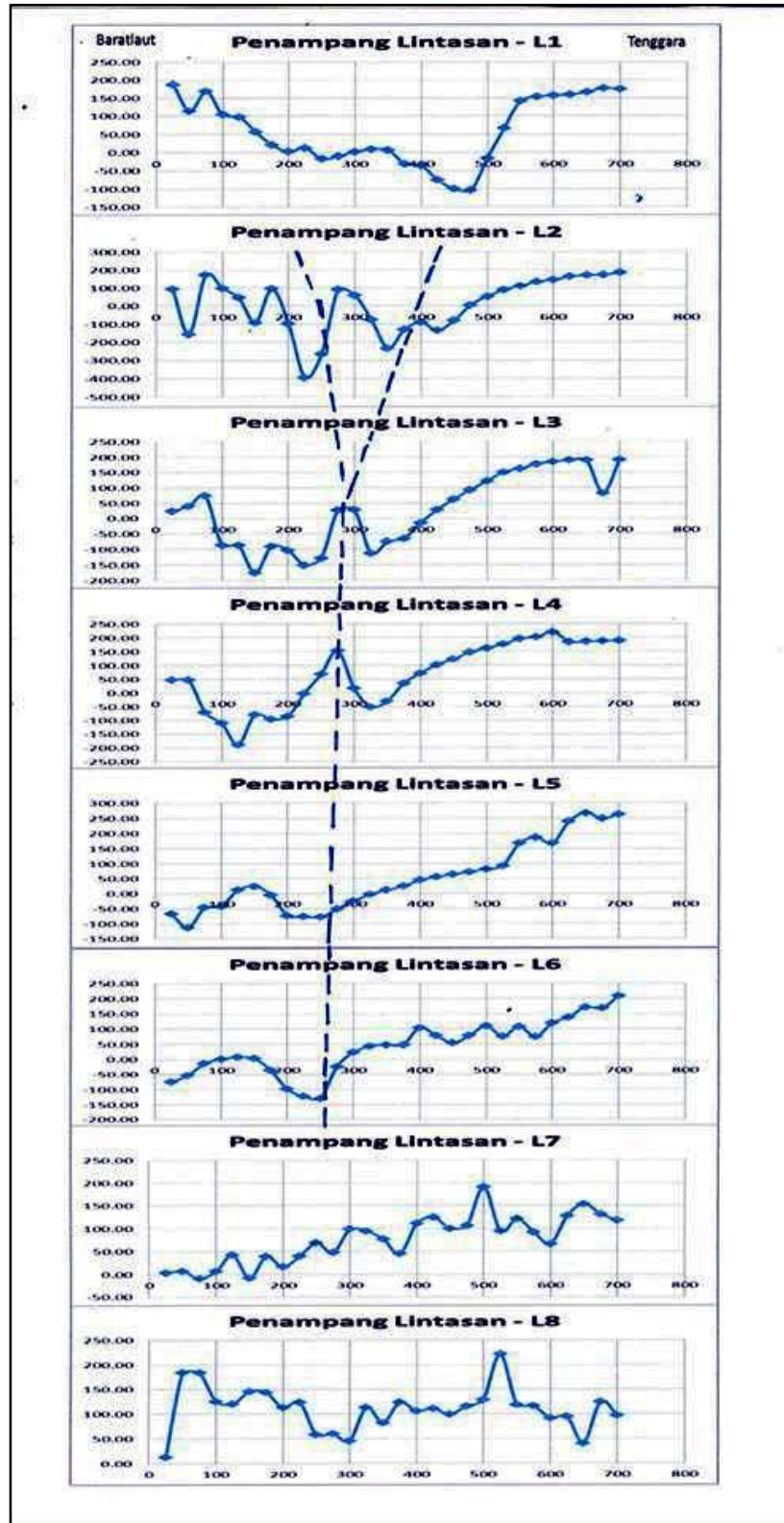
- Leeuwen, T.M. Van (1994). 25 Years of Mineral Exploration and Discovery in Indonesia. *Journal of Geochemical Exploration*, 50:13-90.
- Widodo, S., Mustang, A. & Zarkasyi, A. (2005). *Penyelidikan Geolistrik dan Head On Daerah Panas Bumi Suwawa Kabupaten Bone Bolango Provinsi Gorontalo*. Makalah disajikan dalam Kolokium Badan Geologi 2005, Pusat Sumber Daya Geologi Badan Geologi.
- Widodo, S. & Zarkasyi, A. (2006). *Anomali Prospek Panas Bumi Daerah Massepe Kabupaten Sidenreng Rappang, Sulawesi Selatan Berdasarkan Survei Geolistrik dan Head On*. Makalah disajikan dalam Kolokium Badan Geologi 2006, Pusat Sumber Daya Geologi Badan Geologi.



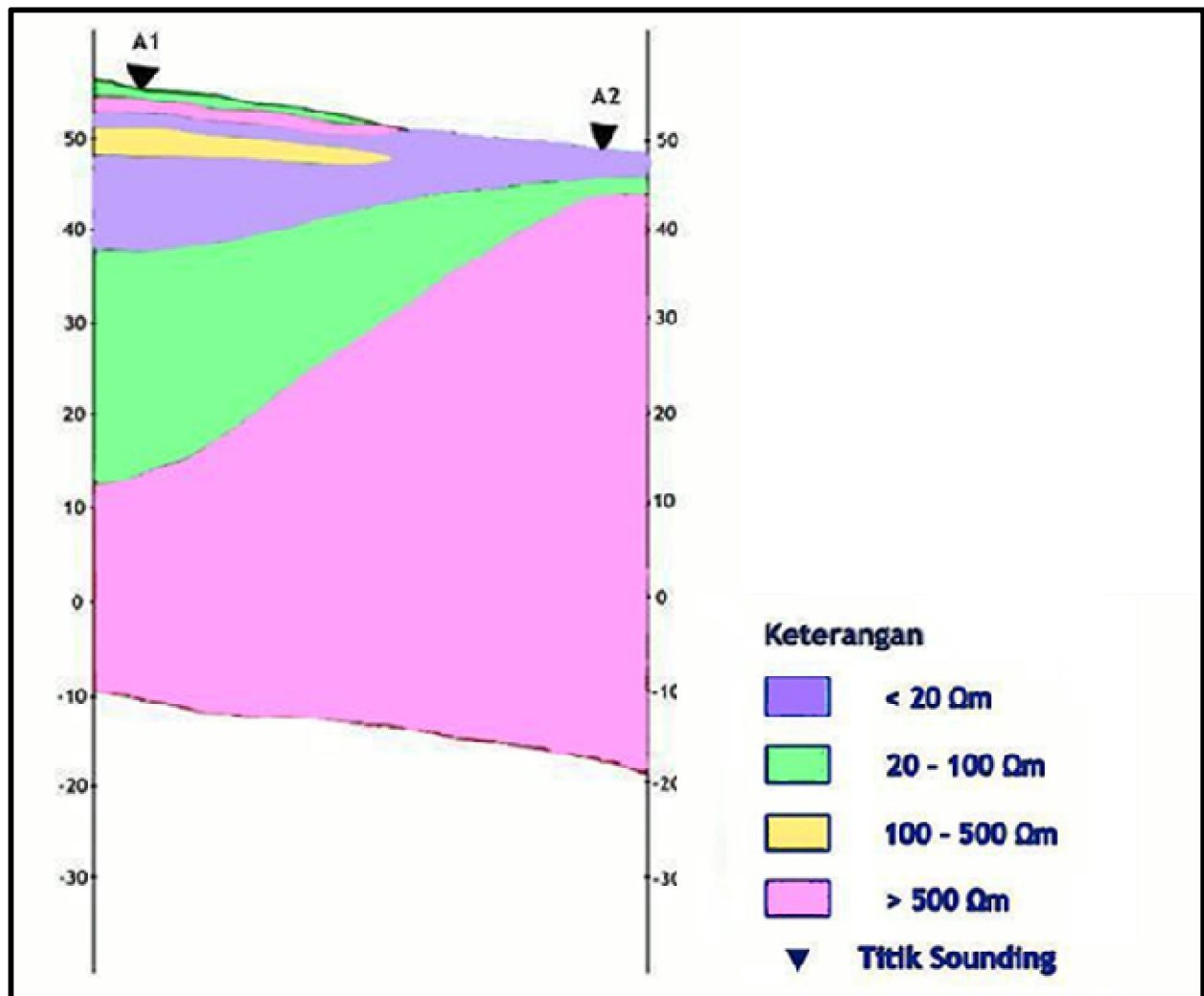
Gambar 1. Peta stasiun pengukuran geomagnet dan geolistrik daerah panas bumi Bongongoayu, Gorontalo



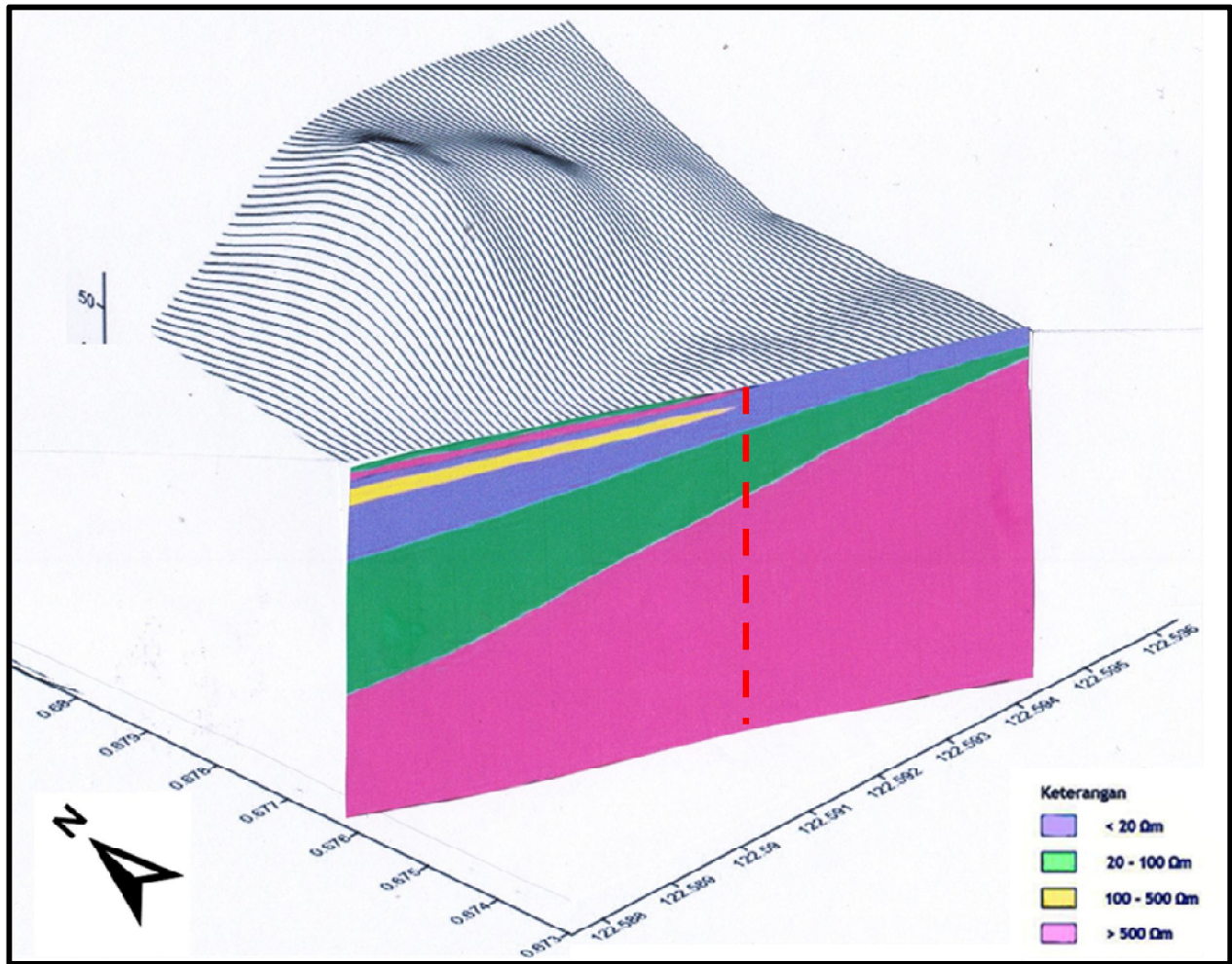
Gambar 2. Kolam air panas daerah Bongongoayu



Gambar 3. Interpretasi struktur geologi dan perbedaan litologi berdasarkan penampang anomali magnetik daerah Bongongoayu



Gambar 4. Penampang resistivitas sebenarnya



Gambar 5. Model konseptual bawah permukaan berdasarkan data penampang anomali geomagnet dan geolistrik daerah Bongongoayu, Gorontalo.