

IDENTIFIKASI STRUKTUR BAWAH PERMUKAAN AREA MANIFESTASI PANAS BUMI AIR PANAS PAGUYANGAN BREBES MENGUNAKAN METODE GEOLISTRIK DENGAN KONFIGURASI SCHLUMBERGER

Agnis Triahadin dan Agus Setyawan

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

E-mail: agnistriahadini@yahoo.co.id

ABSTRACT

Geothermal systems as the renewable energy can be indicated by the presence of surface manifestations, such as hot spring water in the Kedungoleng village, Paguyangan Brebes. The hot spring water temperature reaches 74^o C is the outflow zone of Mount Slamet geothermal system. Resistivity method is one of the geophysical methods to study subsurface structures based on the electrical properties of rocks. The purpose of this study is to identify the subsurface geological structure in the area of geothermal manifestations Paguyangan based on resistivity method using Schlumberger configuration.

Data acquisition process was performed by 5 sounding points with a length of 400 metre for each points. The field data consist of current, voltage and apparent resistivity were processed using inversion method from IPI2Win software to determine the true resistivity values. Rock lithology and geological structure were analyzed by correlating resistivity and local geological information.

The lithology of research area are topsoil with the resistivity is 9,91 to 114 ohm-metre then Sandstones with the resistivity is 0,756 to 6,91 ohm-metre. The next is Shale with the resistivity is 45,1 to 107 ohm-metre and Marl is 31 to 92,3 ohm-metre. The hot spring water is controlled by fault structure which a detected dept approximately 130 metre. Moreover, the Sandstone roles as permeable layer which contains the thermal fluid.

Keywords: *Fault, geothermal, lithology, Paguyangan, resistivity, and Schlumberger*

ABSTRAK

Sistem panasbumi sebagai salah satu energi terbarukan dapat diindikasikan dengan adanya manifestasi di permukaan, seperti air panas di Desa Kedungoleng, Kecamatan Paguyangan, Kabupaten Brebes. Air panas bersuhu mencapai 74^o C ini diduga merupakan zona outflow panasbumi Gunung Slamet. Metode geolistrik tahanan jenis adalah salah satu metode geofisika untuk mempelajari struktur bawahpermukaan bumi berdasarkan sifat kelistrikan batuan, yaitu resistivitas. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi struktur geologi bawahpermukaan di area manifestasi panasbumi Paguyangan dengan menggunakan metode geolistrik konfigurasi Schlumberger.

Pengambilan data dilakukan sebanyak 5 titik sounding dengan bentangan masing-masing 400 m. Data lapangan berupa arus, tegangan dan tahanan jenis semu diolah dengan metode inversi yang dilakukan oleh software IPI2Win sehingga menghasilkan tahanan jenis sebenarnya. Lithologi batuan dan struktur geologi dianalisis dengan menghubungkan tahanan jenis batuan dan informasi geologi setempat.

Lithologi batuan yang diidentifikasi berupa topsoil dengan tahanan jenis 9,91-114 ohm-meter kemudian Serpih dengan tahanan jenis 45,1-107 ohm-meter, selanjutnya adalah Batupasir dengan tahanan jenis 0,756-6,91 ohm-meter dan Napal dengan tahanan jenis 31-92,3 ohm-meter. Hasil penelitian menunjukkan adanya struktur sesar naik yang diduga sebagai pengontrol manifestasi yang terdeteksi hingga mencapai kedalaman 130 meter. Lithologi lapisan batuan permeable sebagai pembawa fluida thermal adalah Batupasir.

Kata kunci: *Lithologi, Paguyangan, panasbumi, tahanan jenis, Schlumberger dan sesar*

PENDAHULUAN

Gunung Slamet yang merupakan salah satu gunung api aktif di Jawa Tengah yang menyimpan potensi energi panasbumi. Manifestasi-manifestasi terkenal yang muncul bisa dijumpai berupa *mata air panas* di daerah Guci, Tegal dan Baturaden, Purwokerto. Potensi

cadangan Panasbumi di kawasan ini diperkirakan mencapai 175 Mwe [1]. Manifestasi lainnya adalah mata air panas yang terletak di Kecamatan Paguyangan dan Kecamatan Bantarkawung, Kabupaten Brebes yang keduanya terletak di sebelah barat tubuh Gunung Slamet Tua [2]. Pemanfaatan secara

langsung (*direct use*) sudah dilakukan yaitu sebagai obyek wisata pemandian air panas.

Penelitian yang pernah dilakukan adalah penelitian potensial diri di Bantakawung dan Guci oleh Tim Prospek Panasbumi Dit. Vulkanologi pada tahun 1990, tetapi tidak dipublikasikan. Studi mengenai pengaruh struktur geologi pada Gunung Slamet Tua dimana manifestasi Paguyangan dan Bantarkawung mengikuti pola patahan yang memotong tubuh Gunung Slamet Tua berarah Baratlaut-Tenggara [2].

Berdasarkan penelitian geokimia [3] tipe fluida daerah tersebut adalah bikarbonat yang menunjukkan zona *outflow* hasil interaksi akitivitas vulkanik dengan struktur geologi sebagai pengontrolnya.

Penelitian metode geofisika perlu dilakukan untuk mempelajari struktur dan sistem panasbumi di Paguyangan karena masih sedikitnya penelitian menggunakan metode geofisika di area tersebut. Salah satu metode geofisika yang dapat digunakan adalah dengan metode geolistrik. Metode geolistrik tahanan jenis yang digunakan secara umum dapat menggambarkan struktur bawahpermukaan di area manifestasi panasbumi untuk mendapatkan nilai resistivitas bawahpermukaan. Pada sistem panasbumi, harga tahanan jenis akan bervariasi yang dapat menunjukkan adanya zona bersifat konduktif [4] atau adanya struktur pengontrol keluarnya manifestasi.

Penelitian ini bertujuan untuk memodelkan struktur bawahpermukaan di area manifestasi Panasbumi Paguyangan berdasarkan data tahanan jenis dengan konfigurasi Schlumberger. Kemudian mengidentifikasi susunan batuan atau lithologi daerah penelitian dan mengidentifikasi lapisan batuan yang berperan sebagai lapisan permeabel atau yang mampu meloloskan air. Pemilihan metodegeolistrik dikarenakan akuisisi yang relatif mudah dan murah serta cocok untuk target yang tidak terlalu dalam. Pada penelitian ini, metode tahanan jenis yang digunakan menggunakan konfigurasi *Schlumberger* satu dimensi untuk mengidentifikasi struktur di area manifestasi panasbumi Paguyangan, Brebes.

Karakteristik Geologi Daerah Penelitian

Daerah penelitian terletak di sekitar area manifestasi mata air panas Paguyangan. Batuan penyusun daerah penelitian didominasi oleh batuan sedimen berumur tersier. Titik *sounding* pengambilan data 80% terletak pada formasi batuan sedimen tersier, yaitu Formasi Rambatan (Tmr) dan sisanya terletak pada batuan Hasil Endapan Gunung Slamet (Qls)

Beberapa batuan penyusun formasi dari yang tertua hingga yang termuda (gambar 1) pada area penelitian ini adalah [5]

- **Formasi Rambatan (Tmr)**

Formasi batuan ini terdiri dari batuan sedimen, yaitu batu serpih, napal (marl), dan batupasir gampingan berwarna kelabu muda. Banyak dijumpai lapisan tipis kalsit yang tegak lurus bidang perlapisan. Ketebalan formasi ini sekitar 300 m.

- **Formasi Halang (Tmph dan Tmh)**

Formasi batuan ini terdiri dari batu pasir dengan fragmen batuan andesit, konglomerat, tuff dan napal dengan sisipan batu pasir Formasi Halang mulai terbentuk. Penyebaran batuan ini diduga membentuk antiklin dengan membentuk gejala pembalikan morfologi yang dimana sumbu antiklin pada

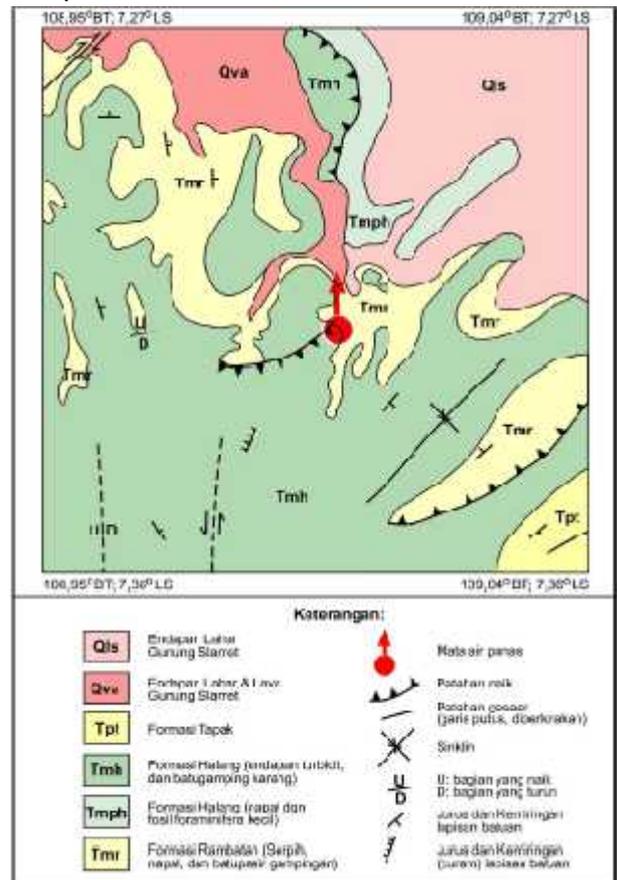
posisi elevasi rendah dan berimpit dengan sesar naik [6].

• **Endapan Lahar G. Slamet (Qls) :**

Lahar dengan bongkahan batuan gunung api, bersusunan andesit-basal, bergaris tengah 10 -50 cm, dihasilkan oleh G. Slamet Tua. Sebarannya secara umum meliputi daerah datar.

Pada daerah penelitian terdapat manifestasi panasbumi berupa air panas. Terdapat 3 sumber air panas yang masing-masing memiliki ukuran dan suhu yang berbeda (74⁰ C dan 72⁰ C) (Gambar 1 dan Gambar 2). Ketiga air panas ini berada pada satu garis lurus dengan jarak masing-masing ±10 m. Kelurusan ketiga manifestasi ini yang mengindikasikan adanya sesar.

Daerah penelitian dikelilingi oleh beberapa struktur geologi yang tersingkap di permukaan. Kenampakan di permukaan di antaranya berupa perbukitan dan percabangan anak sungai. Secara lebih rinci, Struktur geologi di daerah penelitian terdiri dari sesar geser (*Strike Slip Fault*), sesar normal, sesar naik (*Thrust fault*) dan sinklin. (Gambar 3).



Gambar 3. Peta geologi regional area penelitian [3]



Gambar 1. Air panas 1 (MAP 1) (suhu 74⁰C)



Gambar 2. Air panas 2 (MAP 2) (suhu 72⁰C)

Metode Geolistrik

Geolistrik adalah salah satu metode geofisika dengan memanfaatkan aliran arus listrik DC (*Direct Current*) yang diinjeksikan ke dalam tanah untuk mengetahui perubahan tahanan jenis (resistivitas) lapisan batuan di bawah permukaan. Pengukuran dilakukan di atas permukaan tanah dengan menginjeksikan arus melalui dua elektroda penghantar arus (C1 dan C2) kemudian mencatat beda potensial yang terukur dari dua elektroda potensial (P1 dan P2) [7].

Hasil pengukuran geolistrik memberikan informasi tentang distribusi tahanan jenis bawah permukaan. Harga tahanan jenis batuan ditentukan oleh masing-masing tahanan jenis unsur batuan [8]. Semakin besar spasi elektroda maka efek penembusan arus ke bawah semakin dalam,

sehingga batuan yang lebih dalam akan dapat diketahui sifat-sifat fisisnya. Tahanan jenis bawah permukaan berhubungan dengan berbagai parameter geologi, misalnya kandungan mineral dan fluida, porositas, dan derajat saturasi air dalam batuan [9].

Nilai tahanan jenis yang terukur di lapangan dinamakan resistivitas semu dengan asumsi di bawah permukaan terdiri dari satu lapisan homogen. Persamaan yang menunjukkan nilai resistivitas semu dapat dilihat pada persamaan 1 [9]:

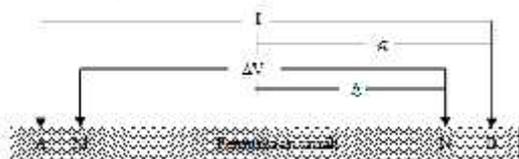
$$\rho_a = k \frac{V}{I} \tag{1}$$

(1)

(2.1)

ρ_a dalam satuan ohm merupakan tahanan jenis semu (*apparent resistivity*), k merupakan faktor geometri yang bergantung pada susunan elektroda (konfigurasi), I dalam miliampere merupakan arus yang diinjeksikan dan V dalam volt adalah beda potensial yang terukur. Resistivitas semu merupakan tahanan jenis dari suatu medium fiktif homogen yang ekuivalen dengan medium berlapis yang ditinjau [9].

Pada penelitian ini digunakan konfigurasi *Schlumberger*, seperti pada gambar 1. di bawah ini. Elektroda arus dipindah-pindah sesuai jarak tertentu sampai hasil beda potensial sudah dianggap kecil. Konfigurasi *Schlumberger* bertujuan untuk mengukur beda potensial V menggunakan pasangan elektroda potensial yang berjarak rapat. Konfigurasi ini dapat mendeteksi inhomogenitas di permukaan dengan elektroda potensial tetap.



Gambar 4. Konfigurasi elektroda *Schlumberger*[8].

Faktor geometri untuk konfigurasi *Schlumberger* dapat ditentukan melalui persamaan 2 sehingga diperoleh:

$$K_S = \frac{2\pi}{\frac{1}{a-b} - \frac{1}{a+b} - \frac{1}{a+b} - \frac{1}{a-b}}$$

$$K_S = \pi \frac{a^2 - b^2}{2b} \tag{2}$$

dengan K_S adalah faktor geometri untuk konfigurasi *Schlumberger*, a adalah jarak elektroda arus ke pusat susunan elektroda, dan b adalah jarak elektroda potensial ke pusat susunan elektroda. Dari persamaan (2), dengan mengetahui harga V , I , dan K_S (faktor geometri) dari persamaan (2) maka persamaan harga tahanan jenisnya dapat diketahui

$$\rho = K_S \frac{\Delta V}{I} \tag{3}$$

METODE PENELITIAN

Proses akuisisi data dilakukan pada tanggal 3-4 Mei 2014 di area manifestasi air panas Desa Kedungoleng, Kec. Paguyangan, Kab. Brebes. Adapun detail lokasi setiap titik tersaji dalam tabel 1.

Tabel 1. Lokasi titik *sounding*

Titik <i>Sounding</i>	Lintang (UTM)	Bujur (UTM)
1	9190407.37	280125.35
2	9189919.86	279667.35
3	9290036.46	280323.34
4	9190778.00	280332.00
5	9190861.70	282350.10

Akuisisi data menggunakan peralatan *resistivitymeter* merek Naniura tipe NRD 22S. Konfigurasi elektroda yang digunakan adalah *Schlumberger* sebanyak 5 titik *sounding* dengan panjang spasi elektroda arus (AB) maksimum 400 m.

Data lapangan yang diperoleh berupa nilai beda potensial V , arus I dan tahanan jenis semu selanjutnya diolah dengan metode inversi di dalam paket program *IPI2win* sehingga didapat nilai tahanan jenis asli dan ketebalan setiap lapisan. Selanjutnya dilakukan proses interpretasi dengan membuat model pendugaan penampang bawahpermukaan 2 dimensi untuk selanjutnya diinterpretasikan jenis batuan setiap lapisan berdasarkan korelasi nilai tahanan jenis

dengan informasi geologi. Titik 5 selanjutnya tidak akan turut diinterpretasikan karena terletak pada formasi batuan yang berbeda.

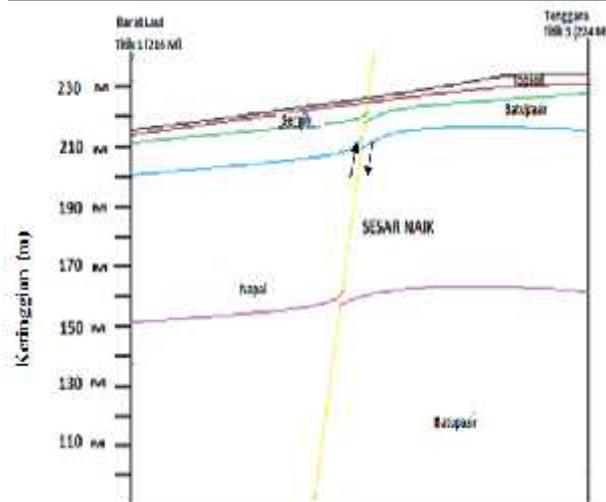
HASIL DAN PEMBAHASAN

Interpretasi Penampang Lintasan I

Penampang bawahpermukaan lintasan I dibuat dengan menghubungkan titik 1 dan titik 3 berdasarkan ketebalan dan tahanan jenis setiap lapisan batuan pada setiap titik. Hasil interpretasi jenis batuan, ketebalan (h) dan tahanan jenis (ρ) setiap lapisan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Susunan lithologi bawahpermukaan lintasan I

Lapisan	d (m)	ρ (m)	Lithologi
1	1,57-2,12	93,8-114	Topsoil
2	2,9-5,56	73,6 -107	Serpih
3	10,2-16	1,58-4,26	Batupasir
4	50-51,8	91,6– 92,3	Napal
5	~	3,87-6,91	Batupasir

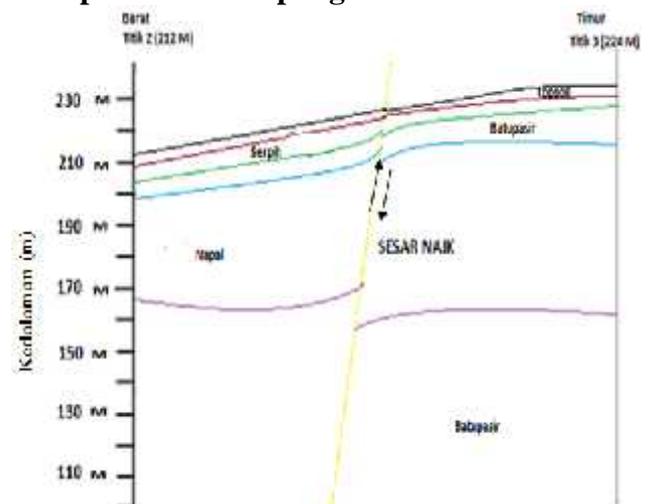


Gambar 4. Pemodelan penampang bawahpermukaan lintasan I dengan sumbu-y adalah ketinggian dari permukaan laut dalam meter

Pada lintasan I diduga terdapat 5 perlapisan batuan, yaitu: *Topsoil*, Serpih, Batupasir, Napal dan Batupasir. Lapisan Batupasir diduga mempunyai sifat permeabilitas yaitu kemampuan batuan atau tanah untuk melewati atau meloloskan air. Hal ini diperkuat dengan nilai tahanan jenis yang relatif lebih rendah daripada lapisan lain yang mengindikasikan bahwa pori-pori batuan terisi fluida seperti yang pernah diteliti oleh Azwar [10] mengenai pemodelan

lapisan permeabel dengan data tahanan jenis. Selain itu, Batupasir merupakan batuan yang paling banyak berperan sebagai reservoir (sekitar 60% reservoir di dunia) yang bersifat permeabel, karena Batupasir merupakan batuan yang renggang (*loose*) tapi padat (*compact*) [11]. Struktur berupa sesar naik yang diidentifikasi pada lintasan ini diduga berperan sebagai pengontrol manifestasi.

Interpretasi Penampang Lintasan II



Gambar 5. Pemodelan penampang bawahpermukaan lintasan II dengan sumbu-y adalah ketinggian dari permukaan laut dalam meter

Titik 2 dan titik 3 dihubungkan untuk membuat lintasan II. Ketebalan dan tahanan jenis tiap lapisan di titik 2 dan titik 3 dihubungkan dan diinterpretasikan berdasarkan korelasi informasi geologi. Hasil interpretasi jenis batuan, ketebalan (h) dan tahanan jenis (ρ) setiap lapisan dapat dilihat pada tabel 3. Pada lintasan ini diduga terdapat 5 perlapisan batuan (lithologi) yang terdiri dari *Topsoil*, serpih, Batupasir, Napal dan Batupasir.

Sama seperti pada lintasan I, lapisan Batupasir diduga berperan sebagai lapisan permeabel. Lapisan ini merupakan lapisan yang mampu meloloskan air panas. Pori-pori Batupasir terisi fluida sehingga tahanan jenisnya relatif lebih rendah dibandingkan

lapisan lain. Struktur sesar yang terdapat di lintasan ini diduga mengontrol keluarnya air panas ke permukaan. Hal ini didukung dengan informasi geologi bahwa terdapat sesar naik pada daerah penelitian.

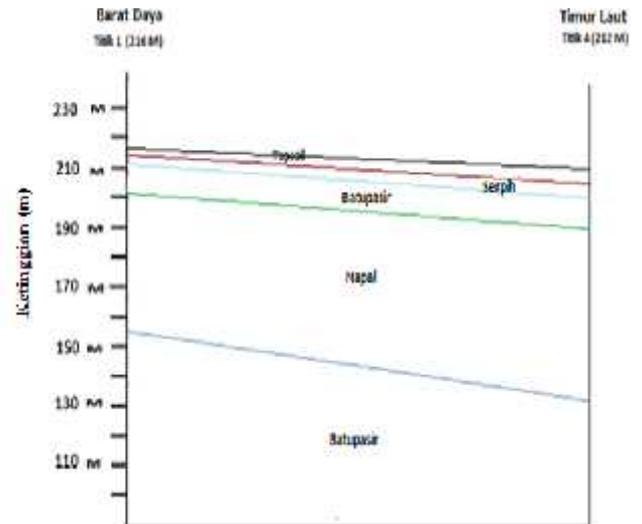
Tabel 3. Susunan lithologi bawah permukaan lintasan II

Lapisan	<i>d</i> (m)	(m)	Lithologi
1	2,12-2,59	9,91-114	Topsoil
2	2,13 – 5,56	45,1 -107	Serpih
3	7,89 – 16	1,58-1,65	Batupasir
4	31,8-51,8	34– 92,3	Napal
5	~	1,28-3,87	Batupasir

Interpretasi Penampang Lintasan III

Titik 1 dan titik 4 dihubungkan untuk membuat lintasan III. Ketebalan dan tahanan jenis tiap lapisan di titik 1 dan titik 4 dihubungkan dan diinterpretasikan berdasarkan korelasi informasi geologi. Hasil interpretasi jenis batuan, ketebalan (*h*) dan tahanan jenis () setiap lapisan dapat dilihat pada tabel 3.

Sama seperti pada lintasan sebelumnya, lapisan Batupasir diduga berperan sebagai lapisan permeabel. Lapisan ini merupakan lapisan yang mampu meloloskan air panas. Pori-pori Batupasir terisi fluida sehingga tahanan jenisnya relatif lebih rendah dibandingkan lapisan lain. Struktur sesar tidak ditemukan pada lintasan ini dikarenakan lintasan ini tidak memotong sesar. Ketiga lintasan terletak pada satu formasi batuan yang sama sehingga jenis batumannya juga sama. Pada lintasan ini diduga terdapat 5 perlapisan batuan (lithologi) yang terdiri dari *Topsoil*, serpih, Batupasir, Napal dan Batupasir.



Gambar 6. Pemodelan penampang bawah permukaan lintasan 3 dengan sumbu-y adalah ketinggian dari permukaan laut dalam meter

Tabel 4. Susunan lithologi bawah permukaan lintasan III

Lapisan	<i>d</i> (m)	(m)	Lithologi
1	1,57-3,04	80,9-93,8	Topsoil
2	2,9-3,98	73,6-87,9	Serpih
3	10-10,2	3,74-4,26	Batupasir
4	50-64,1	77,3-92,3	Napal
5	~	2,82-6,91	Batupasir

KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian ini dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut :

1. Hasil pemodelan menggunakan data tahanan jenis dari metode geolistrik dengan konfigurasi *Schlumberger* diperoleh struktur yang menyebabkan keluarnya manifestasi panasbumi di permukaan berasal dari adanya struktur berupa sesar naik.
2. Lithologi batuan pada daerah penelitian yang dapat diidentifikasi berupa *topsoil* dengan tahanan jenis 9,91-114 m kemudian Serpih dengan tahanan jenis 45,1-107 m, Lithologi tersebut tersusun berselingan karena proses sedimentasi berulang.
3. Batupasir yang terdapat pada formasi batuan daerah penelitian berperan sebagai lapisan

batuan yang mampu meloloskan air atau lapisan *permeable*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sehad dan Raharjo, S.A., 2011, *Survei Metode Self Potential Menggunakan Elektroda Pot Berpori Untuk Mnedeteksi ALIRAN Fluida Panas Bawahpermukaan DI Kawasan Baturaden Kabupaten Banyumas Jawa Tengah, Purwokerto*, Jurnal Fisika FLUX, Vol. 8 No.1, Februari 2011 hlm.7-11, UNSOED.
- [2] Widagdo, A., Candra, A., Iswahyudi, S. dan Abdullah, C.I., 2013, *Pengaruh Struktur Geologi Gunung Slamet Muda dan Tua Terhadap Pola Sebaran Panasbumi*, *Proceeding 4th Industrial Research Workshop and National Seminar 2013*, Politeknik Negeri Bandung.
- [3] Iswahyudi S, Widagdo A, Subana, dan Herdianita N.R, 2013, *Outflow Zone Indication Of Geothermal System In Paguyangan Hotspring, Brebes*, Central Java, *Proceeding 2nd Geothermal Workshop March 4-8 2013* ITB, Bandung.
- [4] Karyanto, Wahyudi, Setiawan, A. dan Sismanto, 2011, *Identifikasi Zona Konduktif Di Daerah Prospek Panasbumi Larike Ambon Maluku*, Jurnal Sains Mipa Vo. 17 No.2, Agustus 2011, ISSN 1978-1873.
- [5] Djuri M.H, Samodra T.C, Amin S dan Gafoer, 1996, *Peta Geologi Lembar Purwokerto dan Tegal Skala 1:100,000*, Bandung, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- [6] Putrohari, R.D., 2013, *Evaluasi Ringkas Geologi Waduk Penjalin*, lampiran 2 Press release IAGI Februari 2013.
- [7] Broto, S. dan Afifah, R.S., 2008, *Pengolahan Data Geolistrik Dengan Metode Schlumberger*, Jurnal *TEKNIK* Vol. 29 No. 2 Tahun 2008 ISSN 0852-1697, UNDIP.
- [8] Telford, M.W., Geldart L.P, Sheriff R.E, Keys D.A, 1990, *Applied Geophysics*, USA, Cambridge University Press.
- [9] Loke, M.H., 2000, *Electrical Imaging Surveys For Environmental And Engineering, Studies A Practical Guide To 2-D And 3-D Surveys*, Standford University Press.
- [10] Azwar, H., 2009, *Pemodelan Lapisan Air Tanah Dalam (Akuifer) Di Desa Tegalrojo Kab. Demak Berdasarkan Data Tahanan Jenis, Skripsi*, Prodi Fisika, Fakultas Sains dan Teknik, UIN Syarif Hidayatullah Jakarta.
- [11] Nurwidiyanto, M.I., Yustian, M.dan Widada, S., 2006, *Pengaruh Ukuran Butir Terhadap Porositas Dan Permeabilitas Pada Batupasir* (Studi Kasus: Formasi Ngrayong, Kerek, Ledok Dan Selorejo), Semarang, Berkala Fisika Vol. 9, No.4, Oktober 2006, hlm 191-195, Universitas Diponegoro.