



**IDENTIFIKASI POLA PENYEBARAN FLUIDA BAWAH PERMUKAAN DAERAH
GEOTHERMAL MENGGUNAKAN GEOLISTRIK DI DAERAH SORIK MARAPI
KABUPATEN MANDAILING NATAL**

Ade Rahmayani dan Muhammad Kadri

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Medan

aderahmayani13@gmail.com@gmail.com

Diterima: Agustus 2020. Disetujui: September 2020. Dipublikasikan: Oktober 2020

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian Identifikasi Pola Penyebaran Fluida Bawah Permukaan Menggunakan Geolistrik di Daerah Sorik Marapi Kabupaten Mandailing Natal. Penelitian ini bertujuan mengetahui struktur bawah permukaan panas bumi di daerah Sorik Marapi Kabupaten Mandailing Natal, dan mengetahui pola penyebaran fluida yang terdapat di bawah permukaan daerah geothermal di desa Roburan Dolok Kabupaten Mandailing Natal. Pengambilan data dilakukan dalam metode geolistrik menggunakan alat Ares-G4 Versi 4,7 (Automatic Resistivity System) dan GPS (Global Positioning System) pengukuran metode geolistrik dilakukan dengan membentangkan elektroda serta menginjeksi arus melalui elektroda dan beda potensial yang muncul dapat terukur sehingga didapat harga resistivitas semu yang diperoleh dari alat geolistrik. Kemudian data diolah menggunakan Res2Dinv untuk mendapatkan penampang kontur 2-D dari nilai resistivitas lapisan batuan, selanjutnya menggabungkan data dari ketiga lintasan yang diolah menggunakan Res3Dinv untuk mendapatkan penampang 3-D. Hasil penelitian bawah permukaan daerah panas bumi di Desa Roburan Dolok Kabupaten Mandailing Natal, Tapanuli Selatan menunjukkan nilai resistivitas batuan di daerah penelitian terendah sekitar 0,989 Ωm dan tertinggi mencapai $>317 \Omega\text{m}$. Struktur batuan di bawah permukaan di daerah panas bumi di Desa Roburan Dolok Kecamatan Mandailing Natal Kabupaten Tapanuli Selatan berdasarkan nilai resistivitas terdiri atas batuan lempung, lanau, batu lumpur, tufa vulkanik, batu pasir, batu kapur, lava, dan air tanah. Kontur penyebaran fluida menggunakan metode geolistrik tersebar melintang dari barat daya menuju timur laut.

Kata Kunci: Resistivitas, Panas Bumi, Roburan Dolok

ABSTRACT

An identification of the distribution of subsurface fluids has been carried out Using Geoelectric in the Sorik Marapi Area Mandailing Natal This Research aims to find out the subsurface structure of geothermal in the Sorik Marapi area Mandailing Natal Regency, and know the pattern of fluid distribution contained below the surface of the geothermal area in the village of Roburan Dolok, Mandailing Natal District Data is collected in the geoelectrical method using Ares-G4 Version 4.7 (Automatic Resistivity System) and GPS (Global Positioning System) measurement methods Geoelectricity is done by extending the electrodes and injecting current through electrodes and potential differences that appear can be measured so that the resistivity value is obtained pseudo obtained from a geoelectric tool Then the data is processed using Res2Dinv for get a 2-D contour cross section of the

resistivity value of the rock layer, then combining data from all three trails that are processed using Res3Don for get a 3-D cross section. The results of subsurface geothermal research in the Village Roburan Dolok Mandailing Natal Regency, South Tapanuli shows resistivity value the lowest rock in the study area is around 0.989 Om and the highest reaches> 317 Am The subsurface rock structure in the geothermal area in the Roburan Dolok Village District Mandailing Natal, South Tapanuli Regency based on resistivity values consisting of rocks clay. silt, mud stone, volcanic tuff, sandstone, limestone, lava, and ground water the spread of fluid using the geoelectric method spread across from southwest to Northeas.

Keywords: Resistivity, Geothermal, Roburan Dolok

PENDAHULUAN

Panas bumi (Geothermal) adalah sebuah sumber energi panas yang terdapat dan terbentuk di dalam kerak bumi. Panas bumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air dan batuan bersama mineral dan gas yang secara genetik semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses penambangan. Energi panas bumi dapat digunakan sebagai pengganti tenaga listrik yang menggunakan bahan bakar minyak sehingga dapat dijadikan sumber energi alternatif untuk menghemat cadangan minyak nasional (Broto dkk, 2011).

Panas bumi merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarukan dan sangat berpotensi untuk diproduksi di Indonesia, hal ini disebabkan Indonesia memiliki lingkaran sabuk gunung api sepanjang lebih dari 7000 km yang memiliki potensi panas bumi yang besar (Nuha, dkk, 2014). Hingga saat ini telah teridentifikasi 265 daerah panas bumi yang ada di Indonesia, 138 lokasi (52,07%) masih pada tahap penyelidikan dengan tingkat spekulatif, 24 lokasi (9,05%) masih pada tahap penyelidikan tingkat hipotetis, 88 lokasi (33,21%) berpotensi sebagai cadangan panas bumi, 8 lokasi (3,01%) akan dikembangkan menjadi potensi panas bumi, 7 lokasi (2,64%) yang telah dimanfaatkan untuk pembangkit listrik dengan kapasitas total terpasang 1189 MW. Jumlah lokasi panas bumi yang berpotensi di kawasan hutan sekitar 81 lokasi (30%) dari total lokasi panas bumi di Indonesia dengan potensi sekitar 12.000 MW, sekitar 29 lokasi (11%) berada di kawasan hutan konservasi dengan potensi sekitar 3400

MW dan sekitar 52 lokasi (19%) berada di kawasan hutan lindung dengan potensi sekitar 8600 MW (Kasbani, 2012).

Posisi tektonik Indonesia terletak pada pertemuan Lempeng Eurasia, Australia dan Pasifik. Indonesia dilalui sabuk vulkanik yang membentang dari Pulau Sumatera, Jawa, Nusa Tenggara, Maluku dan Sulawesi. Indonesia memiliki sabuk vulkanik terdapat 117 pusat gunung berapi aktif yang membentuk jalur gunung api sepanjang kurang lebih 7.000 km. Subduksi antara Lempeng Eurasia dan Australia sepanjang 4000 km berperan pada pembentukan 200 gunung berapi dan 100 lapangan panas bumi di Indonesia. Jalur vulkanis Indonesia memanjang sesuai dengan memanjangnya zona penunjaman yang tersebar di Sumatera, Jawa, Bali, Kalimantan, Nusa Tenggara dan melengkung ke arah Utara di sekitar pulau Seram sehingga sumber daya panas bumi Indonesia dapat di jumpai di daerah-daerah yang dilalui jalur vulkanis tersebut. Kegiatan vulkanik dari gunung berapi yang mengitari wilayah Indonesia menghasilkan energi panas bumi yang sangat berlimpah (Setyaningsih, 2011).

Pulau Sumatera merupakan Provinsi paling banyak memiliki potensi panas Bumi yaitu 1.857,00 MW yang terdapat di enam kabupaten yakni Karo, Simalungun, Tapanuli Utara, Tapanuli Selatan, Padang Lawas dan Mandailing Natal (Gunawan, 2013).

Dalam ilmu sains, melakukan eksplorasi panas Bumi terutama untuk menentukan persebaran daerah Geothermal dan mengidentifikasi jenis anomali bawah permukaan tanah daerah panas Bumi dapat dilakukan dengan memanfaatkan ilmu Geofisika. Geofisika adalah ilmu yang

mempelajari tentang Bumi dengan menggunakan parameter-parameter Fisika. Salah satu parameter Fisika yang akan digunakan dalam penelitian Metode Geolistrik.

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Desa Roburan Dolok Kecamatan Panyabungan Selatan, Kabupaten Mandailing Natal, Sumatera Utara. Sorik Marapi merupakan gunung berapi aktif yang berketinggian 2.145 meter. Secara letak geografis tempat ini berada pada posisi antara 0010' - 1050' Lintang Utara dan 98010' - 100010' Bujur Timur. Penelitian dilakukan selama 2 hari yaitu 02 Juli-03 Juli 2019.

Pengambilan data lapangan menggunakan alat geolistrik tipe ARES (Automatic Resistivity System), dengan panjang lintasan 75 meter dan jarak antar elektroda 5 meter sebanyak 16 elektroda. Penentuan titik koordinat menggunakan GPS (Global Position System).

Data resistivitas diolah menggunakan program Res2Dinv dan Res3Dinv, kemudian akan diperoleh gambaran penampang dua dimensi dan tiga dimensi bawah permukaan sepanjang lintasan dimana nilai resistivitas yang dibedakan dengan warna untuk melihat kontras resistivitas pada setiap lapisan dan memberikan informasi resistivitas sebenarnya secara lateral dan vertikal.

Untuk analisis XRD, Pengujian sampel batuan sedimen dilakukan dengan menggunakan XRD Shimadzu 6100. Sampel batuan diambil dari daerah penelitian yang berada di Aek Gajubak Desa Roburan Dolok. Dari hasil pengujian menggunakan difraksi sinar-X dan pengolahan data menggunakan software Match diperoleh gambar dalam bentuk grafik dan data output.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah menyesuaikan kondisi lapangan dan menentukan letak dan jumlah lintasan yang direncanakan, maka diperoleh data tabel dibawah ini.

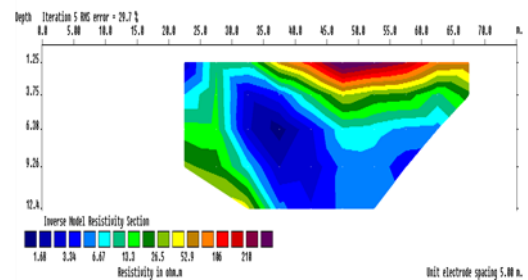
Tabel 1. Hasil Pengukuran Posisi Lokasi Penelitian

Lintasan I	Posisi	Waktu	Alt
-------------------	---------------	--------------	------------

Elektroda 1	560787 N	13.41.32	567
	082528 E		
Elektroda	560467 N	14.25.08	568
	082551 E		
Lintasan II			
Elektroda 1	5604721 N	15.24.02	567
	082556 E		
Elektroda	560530 N	16.03.39	556
	082588 E		
Lintasan III			
Elektroda 1	560509 N	16.45.05	567
	082531 E		
Elektroda 16	560441 N	17.30.15	556
	082571 E		

Lintasan I

Di kaki gunung Sorik Marapi pada posisi 47N0560787 dan UTM 0082528, dengan panjang lintasan 70 meter dengan 32 elektroda dan jarak antar elektroda 5 meter, memiliki nilai resistivitas antara 1,68 sampai dengan 210 Ωm pada kedalaman 1,25 sampai dengan 12,4 meter. Daerah yang diteliti memiliki ketinggian sekitar 572 mdpl.



Gambar 1. Resistivitas lintasan I

Tabel 2. Nilai Resistivitas lintasan I

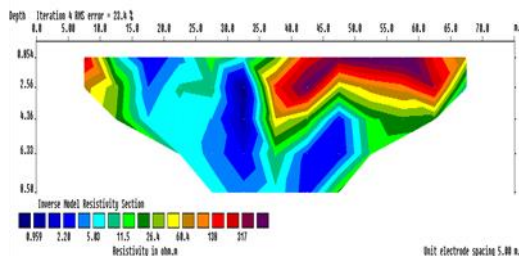
Nilai Resistivitas	Kedalaman	Jenis Batuan	Kode Warna
1,68-6,67 Ωm	1,25-12,4 m	Lempung	
6,68-26,5 Ωm	1,25-12,4 m	Lempung, lanau	
30-120 Ωm	1,25-3,75 m	Batu kapur	
>210 Ωm	1,25-3 m	Batu pasir	

Lintasan I didominasi oleh warna biru dengan nilai resistivitas 1,68-6,67 Ωm yang diinterpretasikan sebagai lempung. Pada kedalaman 1,25-12,4 meter dengan nilai resistivitas 1,68-6,67 Ωm sebagai lapisan yang

berpotensi mengandung fluida geothermal dan sebagai lempung konduktif. Berdasarkan peta geologi Desa Roburan Dolok menunjukkan adanya kesamaan lapisan pertama yaitu lapisan tanah lanau (Silts) dan lempung. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Daraninggar, dkk (2014) memperoleh nilai resistivitas 0-10 Ω m sebagai lempung. Banjarnahor, dkk (2014) memperoleh nilai resistivitas 7,09-80 Ω m pada kedalaman 1,25-24 meter sebagai lapisan yang berpotensi mengandung fluida geothermal dan juga diasumsikan sebagai lempung konduktif. Kadri, dkk (2018) memperoleh penampang horizontal pada kedalaman 5,38-8,68 sebagai lapisan yang berpotensi mengandung fluida panas bumi dan sebagai lempung konduktif.

Lintasan II

Di kaki gunung Sorik Marapi pada posisi 47N0560516 dan UTM 0082582, dengan panjang lintasan 70 meter dengan 32 elektroda dan jarak antar elektroda 5 meter, memiliki nilai resistivitas antara 0,959 sampai dengan 317 Ω m pada kedalaman 0,854 sampai dengan 8,50 meter.



Gambar 2. Resistivitas Lintasan II

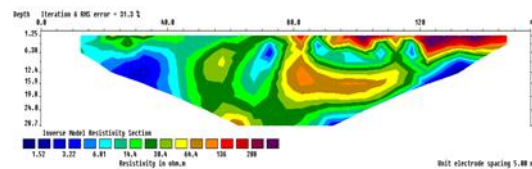
Tabel 3. Nilai Resistivitas Lintasan II

Nilai Resistivitas	Kedalaman	Jenis Batuan	Kode Warna
1,52 - 6,81 Ω m	1,25 - 28,7 m	Lempung, air tanah	[Dark Blue] [Light Blue]
7 - 64,4 Ω m	1,25 - 28,7 m	Lempung, air tanah	[Light Blue] [Green]
64,5 - 288 Ω m	1,25 - 6,38 m	Lanau, lempung Batu kapur, lava, tufa vulkanik	[Yellow] [Red]
>288 Ω m	1,25 - 6,38 m	Batu pasir, lava, air tanah	[Dark Red] [Dark Blue]

Berdasarkan gambar 4.2. dan tabel 3 untuk nilai resistivitas 0,989-5,03 Ω m terletak pada kedalaman 0,854- 8,50 m dengan jarak 12-50 meter terdapat batuan lempung, batu lumpur dan air tanah. Nilai resistivitas 6-60,4 Ω m terletak pada kedalaman 0,854-8,50 m dengan jarak 7-68 meter terdapat batuan lempung, batu lumpur, batu pasir, lanau, tufa vulkanik dan air tanah. Nilai resistivitas 60,5-

317 Ω m terletak pada kedalaman 0.854-4,36 m dengan jarak 6-68 meter terdapat batuan lempung, batu lumpur, batu pasir, batu kapur, lanau, tufa vulkanik, lava dan air tanah. Dan untuk nilai resistivitas >317 Ω m yang terletak pada kedalaman 0.854-4,36m dengan jarak 40-62 meter mengandung batu lempung, lanau, batu pasir, dan batu kapur.

Lintasan III



Gambar 3. Resistivitas Lintasan III

Tabel 4. Nilai Resistivitas Lintasan III

Nilai Resistivitas	Kedalaman	Jenis Batuan	Kode Warna
0,989-5,03 Ω m	0,854-8,50 m	Lempung	[Dark Blue] [Light Blue]
6-60,4 Ω m	0,854-8,50 m	Lempung, lanau	[Light Blue] [Green]
60,5-317 Ω m	0.854-4,36 m	Batu pasir	[Yellow] [Red]
>317 Ω m	0.854-4,36 m	Batu kapur	[Dark Red] [Dark Blue]

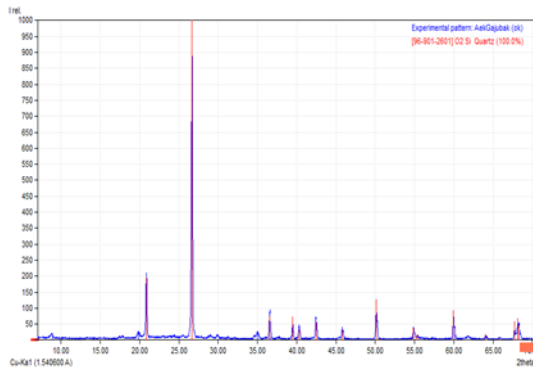
Berdasarkan gambar 4.6. dan tabel 4.4 untuk nilai resistivitas 1,52 - 6,81 Ω m terletak pada kedalaman 1,25- 28,7 m dengan jarak 25-65,0 meter terdapat batuan lempung, batu lumpur dan air tanah. Nilai resistivitas 7 - 64,4 Ω m terletak pada kedalaman 1,25-28,7 m dengan jarak 23-67 meter terdapat batuan lempung, dan air tanah. Nilai resistivitas 64,5-288 Ω m terletak pada kedalaman 1,25-6,38 m dengan jarak 35-67 meter terdapat batuan batuan lempung, lanau, batu kapur, lava, tufa vulkanik. Dan untuk nilai resistivitas >288 Ω m yang terletak pada kedalaman 1,25-6,38 m dengan jarak 45-58 meter mengandung batu pasir, lava dan air tanah.

Uji XRD

Dari hasil pengujian menggunakan difraksi sinar-X dan pengolahan data menggunakan software Match diperoleh gambar dalam bentuk grafik dan data output pada tabel dibawah ini.

Chemical Formula	Mineral Name	Entry number	Quant (weight %)
SiO ₂	Quart	96-901-2601	100

Berdasarkan tabel , diketahui bahwa komposisi mineral batuan daerah panas bumi Desa Roburan Dolok, Sorik Marapi dititik pengambilan data Aek Balerang di dominasi oleh Quartz (SiO₂).



Gambar 4. Difraktogram

Tabel 5. Hasil Uji XRD

Peak no.	Sudut 2θ	d (Å)	Intensitas (I/I ₀)
1	20,863	42,544	894
2	26,655	33415	4586
3	36,552	24563	403
4	39,468	22813	260
5	40,297	22363	230
6	42,452	21276	364
7	45,802	19795	194
9	54,862	16721	207
10	59,901	15415	404
11	67,731	13823	167
12	68,189	13741	300

Tabel 4.6 dan grafik gambar 4.12 dapat disimpulkan bahwa ada 6 peak dari 12 peak yang mengandung dengan peak tertinggi pada peak kedua dengan intensitas 4586 di sudut 26,655°.

Analisa kandungan fasa mineral yang diperoleh dari sampel batuan menunjukkan bahwa batuan merupakan materi kristal dengan kandungan utama quartz (SiO₂). Sistem kristal quartz adalah suatu sistem yang bergantung pada kondisi pertumbuhan dan dimana tempat kristal tersebut tumbuh, sehingga terbentuknya sistem kristal yang berbeda-beda. Mineral quartz memiliki puncak tertinggi berturut-turut pada sudut 2θ

= 26,680 ; 20,880 ; 50,140 intensitas (i) 1000,0 ; 195,1 ; 92,0. Berdasarkan analisis menggunakan XRD terhadap 2 sampel batuan di Desa Roburan Dolok Kecamatan Mandailing Natal, pada sanpel memperlihatkan adanya sistem panas bumi yang baik dengan reservoir bertemperatur tinggi. Berdasarkan data yang di peroleh pada penelitian ini, dapat diketahui bahwa sistem panas bumi di Desa Roburan Dolok Kecamatan Mandailing Natal merupakan sistem panas bumi yang di pengaruhi oleh aktivitas vulkanomagnetik:

Berdasarkan jurnal Penelitian Fisika dan Aplikasinya, pola difraksi pasir banyak sesuai dengan pola difraksi database pada ICSD untuk unsur oksida quartz (SiO₂). Melalui analisis search-Match, dari 13 puncak pola difraksi (sudut pendek 2θ, 5-60o) sampel terdapat 10 puncak difraksi yang sesuai dengan pola difraksi quartz (SiO₂). Pada sudut 2θ ~ 29,4o pola difraksi menunjukkan intensitas 100% , dengan bidang kristal hkl (104). Dari hasil tersebut, maka dapat diajukan bahwa sampel bahan alam ini adalah merupakan kandidat sumber bahan oksida quartz (SiO₂) dengan kemurnian yang tinggi (~76 %), hasil XRD.

Hubungan metode geolistrik dengan pengujian XRD yaitu pengujian XRD (X-ray Diffraction) merupakan penguat dari hasil batuan yang di peroleh menggunakan metode geolistrik. Hasil yang di peroleh menggunakan metode geolistrik terdiri atas batuan lempung, lanau, batu lumpur, tufa vulkanik, kuarsa, batu pasir, batu kapur, lava, batuan breksi dan air tanah. Adapun hasil berdasarkan pengujian XRD diperoleh mineral kuarsa. Mineral kuarsa banyak dijumpai pada daerah geologi, tetapi pada umumnya terbentuk pada batuan sedimen seperti batu pasir. Dapat di ambil kesimpulan hasil yang di peroleh dengan pengujian XRD berhubungan dengan hasil yang di peroleh metode geolistrik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa : Pola penyebaran fluida geothermal pada daerah penelitian

tersebar melintang dari barat daya menuju timur laut. Struktur batuan bawah permukaan di daerah geothermal desa Roburan Dolok Kabupaten Mandailing Natal dengan menggunakan metode geolistrik berdasarkan nilai resistivitas yaitu 1,52-6,81 Ωm sebagai lempung konduktif dan berdasarkan peta geologi Desa Roburan Dolok menunjukkan adanya kesamaan lapisan pertama yaitu lapisan tanah lanau (Silts) dan lempung.

Dari hasil penelitian yang telah diperoleh, maka saran untuk penelitian selanjutnya, yaitu : berdasarkan pola penyebaran fluida geothermal, maka perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan memperluas daerah pengambilan data sehingga potensinya akan lebih terlihat dan diharapkan penelitian lebih lanjut terhadap pemetaan fluida geothermal secara hidrodinamika.

DAFTAR PUSTAKA

- Banjarnahor. A.E., Kadri, M dan 2014. Penentuan Fluida Geothermal Dan Identifikasi Mineral Batuan Daerah Panas Bumi Tinggi Raja Kabupaten Simalungun. Jurnal Einstein Vol.2 No.2.
- Broto, S., dan Purtanto, T.T., (2011), Aplikasi Metode Geomagnet dalam Eksplorasi Panas Bumi, Jurnal Teknik 32: 79-80
- Daraninggar, F.V., Khumaedi., Dwijananti, P., (2014), Aplikasi Geolistrik 3- Dimensi Untuk Mengetahui Sebaran Limbah RCO (Rubber Compound Oils) di Kabupaten Kendal, Jurnal MIPA 37: 22-30
- Gunawan, H., (2013), Potensi Panas Bumi di Samosir Siap Dilelang, Harian Tribun, Rabu, 01 Mei 2013
- Kadri, M., Nasution,N., Iskandar, M., Masthura., Jumiaty.E.,(2018), Determine Geothermal Fluid Spreading Pattern Under Surface Using 2D Resistivity Imaging And Geomagnetic Method At Silaou Kahean, Journal of Physics : Conf. Series 1120 012065
- Kasbani, (2012), Sumber Daya Panas Bumi Indonesia, <http://psdg.blg.esdm.go.id> (Diakses 02 Desember 2018)
- Setyaningsih, W., (2011), Potensi Lapangan Panas Bumi Gedongsongo Sebagai Sumber Energi Alternatif dan Penunjang Perekonomian Daerah, Jurnal geografi, No. 11