



## PENENTUAN POLA PENYEBARAN FLUIDA GEOTHERMAL DAN IDENTIFIKASI MINERAL BATUAN DAERAH PANAS BUMI TINGGI RAJA KABUPATEN SIMALUNGUN

Eko Afriani Banjarnahor, Muhammad Kadri\*

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

*Diterima Oktober 2014; Disetujui November 2014; Dipublikasikan Desember 2014*

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola penyebaran fluida geothermal di bawah permukaan bumi dengan menggunakan metode geolistrik dan mengidentifikasi mineral penyusun batuan dengan uji XRD pada daerah panas bumi Tinggi Raja desa Dolok Morawa Kabupaten Simalungun, secara geografis berada pada koordinat 02°36'- 03°18' Lintang Utara dan 98°32'- 99°35' Bujur Timur. Data lapangan diperoleh dengan metode geolistrik menggunakan resistivitasmeter dan GPS (*Global Positioning System*). Kemudian data tersebut diinversi menggunakan *software Res2dinv*, sehingga menghasilkan resistivitas yang diinterpretasikan dengan kode warna. Uji XRD dilakukan menggunakan difraktometer Jeol-350 Shimadzu 6100. Data yang diperoleh dari XRD berupa intensitas difraksi sinar-X yang terdifraksi dan sudut-sudut  $2\theta$ . Dari hasil penelitian diperoleh pola penyebaran fluida geothermal tersebar secara lateral, menuju manifestasi panas bumi (danau biru), dimana lapisan lempung sebagai zona konduktif dengan nilai resistivitas 7,89 – 80  $\Omega$  dan lapisan penudung berupa batu gamping dengan nilai resistivitas > 600  $\Omega$ . Mineral utama penyusun batuan adalah *Calcite* ( $\text{CaCO}_3$ ) dengan sistem kristal trigonal (hexagonal), yang merupakan mineral penyusun utama batu gamping

: *Kata kunci : Metode Geolistrik, Nilai Resistivitas, Uji XRD*

**How to Cite:** Eko Afriani Banjarnahor, Muhammad Kadri (2014) Penentuan Pola Penyebaran Fluida Geothermal Dan Identifikasi Mineral Batuan Daerah Panas Bumi Tinggi Raja Kabupaten Simalungun. *Jurnal Einstein Prodi Fisika FMIPA Unimed*, 2 (2): 14-21.

\*Corresponding author:  
E-mail : [ekoafiani@gmail.com](mailto:ekoafiani@gmail.com)

p-ISSN : 12338 - 1981

## PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan mutlak yang diperlukan dalam kehidupan manusia, serta ketersediaannya memberikan pengaruh besar terhadap kemajuan pembangunan. Meningkatnya aktivitas manusia dan besarnya tuntutan untuk mendapatkan kepraktisan dan kenyamanan hidup berakibat pada meningkatnya konsumsi energi. Konsumsi energi Indonesia yang tinggi sebagian besar dipenuhi dari bahan bakar fosil dan keadaannya semakin menipis. Hal inilah yang membuat pemerintah menghemat bahan bakar energi dan terus mencari sumber energi alternatif untuk memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat tersebut. Salah satu sumber energi yang diharapkan sebagai energi alternatif adalah energi panas bumi (Gita, 2013).

Energi panas bumi adalah energy panas yang tersimpan dalam fluida dan batuan di bawah permukaan bumi. Potensi panas bumi Indonesia mencapai 40% dari potensi panas bumi di dunia atau mencapai 28.000 MWe dengan potensi sumber daya 13.440 Mwe. Namun penggunaan energi panas bumi untuk pembangkit tenaga listrik hanya sekitar 3% dari seluruh listrik yang dibangkitkan oleh PLN. Hal ini disebabkan lokasi potensi panas bumi yang berada dalam kawasan hutan. Pengembangan panas bumi di kawasan hutan masih menghadapi banyak hambatan, terutama ketidaksinkronan regulasi pemerintah di sektor energi dan kehutanan (WWF, 2013).

Kabupaten Simalungun terletak antara 02°36'-03°18' Lintang Utara dan 98°32'-99°35' Bujur Timur dengan luas 4.386,60 km<sup>2</sup>. Berdasarkan data sensus penduduk kabupaten Simalungun (2013), jumlah penduduk Simalungun setiap tahunnya meningkat. Kebutuhan Listrik di kabupaten Simalungun di pasok oleh PLN wilayah II. Sekitar 6,22% rumah tangga di Simalungun belum menikmati penerangan listrik PLN (BPS, 2013).

Berdasarkan peta geologi, kabupaten Simalungun memiliki potensi sumber panas bumi yang terletak di cagar alam Dolok Tinggi Raja desa Dolok Morawa Kecamatan Silau kahean. Beberapa penelitian pernah dilakukan di panas bumi Tinggi Raja, diantaranya penyelidikan oleh Kelompok Program

Penelitian Panas Bumi (2006), menyatakan fluida di Daerah Panas Bumi Dolok Marawa bersifat netral, didominasi air panas (*hot water-dominated*), geothermometer fluida 180 °C, termasuk dalam kategori entalpi sedang dan potensi cadangan terduga 49-50 Mwe. Kemudian Tambunan (2010), mengemukakan suhu air permukaan pada panas bumi Dolok Morawa adalah 60°C–66,5°C dengan pH netral sebesar 6,48-7,63 dengan kosentrasi rata-rata unsur yang paling banyak adalah kalsium mencapai 135,81 Ppm, selanjutnya unsur kedua adalah Natrium (108,97 Ppm) dan Silika (82,28 Ppm) serta unsur yang paling sedikit adalah Kalium sebesar 30,44 Ppm.

Untuk mengetahui sebaran panas bumi perlu dilakukan penelitian geofisika yang salah satunya dengan metode geolistrik. Geolistrik didasarkan pada parameter fisis yaitu hambatan jenis (resistivitas) untuk mengkarakterisasikan keadaan fisis bawah permukaan yang diasosiasikan dengan material dan kondisi bawah permukaan. Metoda geolistrik mengukur sifat kelistrikan material bumi dengan menginjeksikan arus ke dalam tanah sehingga didapatkan besaran tegangan (V) dan arus (I) yang dikonversi ke dalam bentuk resistivitas semu ( $\rho$ ) dengan menggunakan prinsip Hukum Ohm. Pendekatan sederhana untuk mendapatkan resistivitas setiap batuan di bawah permukaan dilakukan dengan mengasumsikan bahwa bumi merupakan suatu medium yang homogen isotropis yang dikenal dengan istilah resistivitas semu. Nilai resistivitas semu sebagai fungsi konfigurasi pengukuran kemudian diinversi secara numerik ke dalam bentuk model resistivitas sesungguhnya terhadap kedalaman (Farid, dkk., 2008). Konfigurasi geolistrik yang digunakan adalah konfigurasi schlumberger. Konfigurasi schlumberger biasa dilakukan sebagai salah satu metode yang diterapkan pada penyelidikan terpadu dengan tujuan mempelajari struktur tahanan jenis daerah penyelidikan terutama dalam membantu

membatasi daerah prospek panas bumi. Untuk hasil pemodelan 2-D (dua dimensi) didapatkan dari pengolahan data resistivitas dengan menggunakan program *Res2Dinv* sehingga diperoleh model penampang dua dimensi bawah permukaan sepanjang lintasan dimana nilai tahanan jenisnya dibedakan berdasarkan warna untuk melihat nilai resistivitas pada setiap lapisan (Naibaho, 2011).

Cara yang paling akurat untuk mengidentifikasi mineral batuan yaitu melalui metoda analisa difraksi sinar- X (*Xray diffraction*). Analisis XRD merupakan metode yang dapat memberikan informasi mengenai jenis mineral yang terdapat dalam suatu batuan. Data hasil XRD tersebut kemudian dianalisis untuk mengetahui karakteristik tiap mineral, persentase mineral, dan tingkat kristalinitas mineral (Silaban, 2001).

Berdasarkan uraian masalah dan informasi di atas, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul “ **Penentuan Pola Penyebaran Fluida Geothermal dan Identifikasi Mineral Batuan Daerah Panas Bumi Tinggi Raja Kabupaten Simalungun** “

**METODOLOGI PENELITIAN**

Penelitian dilakukan di Cagar Alam Tinggi Raja, desa Dolok Morawa, Kecamatan Silou Kahean Kabupaten Simalungun, yang secara geografis berada pada koordinat 02°36’-03°18’ Lintang Utara dan 98°32’-99°35’ Bujur Timur. Penelitian dilaksanakan selama dua hari yaitu pada tanggal 19–20 Juni 2014.

Data lapangan diperoleh dengan metode geolistrik menggunakan resistivitasmeter Naniura dan GPS (*Global Positioning System*) dengan tiga lintasan. Setiap lintasan memiliki bentangan 155 meter dan jarak tiap patok adalah 5 meter.

Analisis dan interpretasi data dilakukan dengan komputer menggunakan software *Res2Dinv* sehingga diperoleh

model penampang 2-D. Hasil inversi menunjukkan nilai tahanan jenis sebenarnya, terhadap kedalaman, sehingga dapat diinterpretasikan pola sebaran panas bumi di daerah tersebut.

Untuk analisis XRD, sampel yang diuji dalam kondisi diam (statis). Data hasil penyinaran Sinar X berupa spektrum difraksi. Sinar X yang dideteksi oleh detektor kemudian direkam dan dicatat oleh komputer dalam bentuk grafik peak intensitas, yang lebih lanjut dianalisis jarak antara bidang kisi kristalnya dan dibandingkan dengan hukum Bragg pada komputer dengan menggunakan software tertentu sehingga dapat menghasilkan suatu data. Proses interpretasi data dilakukan dengan mengidentifikasi puncak-puncak grafik XRD dengan cara mencocokkan puncak yang ada pada grafik tersebut dengan *database* ICDD. Setelah itu, dilakukan *refinement* pada data XRD dengan menggunakan program *Match*. Melalui *refinement* tersebut, kandungan, fase beserta struktur dan parameter kisi yang ada pada sampel yang diketahui.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

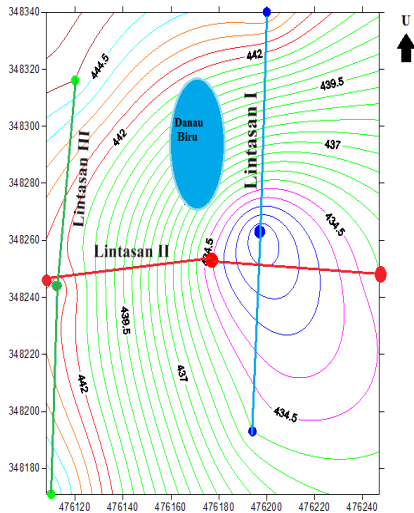
Setelah menyesuaikan kondisi lapangan dan menentukan letak dan jumlah lintasan yang direncanakan, maka diperoleh data seperti tabel dibawah ini.

**Tabel 1.** Hasil Pengukuran Posisi Lokasi Penelitian

nta an	Elektroda	Posisi	(md pl)	Wa
I	1 (x)	47N 0476200 UTM 0348340	444	08:1
	16 (y)	47N 0476197 UTM 0348623	432	08:5
	32 (z)	47N 0476194 UTM 0348193	435	08:5
II	1 (x)	47N 0476247 UTM 0346248	435	11:1
	16 (y)	47N 0476177 UTM 0346253	434	11:2
	32 (z)	47N 0476112 UTM 0346244	443	11:4
III	1 (x)	47N 0476109 UTM 0346188	454	13:1
	16 (y)	47N 0476108 UTM 0346123	442	12:4
	32 (z)	47N 0476110 UTM 0346200	445	13:1

Berdasarkan peta geologi lembar Medan daerah Tinggi Raja, lokasi penelitian umumnya terdiri atas batu gamping dan memiliki sesar.

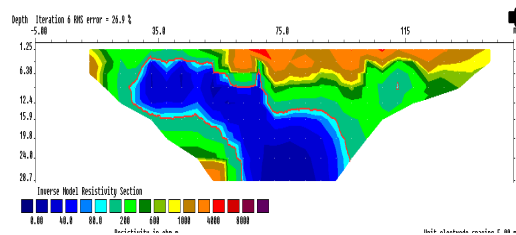
Untuk hasil pengridan data lapangan menggunakan program *surfer8* dapat dilihat pada gambar 1.



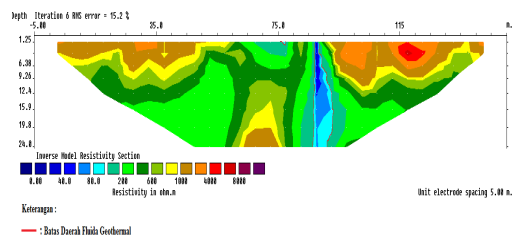
**Gambar 1.** Kontur Daerah Penelitian

**3.2.1. Geolistik**

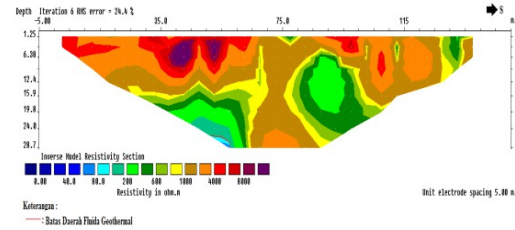
Penampang hasil pengolahan data pemodelan 2D pada lintasan 1 sampai 3 diperlihatkan pada masing-masing gambar 2, 3, 4 di bawah ini.



**Gambar 2.** Penampang Kontur Resistivitas Pada Lintasan Pertama



**Gambar 3.** Penampang Kontur Resistivitas Pada Lintasan Kedua



**Gambar 4.** Penampang Kontur Resistivitas Pada Lintasan Ketiga

Untuk lintasan I (gambar 2), nilai resistivitas 9,09-80  $\Omega m$  terletak pada kedalaman 2,5-28,7 m dan berada pada jarak 25-92 m dan jarak 112-113 m ditafsirkan sebagai lempung. Nilai resistivitas 140-200  $\Omega m$  terletak pada kedalaman 1,25-28,7 m pada jarak 22-102,5 m dan jarak 106-117 ditafsirkan sebagai lanau, nilai resistivitas 200-600  $\Omega m$  terletak pada kedalaman 1,25-2,87 m dan berada pada jarak 17 -137 m ditafsirkan sebagai batu pasir, dan untuk nilai resistivitas  $>600 \Omega m$  ditafsirkan sebagai batu gamping yang terletak pada kedalaman 1,28-28,7 m dengan jarak antara 7,5-144 m (Milsom, 2003).

Umumnya lintasan I didominasi oleh lapisan yang memiliki nilai resistivitas  $> 600 \Omega m$  yang ditafsir sebagai batu gamping. Anomali rendah terdapat pada kedalaman 2,5-28,7 m dengan jarak 25-92 m dan jarak 112-113 dan memiliki nilai resistivitas 79,09-80  $\Omega m$  dengan warna biru tua sampai biru muda.

Menurut Lenat (1999), nilai resistivitas batuan berbanding terbalik dengan nilai konduktivitas batuan, dimana semakin konduktif suatu batuan maka nilai resistivitasnya akan semakin kecil. Hal ini disebabkan adanya porositas yang besar dan terisi oleh fluida geothermal terutama air dalam kondisi panas tinggi (Farid, dkk., 2008). Porositas


dan permeabilitas pada batuan memberikan ruang untuk diisi oleh fluida yang memiliki konduktivitas lebih tinggi dari konduktivitas batuan sekitarnya. Sistem hidrotermal mempunyai jangkauan nilai resistivitas  $>100 \Omega m$  (Lenat, 1999). Pada lintasan I, diketahui adanya anomali rendah yaitu berupa lempung dengan nilai resistivitas 9,09-80  $\Omega m$ . Dengan demikian dapat ditafsirkan bahwa lapisan yang berpotensi mengandung fluida geothermal adalah lapisan yang berada pada kedalaman antara 2,5-28,7 m dan berada pada jarak 25-92 m dan jarak 112-113 m dengan nilai resistivitas 9,09-80  $\Omega m$  yang diasumsikan sebagai lempung konduktif. Fluida geothermal mengalir ke arah barat lokasi penelitian (menuju danau biru). Sedangkan batuan penudung diasumsikan berupa batu gamping yang memiliki nilai resistivitas  $>600 \Omega m$  yang terletak pada kedalaman 1,28-28,7 m dengan jarak antara 17,5-147,5 m.

Untuk Lintasan II (Gambar 3), nilai resistivitas 7,89-80  $\Omega m$  terletak pada kedalaman 1,25-24 m dan berada pada jarak 87-99 m ditafsirkan sebagai lempung. Nilai resistivitas 140-200  $\Omega m$  terletak pada kedalaman 1,25-24 m pada jarak 67,5-79 m dan jarak 83-97,5 m ditafsirkan sebagai lanau, nilai resistivitas 200-600  $\Omega m$  terletak pada kedalaman 1,25-24 m dan berada pada jarak 14-134 m ditafsirkan sebagai batu pasir, dan untuk nilai resistivitas  $>600 \Omega m$  ditafsirkan sebagai batu gamping yang terletak pada kedalaman 1,28-24 m dengan jarak antara 2,5-143 m.

Pada lintasan kedua, lapisan didominasi oleh batu gamping dengan nilai resistivitas  $>600 \Omega m$ . Anomali rendah terdapat pada kedalaman 1,25-24 m dan jarak 89-93 m dengan nilai resistivitas 7,09-80  $\Omega m$  ditunjukkan dengan warna biru tua sampai biru muda, sehingga dapat ditafsirkan lapisan yang berpotensi mengandung fluida geothermal adalah lapisan yang berada pada kedalaman antara 1,25 – 24

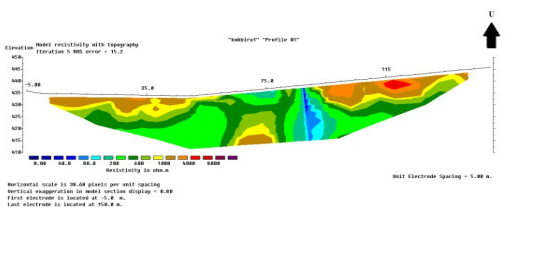
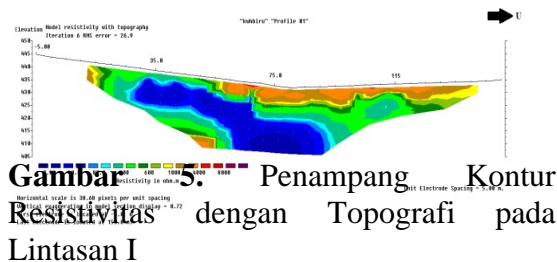
m dan pada jarak 87-99 m dengan nilai resistivitas 7,09-80  $\Omega m$  yang diasumsikan sebagai lempung konduktif. Fluida mengalir ke arah utara lokasi penelitian (menuju danau biru). Sedangkan lapisan penudung berupa batu gamping yang terletak pada kedalaman 1,28-24 m dengan jarak antara 2,5-143 m dengan nilai resistivitas  $>600 \Omega m$ .

Untuk Lintasan III (gambar 4), nilai resistivitas 40-80  $\Omega m$  terletak pada kedalaman 26,35-28,7 m dan berada pada jarak 52,5-59 m ditafsirkan sebagai lempung. Nilai resistivitas 140-200  $\Omega m$  terletak pada kedalaman 20,85-28,7 m dengan jarak 45-60 m yang ditafsirkan sebagai lanau. Nilai resistivitas 200-600  $\Omega m$  terletak pada kedalaman 1,25-28,7 m dan berada pada jarak 33-64 m, jarak 76-79 m, jarak 80-105 m dan jarak 130-135 m ditafsir sebagai batu pasir, dan untuk nilai resistivitas  $>600 \Omega m$  ditafsirkan sebagai batu gamping yang terletak pada kedalaman 1,28-28,7 m dengan jarak antara 3-138 m.

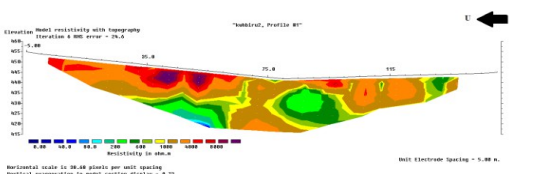
Pada lintasan III, lapisan didominasi oleh batu gamping dengan nilai resistivitas  $>600 \Omega m$ . Anomali rendah terdapat pada kedalaman 26,35-28,7 m pada jarak 52,5-59 m dengan nilai resistivitas 40-80  $\Omega m$  dengan warna . Anomali ini ditafsir berupa lempung dan terperangkap diantara batu gamping. Lapisan ini ditafsir memiliki kandungan fluida geothermal dengan nilai resistivitas 40-80  $\Omega m$ . Sedangkan lapisan penudung berupa batu gamping yang berada pada kedalaman 1,28-28,7 m dengan jarak antara 3-138 m dengan nilai resistivitas  $>600 \Omega m$ .

Untuk kontur resistivitas dengan topografi pada lintasan II, II, III ditunjukkan pada masing masing gambar dibawah ini.





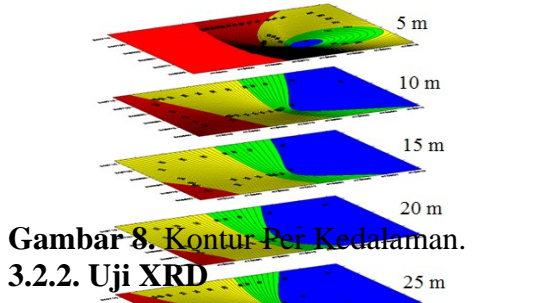
**Gambar 5.** Penampang Kontur Resistivitas dengan Topografi pada Lintasan I



**Gambar 6.** Penampang Kontur Resistivitas dengan Topografi pada Lintasan II

**Gambar 7.** Penampang Kontur Resistivitas dengan Topografi pada Lintasan III

Untuk kontur per kedalaman semua lintasan pengukuran dianalisis menggunakan *surfer8*. Titik pengukuran sebanyak 3 lintasan menggambarkan penyebaran batuan dibawah permukaan kedalaman 5m, 10m, 15m, 20m, 25m. Berdasarkan gambar 8, semakin dalam di bawah permukaan, nilai resistivitas batuan semakin kecil, sehingga dapat ditafsirkan penyebaran fluida semakin besar ke menuju bawah permukaan.

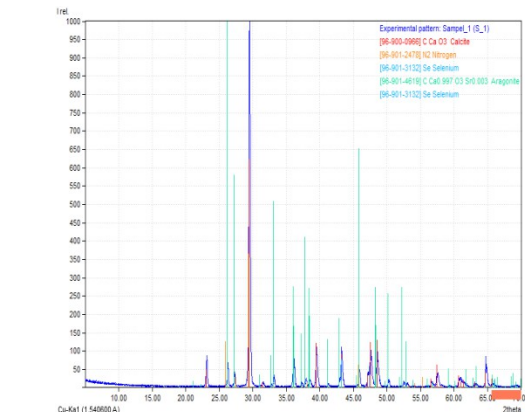


**Gambar 8.** Kontur Per Kedalaman.

**3.2.2. Uji XRD**

- **Sampel A**

Hasil pola difraksi sinar-X untuk sampel A menggunakan program *Match* dapat dilihat pada gambar 9.

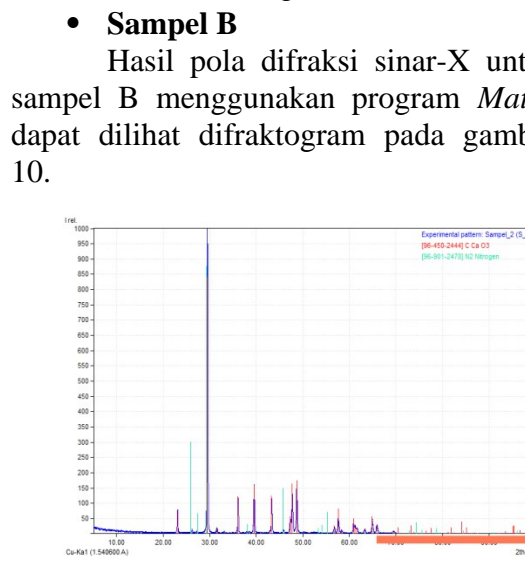


**Gambar 9.** Difraktogram Sampel A

Analisis kandungan fasa mineral pada sampel A menunjukkan bahwa batuan sampel A merupakan material kristal dengan kandungan utama Kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) dan memiliki sistem kristal trigonal (hexagonal), dengan ukuran kristal  $a = 3.9670 \text{ \AA} = 17.0610 \text{ \AA}$ . Mineral Kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ) memiliki puncak tertinggi berturut turut pada sudut  $2\theta = 29,51^\circ ; 47,58^\circ ; 48,58^\circ$ , intensitas ( $i$ ) 621 ; 95,8 ; 89,0, Nitrogen ( $\text{N}_2$ ) memiliki puncak tertinggi pada sudut  $2\theta = 29,51^\circ$  dengan intensitas 363,8, Selenium pada sudut  $2\theta = 47,32$  dengan intensitas 58,2.

- **Sampel B**

Hasil pola difraksi sinar-X untuk sampel B menggunakan program *Match* dapat dilihat difraktogram pada gambar 10.



**Gambar 10.** Difraktogram Sampel B

Analisis kandungan fasa mineral pada sampel B menunjukkan bahwa batuan sampel B merupakan materi kristal dengan kandungan utama Kalsit ( $\text{CaCO}_3$ ). Sistem kristal kalsit adalah trigonal (*hexagonal axes*) dengan ukuran kristal  $a = 4.9758 \text{ \AA} = 16.9921 \text{ \AA}$ . Mineral kalsit

(CaCO<sub>3</sub>) memiliki puncak tertinggi berturut turut pada sudut 2θ = 29,51° ; 39,55; ° 48,70° intensitas (i) 840,0 ; 158,3 ;156,6 sedangkan Nitrogen (N<sub>2</sub>) memiliki puncak tertinggi pada sudut 2θ = 29,51° dengan intensitas 875,9.

Untuk jumlah berat (%) komposisi kimia kandungan mineral batuan daerah panas bumi Tinggi Raja dapat dilihat pada tabel 2

**Tabel 2.** Komposisi Kimia Sampel Penelitian

Sampel	Kandungan Mineral	Jumlah Berat (%)
A	Kalsit (CaCO <sub>3</sub> )	59.5
	Nitrogen (N <sub>2</sub> )	39.3
	Selenium (Se)	1.1
B	Kalsit (CaCO <sub>3</sub> )	84.0
	Nitrogen (N <sub>2</sub> )	16.0

Berdasarkan tabel 2, diketahui bahwa komposisi kimia mineral batuan daerah panas bumi Tinggi Raja didominasi oleh kalsit (CaCO<sub>3</sub>). Hal ini menguatkan hasil penelitian menggunakan metode geolistrik, dimana daerah penelitian didominasi oleh batu gamping (CaCO<sub>3</sub>) dengan nilai resistivitas > 600 Ωm terutama di lapisan *top soil*

**KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari penelitian dapat disimpulkan bahwa : Pola penyebaran fluida geothermal pada daerah penelitian tersebar secara lateral, mengarah ke manifestasi panas bumi (danau biru), dimana lapisan lempung sebagai zona konduktif dengan nilai resistivitas pada lintasan I antara 9,09-80 Ωm, lintasan II antara 7,89-80 Ωm, dan lintasan III antara 40-80 Ωm. Sedangkan lapisan penutup pada ketiga lintasan berupa batu gamping dengan resistivitas >600 Ωm.

Mineral utama penyusun batuan panas bumi Tinggi Raja adalah kalsit (CaCO<sub>3</sub>) dengan sistem kristal trigonal (hexagonal). Mineral tersebut merupakan mineral penyusun utama batu gamping.

**SARAN**

Dari hasil penelitian yang telah diperoleh, maka saran untuk penelitian selanjutnya yaitu : : memperluas daerah penelitian untuk melihat pola penyebaran fluida panas bumi lebih terinci, menggunakan metode geofisika yang lain seperti metode geomagnet untuk menguatkan informasi tentang pola penyebaran fluida geothermal di daerah tersebut.

**DAFTAR PUSTAKA**

1. Badan Pusat Statistika, (2013), *Statistika Daerah Kabupaten Simalungun 2013*. Badan Pusat Statistika Kabupaten Simalungun, Pematang Siantar, <http://simalungunkab.bps.go.id/> ( diakses pada 15 Januari 2014).
2. Departemen Fisika, (2012), *Laboratorium Analisis Bahan (Pengujian dan Analisis Data)*, FMIPA IPB, Bogor.
3. Farid, M., Hadi, A.I , Fetusianti, (2008), Analisis Resistivitas Batuan Berdasarkan Data Geolistrik Untuk Memprediksi Sumber Panas Bumi, *Jurnal Sains MIPA* **14** :79-84.
4. Gita, L., (2013), Geothermal : Jawaban Kebutuhan Energi Indonesia (<http://m.kompasiana.com/post/read/611728/3/geothermal-jawaban-kebutuhan-energi-indonesia>), akses pada 10 maret 2014.
5. Lenat, J.F, dkk, (2000), Geoelectrical structure of the central zone of Piton de la Fournaise volcano (Réunion), *Bull Volcanol*, **62** : 75-89.
6. Loke, M.H., (2004), *Tutorial : 2-D and 3-D Electrical Imaging Suveys*, email : drmhloke@yahoo.com
7. Milsom, J., (2003), *Field Geophysics : Third Edition*, West Sussex PO19 SQ, England
8. Naibaho, E., (2011), *Menentukan Resistivitas Dan Pola Penyebaran Fluida Geothermal Dengan Z*

*Menggunakan Metode Geolistrik Daerah Panas Bumi Rianiate Kecamatan Pangururuan*, Skripsi FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan.

9. Silaban, M., (2001), *Studi Mineral Lempung Hidrotermal Dan Aplikasinya Untuk Operasi Pemboran Panas bumi (Studi Kasus : Prospek Panasbumi Ulubelu, Lampung, Proceeding Of The 5th Inaga Annual Scientific Conference & Exhibitions 5 : 7-10.*

10. Tambunan, T., (2010), *Perhitungan Suhu Reservoir Dengan Menggunakan Persamaan Geothermal Empiris Daerah Panas Bumi Dolok Morawa Kabupaten Simalungun*, Skripsi FMIPA, Universitas Negeri Medan, Medan.

11. Telford, W.M., Gerald LP., Sheriff R., (1990), *Applied Geophysics Second Edition*, Cambridge University Press, New York.

12. WWF Indonesia, (2013), *Panduan Kelestarian untuk Pemanfaatan Panas Bumi*, British Embassy, Jakarta