

**ANALISIS RESISTIVITAS BATUAN DAN FLUIDA DIBAWAH
PERMUKAAN DENGAN METODE GEOLISTRIK SCHLUMBERGER
DI DAERAH PANAS BUMI DESA HUTA BARU SIPIROK
TAPANULI SELATAN**

**Envilwan Berkat Harefa dan Pintor Simamora
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Medan**

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan penyebaran batuan dan fluida yang terdapat di bawah permukaan daerah potensi panas bumi di desa Huta Baru kecamatan Sipirok kabupaten Tapanuli Selatan berdasarkan analisa nilai resistivitas. Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode geolistrik schlumberger, didasari dengan hukum Ohm untuk mengetahui nilai resistivitas jenis perlapisan batuan pada tiap lapisan permukaan bumi. Dengan menginjeksikan arus melalui dua elektroda arus maka beda potensial yang muncul dapat terukur dari elektroda potensial. Data pengukuran di lapangan berupa beda potensial dan arus dapat digunakan untuk menghitung harga resistivitas semu (Apprent Resistivity) yang diperoleh dengan alat geolistrik (Resistivity meter), ARES-G4 v4.7 SN: 0609135 (Automatic Resistivity System). Kemudian data yang diperoleh dibuat gambar model penampang dua dimensi dengan menggunakan software Res2Dinv untuk menampilkan penampang kontur nilai resistivitas perlapisan batuan. Hasil penelitian geolistrik menunjukkan bahwa daerah penelitian memiliki nilai resistivitas yang berbeda-beda yang berkisar antara $4,72 \Omega m$ hingga $167 \Omega m$. Pola penyebaran fluida geothermal pada daerah penelitian tersebar secara lateral, dimana lapisan pasir sebagai zona konduktif dan lapisan tanah lanauan sebagai lapisan penutupnya.

Kata Kunci : *Geolistrik, Resistivitas, Panas Bumi.*

1. PENDAHULUAN

Geothermal merupakan sumber daya alam berupa air panas atau uap yang terbentuk di dalam reservoir bumi melalui pemanasan air bawah permukaan oleh batuan beku panas. Air permukaan yang berasal dari sungai, hujan, danau, laut, dan lain-lain meresap dalam tanah, mengalir dan bersentuhan dengan tubuh magma atau batuan beku panas tersebut, mendidih kemudian membentuk air dan uap panas. Karena berat jenis, temperatur dan tekanannya, uap dan air panas ini mengalir kembali ke permukaan

melalui bidang-bidang rekahan di lapisan kulit bumi dan membentuk manifestasi panas bumi (Sundoro, dkk.2006).

Salah satunya potensi daerah panas bumi berada di Sumatera Utara tepatnya di daerah desa Huta Baru, kecamatan Sipirok, kabupaten Tapanuli Selatan. Daerah Sipirok merupakan sebuah kecamatan yang berada di Provinsi Sumatera Utara berjarak 385 km dari kota Medan. Selain sebagai objek wisata, hingga saat ini pemanfaatan sumber daya panas bumi yang terdapat di daerah Sipirok ini hanya digunakan untuk

usaha permandian air panas oleh masyarakatnya. Oleh karena itu perlu dilakukan suatu usaha untuk mengembangkan sumber daya panas bumi tersebut menjadi suatu sumber daya yang lebih berdaya guna terlebih untuk masyarakat sekitarnya. Salah satu usaha untuk mengembangkan sumber daya panas bumi yaitu dengan melakukan Eksplorasi.

Eksplorasi yang dapat diterapkan yaitu survei resistivitas batuan dengan menggunakan metode geolistrik. Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di bawah permukaan dan untuk pendugaan keadaan di bawah permukaan, seperti pendugaan jenis bahan penyusun batuan.

Pada dasarnya sistem panas bumi terbentuk sebagai hasil perpindahan panas dari suatu sumber panas ke sekelilingnya yang terjadi secara konduksi dan secara konveksi. Perpindahan panas secara konduksi terjadi melalui batuan, sedangkan perpindahan panas secara konveksi terjadi karena adanya kontak antara air dengan suatu sumber panas. Perpindahan panas secara konveksi pada dasarnya terjadi karena gaya apung (*bouyancy*). Air karena gaya gravitasi selalu mempunyai kecenderungan untuk bergerak ke bawah, akan tetapi apabila air tersebut kontak dengan suatu sumber panas maka akan terjadi perpindahan panas sehingga temperatur air menjadi lebih.

Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di bawah permukaan dan untuk pendugaan keadaan di bawah permukaan, seperti pendugaan jenis bahan penyusun batuan. Pendugaan

tersebut didasarkan pada pengukuran sifat-sifat kelistrikan dari batuan. Hal tersebut dikarenakan baik batuan maupun mineral mempunyai sifat-sifat yang berbeda dalam menghantarkan arus listrik. Ada beberapa macam metode geolistrik, antara lain: metode potensial diri, arus telluric, magnetellurik, elektromagnetik, IP (Induced Polarization), resistivitas dan lain-lain (Telford dan Sheriff, 1982).

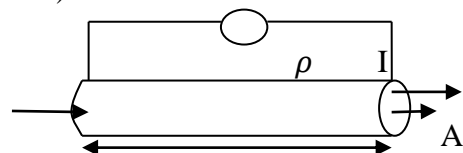
Prinsip Dasar Resistivitas

Jika pada suatu silinder konduktor dengan panjang L dan luas penampang dialiri arus listrik I dan beda potensial V seperti ditunjukkan pada gambar 2.9.

Hambatan (R) pada silinder konduktor dengan panjang (L) dan luas penampang (A).

$$R = \rho \frac{L}{A} \text{ (ohm)}$$

untuk suatu rangkaian listrik, $R = \frac{V}{I}$ (*Hukum Ohm*), dimana V dan I adalah beda potensial dan arus yang melewati sebuah resistor (Reynold, 1997)



Gambar 1. Resistivitas pada silinder konduktor

Dari uraian diatas didapatkan nilai resistivitas (ρ) :

$$\rho = \frac{VA}{IL}$$

Resistivitas yang dipengaruhi oleh suhu, dengan suatu selang suhu tertentu, pada sebuah konduktor mempunyai resistivitas yang berbanding lurus (linear) dengan suhu.

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

Karena resistansi berbanding lurus dengan resistivitas, maka perubahan hambatan suatu konduktor terhadap suhu dapat juga dituliskan sebagai berikut :

$$R = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

Resistivitas material di dalam bumi diatur oleh pergerakan ion-ion di dalam pori-pori yang berisi cairan elektrolit.

Hubungan antara tahanan jenis dengan porositas dirumuskan sebagai persamaan empiris (Archie's, 1940) atau dikenal dengan *Archie's Law* yaitu :

$$\rho = \alpha \phi^{-m} s^{-n} \rho_w$$

Dimana :

ρ = resistivitas material atau batuan (Ωm)

ρ_w = resistivitas air/elektrolit (Ωm)

ϕ = porositas (%)

s = fraksi volume porositas dengan air

a, m, n = konstanta dimana $0,5 \leq a \leq 2,5$; $1,3 \leq m \leq 2,5$ dan $n \approx 2$

Pada tabel berikut ini, diperlihatkan nilai (nominal) resistivitas dari berbagai material di bumi menurut Santoso D (2001) :

Tabel 1. Variasi Material Bumi (Batuan)

| Bahan | Resistivitas (Ωm) |
|----------------|-----------------------------|
| Basalt | $10 - 1 \times 10^7$ |
| Batuan Gamping | $50 - 1 \times 10^7$ |
| Batuan Serpih | $20 - 1 \times 10^3$ |
| Dolomit | $10^2 - 10^4$ |
| Pasir | $1 - 10^3$ |
| Lempung | $1 - 10^2$ |
| Air Tanah | $0,5 - 3 \times 10^2$ |
| Air Laut | 0,2 |

Tabel 2. Daftar Harga Resistivitas Tanah/Batuan

| Jenis Tanah / Batuan | Harga Resistivitas (Ωm) |
|---|-----------------------------------|
| Tanah Lempung, basah lembek | 1,5 – 3,0 (2.4) |
| Tanah lanau dan tanah lanau lembek | 3 – 15 |
| Tanah lanau, pasiran | 15 – 150 |
| Batuan Dasar berkekar terisi tanah lembab | 150 – 300 |
| Pasir kerikil terdapat lapisan lanau | ± 300 (2.5) |
| Batuan dasar terisi tanah kering | 300 – 2400 |
| Batuan dasar tak lapuk | >2400 |

2. METODE PENELITIAN

Melakukan pengolahan awal dari data yang diperoleh berdasarkan pengukuran untuk menghitung nilai resistivitas semu (ρ_a) tiap datum *point* dengan menggunakan persamaan 2.22. Kemudian data jarak datum (a), n dan nilai resistivitas semu (ρ_a) tersebut dimasukkan ke program notepad dan di *save* dengan nama file tertentu yang nantinya akan dipanggil pada program **Res2DinV** (sesuai aturan software Res2DinV). Dari pemodelan 2D dengan Res2DinV diperlihatkan nilai resistivitas dan kedalaman untuk setiap lapisannya. Nilai resistivitas material pada model yang diperoleh berdasarkan hasil pengukuran dicocokkan dengan nilai resistivitas material berdasarkan referensi untuk mengetahui ada tidaknya kesesuaian

Besaran V pada rumusan potensial secara pengukuran dapat dinyatakan sebagai beda potensial δV antara potensial pada kondisi tanpa arus (V_0) dan pada kondisi dengan arus (V_1), yaitu dengan pengukuran potensial diantara elektroda P_1 dan P_2 (elektroda potensial), selanjutnya mengukur kuat arus yang mengalir diantara elektroda C_1 dan C_2 (elektroda arus). Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Wenner-Schlumberger.

$$\delta V = \frac{\rho_a}{K} I$$

$$|V_1 - V_0| = \frac{\rho}{K} I$$

maka resistivitas semu (ρ_a) di titik pengukuran dapat diperkirakan melalui rumusan :

$$\rho_a = \pi n(n + 1)a \frac{|V_1 - V_0|}{I}$$

Dimana,

$K = \pi n(n + 1)a$ adalah faktor geometri untuk konfigurasi Wenner-Schlumberger

a = jarak antara elektroda P_1 dan P_2

$a = (P_1 - P_2)$ *jarak spasi terkecil elektroda

n = bilangan bulat ($n=1,2,3,\dots$)

$n = (C_1 - P_1) / (P_1 - P_2)$

Data yang diperoleh sebelumnya dimasukkan ke dalam tabel pengambilan data lapangan panas bumi dalam bentuk seperti pada Lampiran 2 (Tabel data lintasan penelitian) untuk tiap-tiap lintasan sebelum diolah dengan software yang telah ditentukan.

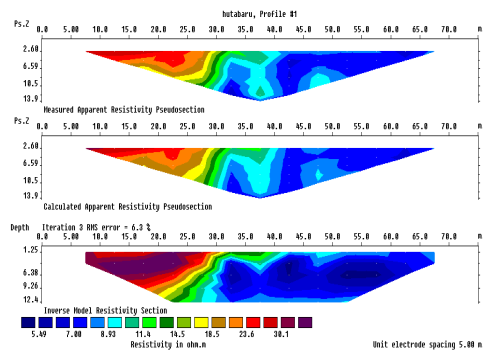
Setelah dilakukan pengambilan data dengan menggunakan alat Geolistrik (*Resistivity meter*, ARES-G4 v4.7 SN: 0609135 (*Automatic Resistivity System*), GPS (*Global Position System*), di ketiga lintasan yang telah ditentukan diperoleh data sebagai berikut :

Tabel 3. Pembacaan Data Pada GPS di Lintasan 1

| LINTASAN 1 | | |
|------------|----------|---|
| Waktu | Alt | Koordinat |
| 16:14:48 | 930 mdpl | N.20 01°35,223' E.21 |
| 16:10:19 | 928 mdpl | 099°17,086' N |
| 16:17:35 | 924 mdpl | 01°35,235' E 099°17,024' N 01°35,255' E 099°17,062' |

Data yang diperoleh dengan menggunakan alat Geolistrik (*Resistivity meter*, ARES-G4 v4.7 SN: 0609135 (*Automatic Resistivity System*), adalah nilai resistivitas semu (ρ_s) bervariasi karena struktur bawah tanah sangat bervariasi, nilainya 5,49 Ωm sampai dengan 30,1 Ωm . Panjang lintasan pertama adalah 75 meter, jarak antara elektroda 5 meter, setelah di inversikan dengan *software Res2Dinv* diperoleh gambar penampang seperti gambar di bawah:

3. HASIL DAN PEMBAHASAN



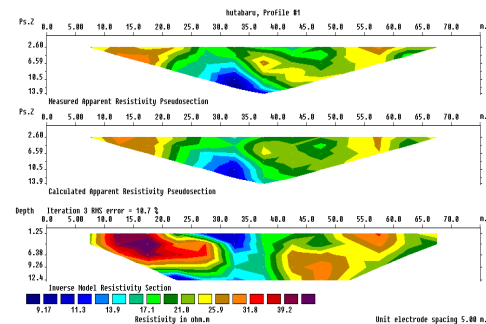
Gambar 2. Penampang kontur resistivitas pada lintasan pertama

Tabel 4. Pembacaan Data Pada GPS di Lintasan 2

| LINTASAN 2 | | |
|------------|------|--------------|
| Waktu | Alt | Koordinat |
| 16:17:35 | 924 | N |
| | mdpl | 01°35,255' |
| | | E |
| 16:42:39 | 924 | 099°17,062' |
| | mdpl | N 01°35,241' |
| 16:48:50 | 923 | E |
| | | 099°17,048' |
| 16:51:40 | 926 | N |
| | mdpl | 01°35,236' |
| | | E |
| | | 099°17,043' |
| | | N |
| | | 01°35,224' |
| | | E |
| | | 099°17,054' |

Data yang diperoleh dengan menggunakan alat Geolistrik (*Resistivity meter*, ARES-G4 v4.7 SN: 0609135 (*Automatic Resistivity System*)), adalah nilai resistivitas semu (ρ_s) bervariasi karena struktur bawah tanah sangat bervariasi, nilainya 9,17 Ωm sampai dengan 39,2 Ωm . Panjang lintasan kedua adalah 75 meter, jarak antara

elektroda 5 meter, setelah di inversikan dengan *software Res2Dinv* diperoleh gambar penampang seperti gambar di bawah:



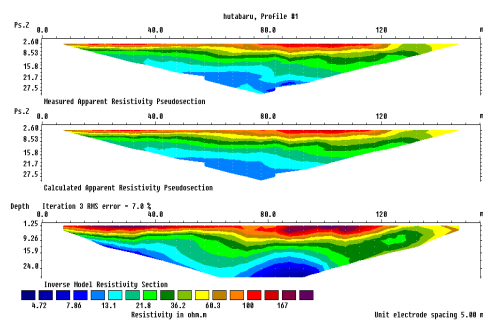
Gambar 3. Penampang kontur resistivitas pada lintasan kedua

Tabel 5. Pembacaan Data Pada GPS di Lintasan 3

| LINTASAN 3 | | |
|------------|----------|-------------|
| Waktu | Alt | Koordinat |
| 17:29:58 | 927 mdpl | N |
| | | 01°35,218' |
| | | E |
| 17:32:59 | 923 mdpl | 093°17,043' |
| | | N |
| 17:41:26 | 931 mdpl | 01°35,207' |
| | | E |
| | | 099°17,086' |
| | | N |
| | | 01°35,173' |
| | | E |
| | | 099°17,111' |

Data yang diperoleh dengan menggunakan alat Geolistrik (*Resistivity meter*, ARES-G4 v4.7 SN: 0609135 (*Automatic Resistivity System*)), adalah nilai resistivitas semu (ρ_s) bervariasi karena struktur bawah tanah sangat bervariasi, nilainya 4,72 Ωm sampai dengan 167 Ωm . Panjang lintasan ketiga adalah 150 meter, jarak antara elektroda 5 meter, setelah di inversikan dengan

software *Res2Dinv* diperoleh gambar penampang seperti gambar di bawah:



Gambar 4. Penampang Kontur Resistivitas pada lintasan ketiga

4. KESIMPULAN

Lapisan batuan yang berpotensi mengandung fluida geothermal adalah lapisan tanah lanauan pasir dan tanah lempung lanauan basah yang memiliki harga resistivitas antara $4,72 \Omega\text{m}$ – $60,3 \Omega\text{m}$ pada kedalaman 2,60- 24,0 meter (lapisan dengan warna kontur biru) dan pada pengukuran nilai resistivitas setiap lintasan memiliki ketidakpastian atau persentase kesalahan 6,3%- 10,7%. Jenis tanah dan batuan pada masing-masing lintasan (lintasan I, II dan III) memiliki penyusun yang sama, tetapi hanya nilai resistivitas dan kedalamannya saja yang berbeda. Dari kedalaman 1,25 – 24,0 meter jenis tanah/batuannya adalah tanah lanauan, lanauan pasir, dan batuan dasar berkekar terisi tanah lembab. Pola penyebaran fluida geothermal pada daerah penelitian tersebar secara lateral, dimana lapisan pasir sebagai zona konduktif dan lapisan tanah lanauan sebagai lapisan penutupnya. Hasil analisa menunjukkan adanya kesamaan lapisan tanah dan batuan pada hasil analisa masing-masing lintasan di daerah penelitian.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Abtokhi Ahmad, (2012), *Analisis Deskriptif Nilai Resistivitas Air Akibat Radiasi Matahari Pada Jenis Wadah Logam*, 2 : 121-127
- Amir, F., (2005), *The Role of Pertamina in Geothermal Development in Indonesia*, Publication of Pertamina Geothermal Division.
- Boas, M. L., (1983), *Mathematical Methods In The Physical Sciences Second Edition*, New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Burger, H. R., (1992), *Exploration Geophysics of the Shallow Subsurface*, Diakses tanggal 25 Agustus 2010, dari <http://www.mines.edu/fs.home.tboyd/GP311/introgp.shtml>.
- Griffiths, D. J., (1995), *Introduction to Electrodynamics Second Edition*, New Delhi: Prentice-Hall of India Private Limited.
- Hazuardi., (1992), *Pengantar Eksplorasi Panas Bumi*, PPT MIGAS (Pusat Tenaga Perminyakan dan Gas Bumi), Cepu.
- Hardiannita, N.R., dan Priadi, B., (2006), *Manifestasi Permukaan Sistem Panas Bumi Gunung Kendang-Angsana, Garut-Pameungpeuk, Jawa Barat*, Jurnal Geoaplika 1.
- Hotnida., (2008), *Perhitungan Suhu Reservoir Panas Bumi Sipoholon Kabupaten Tapanuli*

- Geophysics.* Cambridge University Press.
- Utara Dengan Menggunakan Persamaan Geotermometer Empiris, Skripsi, FMIPA, Unimed, Medan.
- Lismawaty., (1998), *Eksplorasi Geotermal dengan Metode Geolistrik Resistivitas*, Karya Ilmiah, Medan: Institut Teknologi Medan.
- Miryani, S.N., (1992), *Teknik Panas bumi:* <http://www.dim.esdm.go.id/>, Diakses tanggal 16 juni 2010, jam 09.50 WIB.
- Modul Semester Break ITB, (2003), 21-25.
- Mujahid Sukri 2011) *Analisis Potensi Kecamatan Sipirok Sebagai Ibukota Kabupaten Tapsel*. Skripsi. FIS, Unimed, Medan.
- Nenny, S. M., (1992), *Teknik Panas bumi:* [http://www.dim.esdm.go.id/makalah ITB-Nenny.pdf](http://www.dim.esdm.go.id/makalah%20ITB-Nenny.pdf), diakses tanggal 17 Juni 2010, jam 09.30 WIB.
- Ralph, P.H., (1985), *Kimia Dasar Prinsip dan Terapan Modern*, Suminar Achmadi, Ph.D.(Penerjemah), Edisi keempat, jilid 2, Erlangga, Jakarta.
- Reynold, M. J., (1997), *An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics*, England : Jhon Willey and Sons Ltd.
- Sharma, Prem. V. (1997) *Environmental an Engineering*
- Sundhoro, H., Lim, D; Setiadarma, D., dan Sulaeman, B., (2006), *Penyelidikan Geologi Dan Geokimia Di Daerah Panas Bumi Dolok Marawa, Kabupaten Simalungun*. Kelompok program penelitian panas bumi. <http://www.bag.lapan.go.id>. Diakses tanggal 29 Juli 2010, jam 19.44 WIB.
- Santoso, D., (2002), *Teknik Panas Bumi:* <http://www.dim.esdm.go.id/> Diakses tanggal 2 Juni 2010, Jam 21.30 WIB
- Telford, W.M., dan Sheriff, R.E., (1982), *Applied Geophysics*, Cambridge: Cambridge University Press.
- Wardhana, W. A, Supriyono, Abidin, Z., Kamal, Z., (1998), *Prospek Panas Bumi di Indonesia*, <http://www.bag.lapan.go.id>. Diakses tanggal 20 juni 2010, jam 20.25 WIB.