

Analisa Air dan Pola Penyebaran Resistivitas Batuan Bawah Permukaan di Daerah Panas Bumi Sibual-Buali Tapanuli Selatan

Rita Juliani
Jurusan Fisika FMIPA Universitas Negeri Medan

Abstrak

Sibual-buali berada pada koordinat $1^{\circ} 33' 36''$ LU dan $99^{\circ} 15' 36''$ BT, dengan ketinggian ± 1819 meter di atas permukaan laut, secara administratif termasuk ke dalam wilayah Ibu kota Kabupaten Sipirok, Kabupaten Tapanuli Selatan, Sumatera Utara. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa air dan pola penyebaran resistivitas batuan bawah permukaan di daerah panas bumi Sibual-buali Tapanuli Selatan.

Pengambilan data dilaksanakan di daerah gunungapi Sibuali-buali dengan data yang diambil berupa data lapangan dan sampel air yang berada di sekitar lokasi panas bumi. Data lapangan ditentukan gridnya dengan menggunakan GPS, dan untuk mengetahui pola penyebaran batuan menggunakan metode geolistrik *Schlumberger* sebanyak tujuh lintasan. Sampel air diukur suhu dengan menggunakan termometer, konduktivitas dan salinitas dengan konduktiviti meter, dan pH menggunakan pH meter.

Hasil yang diperoleh dari sumber mata air panas berupa mata air memiliki konduktivitas dan tingkat keasaman tertinggi disebabkan belum bercampur dengan air permukaan. Resistivitas batuan diperoleh berupa mineral lempung yang memperlihatkan adanya ubahan hidrotermal dengan intensitas rendah-sedang-kuat dan indikasi dengan batas kontak termal. Daerah di kaki gunung Sibual-buali merupakan daerah dengan resistivitas sedang yang merupakan jenis batuan basalt.

Key Word: Sibual-buali, geolistrik, konduktivitas, resistivitas

1. PENDAHULUAN

Gunung Sibual-buali tersusun oleh aliran lava andesit sampai dasitis dengan umur batuan pada umumnya berumur Holosen. Bentuk tubuh Sibual-buali tidak beraturan dikontrol oleh keberadaan struktur sesar yang berarah relatif barat laut-tenggara. Batuan pada tubuh gunung api cukup kuat, sesar yang berkembang dan didorong oleh erupsi efusif yang menghasilkan endapan debris avalanche ke arah barat laut membentuk perbukitan kecil. Afinitas magma termasuk seri Low K series dan Kalk Alkalin dengan jenis batuan basalt, andesit basaltik dan dasit. Diferensiasi ditandai dengan terselaminya ortopiroksen oleh klinopiroksen, dan perubahan komposisi magma menjadi kekurangan air yang ditunjukkan dengan hornblenda berstruktur rim margin atau diganti bagian luarnya oleh mineral bijih Fe, Mg, dan Fe-oksida pada proses pembentukan batuan gunung api yang mengindikasikan adanya supply magma baru berkomposisi lebih basa (Pramulyana dan Oktory, 2011).

Aktivitas gunung Sibual-buali di tandai oleh manifestasi panas bumi berupa kolam air panas (*hot pools*), mata air panas *hot spring*, tanah hangat (*warm ground*), permukaan tanah beruap (*steaming ground*). Hingga saat ini sumber daya panas bumi yang terdapat di Tapanuli Selatan hanya digunakan sebagai obyek wisata pemandian air panas.

Pengembangan sumber daya panas bumi dilakukan untuk mengetahui penyebaran daerah prospek dan potensi energi panas bumi dengan menerapkan metode geofisika untuk mengetahui sifat-sifat fisik batuan yang ada di bawah permukaan. Metode geofisika yang digunakan berupa

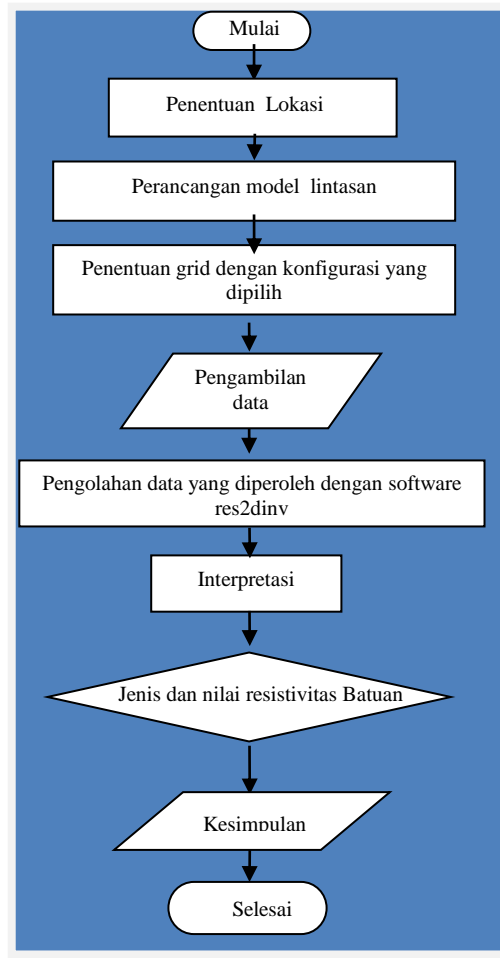
metode geolistrik. Metode geolistrik (Sundhoro,dkk, 2005) digunakan untuk memperkirakan sifat kelistrikan medium atau formasi batuan bawah-permukaan didaerah panas bumi. Nilai tahanan jenis rendah merupakan indikasi zona prospek panas bumi. Secara umum penyebaran nilai tahanan jenis dikelompokkan menjadi tiga kelompok tahanan jenis yaitu: a) Kelompok tahanan jenis rendah rendah < 10 Ohm-m. Lapisan ini diperkirakan merupakan aqifer air tanah. b) kelompok tahanan jenis sedang antara 10 – 40 Ohm-m yang diperkirakan berasosiasi dengan batuan sedimen, dan c) Kelompok tahanan jenis tinggi > 40 Ohm-m berasosiasi dengan lava andesit porfiri (Widodo, 2007). Sehingga metode ini sangat cocok untuk penelitian pada areal panas bumi.

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa air dan pola penyebaran resistivitas batuan bawah permukaan di daerah panas bumi Sibual-buali Tapanuli Selatan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Pengambilan data dilaksanakan di daerah gunungapi Sibual-buali, ibu kota kabupaten Sipirok Tapanuli Selatan . Untuk mengetahui posisi, suhu, pH, konduktivitas dan salinitas air digunakan peralatan GPS, pH meter, thermometer, dan konduktiviti meter. Untuk mengetahui pola penyebaran batuan bawah permukaan digunakan metode geolistrik metode tahanan jenis. Akuisisi data resistiviti menggunakan konfigurasi *Schlumberger* dengan 7 titik sounding dengan masing-masing jarak elektroda 5 m dan panjang lintasan 75 m dan diolah dengan program *res2dinv*.

Adapun diagram alir yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada diagram berikut.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan yang diperoleh dengan menggunakan GPS, thermometer, pH meter, konduktiviti meter, dan resistiviti meter yang diolah dengan program res2dinv.

Tabel 1. Pengamatan Data Lapangan Sumber Air di Panas Bumi Sibual-buali dan Sosopan

No	Titik	Letak Geografis	Ketinggian (m dpl)	Suhu Permukaan Air (°C)	pH	Konduktiviti	Salinitas
1	I	N 01°34.037' E 099°17.030'	1230	95	3,9	958 µs	476 ppm
2	II	N 01°34.072' E 099°16.217'	1231	85	1,9	2,84 ms	1,42 ppt
3	III	N 01°33.963' E 099°16.197'	1230	33	6,7	1078 µs	540 ppm

Sebagai keterangan no. 1 merupakan sumber mata air panas bumi didaerah aliran sungai Sibual-buali, no.2 sumber panas bumi berupa mata air panas Sibual-buali, no. 3 aliran air sungai didaerah Sibual-buali.

Tabel. 4 memperlihatkan sumber air panas yang berada di aliran sungai, sumber mata air dan aliran sungai Sibual-buali berturut-turut memiliki nilai konduktivitas 958 μs ; 2,84 ms, dan 1078 μs . Sumber mata air panas berupa mata air memiliki konduktivitas tertinggi disebabkan belum bercampur dengan air permukaan seperti halnya pada daerah sumber mata air panas yang berada di aliran sungai dan aliran sungai. Hal ini

di pertegas dengan kondisi pH air yang bersifat asam dengan nilai pH 1,9 di banding dengan sumber air panas yang berada di aliran sungai, dan aliran sungai Sibual-buali dengan pH 3,9 dan 6,7.

Salinitas yang diperoleh dari sumber air panas memiliki nilai 1,42 ppt yang merupakan nilai tertinggi di banding dengan sumber mata air di aliran sungai, dan aliran sungai Sibual-buali berturut-turut, 476 ppm, 540 ppm.

2. Data Resistivity

Lokasi bentangan menggunakan resistivity dibuat pada titik seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel. 2. Titik bentangan daerah panas bumi Sibual-buali

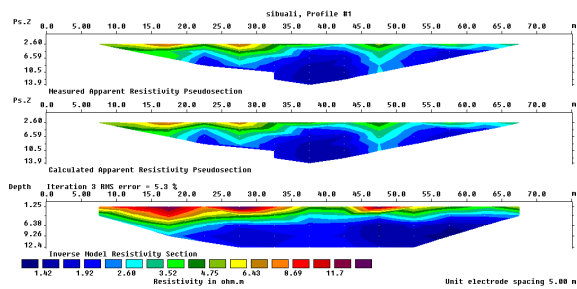
Nama Daerah	Ketinggian (m dpl)			Letak Geografis		
	L1	L2	L3	Lintasan 1	Lintasan 2	Lintasan 3
Sibual-buali 1	1240	1227	-	N 01°34,049' E 099°16,239'	N 01°34,070' E 099°16,227'	-
Sibual-buali 2	1256	1258	-	N 01°33,991' E 099°16,098'	N 01°33,988' E 099°16,105'	-
Sibual-buali 3	928	924	923	N 01°35,235' E 099°17,074'	N 01°35,241' E 099°17,048'	N 01°35,207' E 099°17,086'

Hasil pengambilan bentangan dengan menggunakan resistivity di oleh dengan program res2dinv diperoleh data seperti di bawah ini.

Daerah Panas Bumi Sibual-buali

Lintasan 1 dan 2 adalah lintasan yang berada di tepi aliran hulu sungai dengan arah tenggara-barat laut pada ketinggian 1240 dpl. Terdapat kenampakan manifestasi di dalam aliran sungai berupa mata air panas, di

tepiian sungai kenampakan batuan dan tanah hangat serta fumarole yang bermunculan di lereng sungai, pinggiran lereng sungai terlihat longsor sehingga suasana panas dan beruap jelas tampak pada daerah lintasan ini.



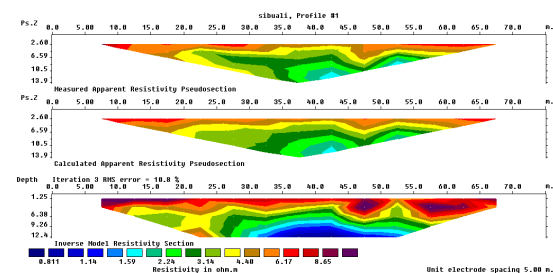
Gambar 2. Lintasan Satu Daerah Panas Bumi Sibual-buali

Lintasan 1 memiliki resistivitas 1,42 – 11,7 Ωm pada kedalaman 0 - 12,4 m dan tergolong memiliki nilai resistivitas rendah. Pada kedalaman 6,38- 12,4 m di dominasi dengan nilai resistivitas 1,42 – 2,60 Ωm diperkirakan sebagai daerah berkaitan dengan kontak sumber panas bumi yang dibatasi oleh *fresh water* atau aquifer air atau jenis tanah lempung, hal ini sesuai dengan hasil geokimia batuan berupa sayatan yang dilakukan oleh Pramulyana (2011) bahwa lempung klorit berwarna abu-abu hijau pucat berserabut halus, sebagai ubahan dari olivin dan mineral sekunder tersebar merata atas mineral lempung yang menyimpulkan bahwa adanya ubahan hidrotermal dengan intensitas rendah-sedang-kuat dan adanya indikasi dengan batas kontak termal. Pada lapisan atas dengan nilai resistivitas diatas 11,7 Ωm merupakan manifestasi berupa fumarole dan lapisan dengan nilai resistivitas 6,43 Ωm yang terdapat dilapisan permukaan merupakan manifestasi berupa mata air panas. Resistivitas terendah yaitu 1,42 Ωm merupakan nilai konduktivitas tertinggi yang terkait dengan sumber panas bumi.

Lintasan 2 berada diujung hulu dengan ketinggian 1227 dpl, disini tidak banyak ditemukan mata air yang

keluar dipermukaan dan manifestasi berupa tanah dan batu panas. Resistivitas 3,14 – 8,65 Ωm mulai dari permukaan sampai pada kedalaman 9,26 m. Pada kedalaman di bawah 9,24 sampai 12,4 m di dominasi dengan resistivitas 0,81 sampai 1,14 Ωm yang merupakan nilai resistivitas terendah dan paling konduktif.

Lintasan Dua Daerah Panas Bumi Sibual-buali

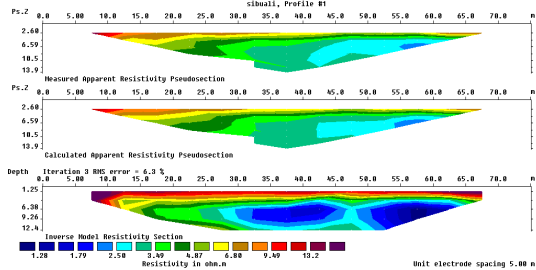


Gambar 3. Lintasan Dua Daerah Panas Bumi Sibual-buali

Lintasan 1 dan 2 berada pada daerah yang lebih rendah karena daerah ini merupakan daerah longsor terlihat pada batuan dinding sungai yang runtuh dan posisi ini seharusnya lebih tinggi dibanding dengan daerah lintasan 3 dan 4 yang berada di bawah menuju kaki gunung.

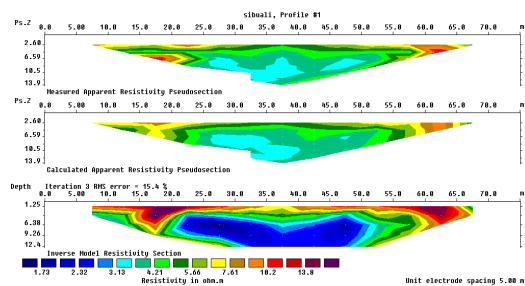
Lintasan 3 dan 4 berada pada lokasi yang sama dengan ketinggian 1256 -1258 dpl, dengan arah lintasan saling berpotongan dengan kedalaman 12,40 m. Lintasan 3 terdapat anomali resistivitas yang cukup kecil dengan nilai 1,28 Ωm – 13,20 Ωm dengan arah lintasan Barat laut-Tenggara yang diduga sebagai sistem hidrotermal dan nilai yang sangat konduktif pada kedalaman 6,38 – 12,40 m. Pada permukaan sampai pada batas 3 m resistivitas bernilai 9,49 sampai 13,20 Ωm yang terkategori sedang yang berasosiasi dengan

batuan basalt. Manifestasi yang tampak pada permukaan berupa tanah dan batu hangat, batuan permukaan hitam seperti habis terbakar dan beberapa pemunculan fumarola disekitar lintasan.



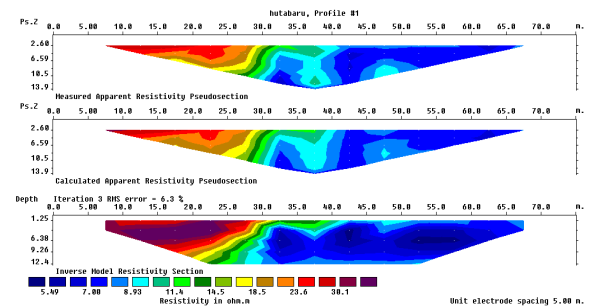
Gambar 4. Lintasan Tiga Daerah Panas Bumi SiBual-buali

Lintasan 4 memiliki nilai resistivitas 1,73 – 13,8 Ωm dengan arah lintasan Barat laut – Tenggara yang diduga sebagai sistem hidrotermal dan nilai yang sangat konduktif pada kedalaman 6,38 m. Lintasan 3 dan 4 terdapat anomali resistivitas yang sangat jelas pada kedalaman 3 m dengan nilai resistivitas yang sangat kecil yaitu < 10 Ωm . Nilai resistivitas ini diduga berkaitan dengan sumber panas bumi (Lenat, 1995), dimana semakin kecil nilai resistivitas, maka konduktivitas suatu bahan akan semakin besar. Pada resistivitas 10,2-13,8 Ωm lapisan ini merupakan lapisan batuan basalt ($10 - 1 \times 10^7 \Omega\text{m}$) dengan manifestasi berupa tanah hangat dan batu hangat serta fumarole .



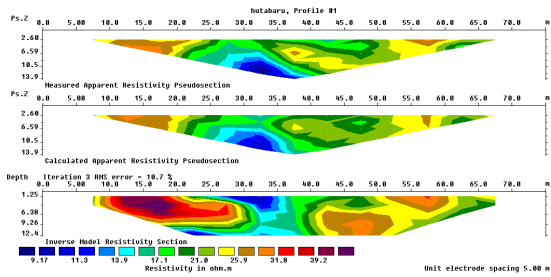
Gambar 5. Lintasan Empat Daerah Panas Bumi SiBual-buali

Lintasan 5, 6 dan 7 merupakan daerah di kaki gunung Sibual-buali yang dikenal dengan nama pemandian Aek milas atau tepatnya di daerah Sosopan. Untuk lintasan lima nilai resistivitas diposisi elektroda 0-5 atau 0 - 25 m dari titik awal elektroda memiliki nilai resistivitas 11,4 – 30,1 Ωm yang merupakan daerah dengan resistivitas sedang yang merupakan jenis batuan basalt ($10 - 1 \times 10^7 \Omega\text{m}$) sesuai dengan hasil yang diperoleh oleh Pramulyana (2011) bahwa gunung Sibual-buali memiliki jenis batuan basalt, andesit, basaltik dan dasit. Untuk nilai resistivitas 5,49-8,94 Ωm merupakan daerah yang terkategori resistivitas rendah yang merupakan daerah *aquifer* air karena pada lintasan 5 merupakan daerah persawahan yang memiliki sumber air panas yang disalurkan ke bak pemandian.



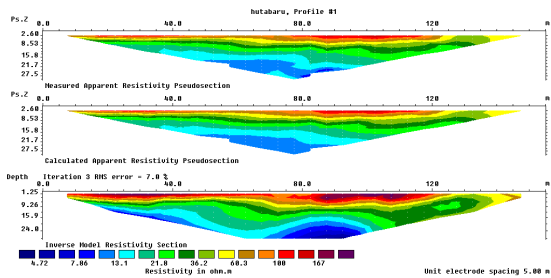
Gambar 6. Lintasan Lima Daerah Panas Bumi Sosopan

Lintasan 6 merupakan daerah ujung awal dari sambungan elektroda di kaki gunung Sibual-buali yang dikenal dengan nama pemandian Aek milas atau tepatnya di daerah Sosopan. Nilai resistivitas untuk Intasan 6 dengan nilai resistivitas 9,17 – 39,2 Ωm yang merupakan daerah dengan resistivitas sedang yang merupakan jenis batuan basalt ($10 - 1 \times 10^7 \Omega\text{m}$).



Gambar 7. Lintasan Enam Daerah Panas Bumi Sosopan

Lintasan 7 memiliki nilai resistivitas 4,72 – 167 Ωm yang merupakan daerah dengan resistivitas campuran tertinggi, sedang dan rendah yang merupakan jenis batuan basalt ($10 - 1 \times 10^7 \Omega\text{m}$). Untuk kedalaman 15,9 nilai resistivitas 4,72 - 7,86 Ωm merupakan daerah yang terkategori resistivitas rendah yang merupakan daerah *aquifer* air. Untuk daerah permukaan 0 - 9,26 m merupakan jalan lintasan Sipirok – Padang Sidempuan



Gambar 8. Lintasan Tujuh Daerah Panas Bumi Sosopan

4. KESIMPULAN

Dari penelitian dan pembahasan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Sampel air yang berasal dari sumber air panas yang berada di aliran sungai, sumber mata air dan aliran sungai Sibual-buali berturut-turut memiliki nilai

konduktivitas 958 μs ; 2,84 ms, dan 1078 μs . Sumber mata air panas berupa mata air memiliki konduktivitas tertinggi dan pH 1,9 disebabkan belum bercampur dengan air permukaan.

2. Lintasan 1 dan 2 adalah lintasan yang berada di tepi aliran hulu sungai dengan arah tenggara-barat laut. Nilai resistivitas yang diperoleh pada lintasan 1 memiliki resistivitas 1,42 – 11,7 Ωm pada kedalaman 0 - 12,4 m dan tergolong memiliki nilai resistivitas rendah. Pada kedalaman 6,38- 12,4 m didominasi dengan nilai resistivitas 1,42 – 2,60 Ωm diperkirakan sebagai daerah berkaitan dengan kontak sumber panas bumi yang dibatasi oleh *fresh water* atau *aquifer* air atau jenis tanah lempung, Lintasan 2 memiliki resistivitas 3,14 – 8,65 Ωm mulai dari permukaan sampai pada kedalaman 9,26 m. Pada kedalaman di bawah 9,24 sampai 12,4 m didominasi dengan resistivitas 0,81 sampai 1,14 Ωm yang merupakan nilai resistivitas terendah dan paling konduktif.
3. Lintasan 3 dan 4 berada pada lokasi yang sama dengan ketinggian 1256 -1258 dpl, dengan arah lintasan saling berpotongan dengan kedalaman 12,40 m. Lintasan 3 terdapat anomali resistivitas yang cukup kecil dengan nilai 1,28 Ωm – 13,20 Ωm dengan arah lintasan Barat laut–Tenggara yang diduga sebagai sistem hidrotermal dan nilai yang sangat konduktif pada kedalaman 6,38 – 12,40 m. Pada permukaan sampai pada batas 3 m resistivitas bernilai 9,49 sampai 13,20 Ωm yang terkategori sedang yang berasosiasi dengan batuan

basalt. Lintasan 4 memiliki nilai resistivitas 1,73 – 13,8 Ωm diduga sebagai sistem hidrotermal dan nilai yang sangat konduktif pada kedalaman 6,38 m.

4. Lintasan 5, 6 dan 7 merupakan daerah di kaki gunung Sibual-buali . Untuk lintasan lima nilai resistivitas diposisi elektroda 0-5 atau 0 - 25 m dari titik awal elektroda memiliki nilai resistivitas 11,4 – 30,1 Ωm yang merupakan daerah dengan resistivitas sedang yang merupakan jenis batuan basalt ($10 - 1 \times 10^7 \Omega\text{m}$). Untuk nilai resistivitas 5,49- 8,94 Ωm merupakan daerah yang terkategori resistivitas rendah yang merupakan daerah *aquifer* air. Lintasan 6 memiliki nilai nilai resistivitas 9,17 – 39,2 Ωm yang merupakan daerah dengan resistivitas sedang yang merupakan jenis batuan basalt ($10 - 1 \times 10^7 \Omega\text{m}$). Nilai resistivitas untuk lintasan 6 dengan nilai resistivitas 9,17 – 39,2 Ωm yang merupakan daerah dengan resistivitas sedang yang merupakan jenis batuan basalt ($10 - 1 \times 10^7 \Omega\text{m}$). Lintasan 7 memiliki nilai resistivitas 4,72 – 167 Ωm yang merupakan daerah dengan resistivitas campuran tertinggi, sedang dan rendah yang merupakan jenis batuan basalt ($10 - 1 \times 10^7 \Omega\text{m}$) .Untuk kedalaman 15,9 nilai resistivitas 4,72 - 7,86 Ωm merupakan daerah yang terkategori resistivitas rendah yang merupakan daerah *aquifer* air.

5. DAFTAR PUSTAKA

Abidin Zainal, 1996, *Penentuan Suhu Reservoir Panas Bumi Dengan*

Metode Geotermometer. Aplikasi Isatop dan Radiasi BATAN

Amir, 2005, *The Role of Pertamina in Geothermal Development in Indonesia.* Publication of Pertamina Geothermal Division.

Badan Pengawas Statistik, 2010, *Pangururan,* <http://sumut.bps.go.id/samosir/publikasi/keda-pangururan>, Diakses tanggal 5 oktober 2010

Hueges, 2010, *Geothermal Energy System,* Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.KgaA, Weinheim.

Mutlu, dan Kılıc, 2009, *Geothermometry Applications For The Balikesir Thermal Waters,Turkey,* Environ Geol (2009) 56:913–920 Springer-Verlag 2008

Linckens , J., 2011, *Linking Temperature Estimates And Microstructures In Deformed Polymineralic Mantle Rocks,* AGU and Geochemical Society Volume 12, Number 810 August 2011

Miryani, 1992, *Teknik Panas Bumi:* <http://www.dim.esdm.go.id/> Diakses Tanggal 2 Juni 2010

Notodisuryo Endro Utomo, 1997, *Visi Energi Dalam PJP II,* UGM, Yogyakarta <http://www.elektroindonesia.com> . Diakses tanggal 11 November 2010

- Pramulyana, Oktory, 2011, *Batuan Gunungapi Sibual-buali Sumatera Utara*, Buletin Vulkanologi dan Bencana Geologi, Vol. 6 No. 1 April hal. 19-29.
- Santoso, D. 2002, *Pengantar Teknik Geofisika*. Bandung: Departemen Teknik Geofisika ITB.
- Sundhoro ; Lim ; Setiadarma , dan Sulaeman, 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 Mei 2010.
- Sundhoro; Bakrun; Sulaeman; Situmorang , 2005, *Survey Panas Bumi Terpadu (Geologi, Geokimi dan Geofisika) Daerah Hu'u Kabupaten Dompur, Provinsi Nusa Tenggara Barat*. Subdit Panas Bumi, Kolokium Hasil Lapangan-DIM.
- Telford, W. M., Geldart, L. P., Sheriff, R. E., dan Keys D. A., 1976, *Applied Geophisich*. London: Cambridge University Press.
- Utami, 2000, *Characteristics Of The Kamojang Geothermal Reservoir (West Java) As Revealed By Its Hydrothermal Alteration Minerology*, Proceeding World Geothermal Congress 2000, Kyushu-Tohoku, Japan, May 28 June 10,2000
- Wuryantoro, 2007, *Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis Untuk Menentukan Letak dan Kedalaman Aquifer Air Tanah*, FMIPA,Unnes, Semarang.
- Wahyuningsih Rina, 2005, *Potensi dan Wilayah Kerja Pertambangan Panas Bumi Indonesia*, Subdit Panas Bumi, Kolokium Hasil Lapangan-DIM.
- Widodo Sri, Bakrun, Iim Dede, 2007, *Penyelidikan Geolistrik Dan Head On Di Daerah Panas Bumi Sampuraga, Mandailing Natal – Sumatera Utara*, Proceeding Pemaparan Hasil Kegiatan Lapangan dan Non Lapangan Tahun 2007 Pusat Sumber Daya Geologi
- Wohletz, Kenneth, dan Grant Heiken, 1992, *Volcanology and Geothermal*, Barkeley : University of California Press.

