

Identifikasi Sebaran Aliran Air Bawah Tanah (*Groundwater*) dengan Metode *Vertical Electrical Sounding (VES)* Konfigurasi *Schlumberger* di Wilayah Cepu, Blora Jawa Tengah

Romandah Kusuma Nur Febriana¹, Eko Minarto¹, dan FX Yudi Tryono²

¹Departemen Fisika, Fakultas MIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

²Pengembangan Potensi Sumber Daya Alam Migas Cepu, Jl. Sorogo No.1 Cepu, Karangboyo, Blora, Kabupaten Blora, Jawa Tengah 58315

e-mail: e.minarto@googlemail.com

Abstrak — Penelitian Tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui letak kedalaman serta potensi adanya air bawah tanah, untuk mengetahui letak sebaran air bawah tanah, dan untuk mengetahui karakteristik lapisan batuan bawah tanah di wilayah Cepu, Kabupaten Blora, Jawa Tengah. Untuk mendapatkan informasi ini dilakukan pengukuran geolistrik tahanan jenis *Vertical Electrical Sounding (VES)* konfigurasi *Schlumberger*. Penelitian ini dilakukan menyebar di seluruh wilayah Kecamatan Cepu, Kabupaten Blora dengan delapan titik pengukuran. Data yang dihasilkan saat pengukuran diolah menggunakan software IPI2WIN dan PROGRESS V 3.0 dengan menghasilkan kurva *matching 1D*. Dari pengukuran dan interpretasi yang telah dilakukan dapat diperoleh hasil yaitu potensi adanya air bawah tanah berada pada kedalaman 40 m sampai 60 m dari permukaan tanah dengan nilai resistivitas sebesar 0,79-4 Ω m. Sebaran air bawah tanah menyebar dari arah barat menuju ke timur dan titik yang paling banyak mengandung potensi air tanah yaitu pada titik P4 terletak di Desa Karangboyo. Karakteristik penyusun lapisan batuan terdiri atas batu pasir sebagai akuifer, batu lempung sebagai akuifuge, lempung lanau sebagai akuitar dan air tanah.

Kata Kunci— *Akuifer, Geolistrik, Resistivitas, Vertical Electrical Sounding*

I. PENDAHULUAN

KABUPATEN Blora termasuk dataran rendah dan perbukitan dengan ketinggian terendah 30-280 mdpl dan tertinggi 500 mdpl. Selain itu daerah ini merupakan kawasan rangkaian pegunungan kapur. Dan sebagian besar wilayah Kabupaten Blora merupakan daerah krisis air baik untuk air minum maupun untuk air irigasi. Sedangkan pada musim penghujan, rawan terjadi banjir longsor. Pada kenyataannya air merupakan sumber daya alam yang memiliki peranan penting bagi kehidupan. Permasalahan krisis air ini dari waktu ke waktu semakin meningkat dengan beberapa faktor yaitu bertambahnya jumlah penduduk, perluasan kawasan pemukiman, pembukaan lahan baru, pengembangan kawasan industri dll. Pertambahan penduduk yang pesat menyebabkan eksploitasi air bawah tanah meningkat dengan pesat. Oleh

karena itu untuk daerah yang mempunyai sumber air yang kurang perlu mencari dan meneliti daerah permukaan bawah tanahnya. Salah satunya dengan menggunakan metode geofisika yaitu metode geolistrik resistivitas [1].

Batuan merupakan suatu jenis materi yang tersusun dari berbagai mineral, sehingga batuan mempunyai sifat-sifat kelistrikan. Beberapa macam penyusun batuan terdiri dari satu jenis mineral, sebagian kecil dibentuk oleh gabungan mineral dan bahan organik serta bahan-bahan vulkanik. Sifat listrik batuan adalah karakteristik dari batuan jika dialiri arus listrik kedalamnya. Arus listrik ini dapat berasal dari alam itu sendiri akibat adanya ketidakseimbangan atau arus listrik yang sengaja diinjeksikan ke dalam lapisan. Aliran (konduksi) arus listrik di dalam batuan dan mineral digolongkan menjadi 3 macam, yaitu konduksi secara elektronik, konduksi secara elektrolitik dan konduksi secara dielektrik [2].

Metode pengamatan geofisika pada dasarnya adalah mengamati gejala-gejala gangguan yang terjadi pada keadaan normal. Gangguan ini dapat bersifat statik dapat juga bersifat dinamik, yaitu gangguan yang dipancarkan ke bawah permukaan bumi. Metode geolistrik resistivitas merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan dalam eksplorasi geolistrik. Metode ini digunakan untuk menggambarkan keadaan bawah permukaan dengan mempelajari resistivitas listrik dari lapisan batuan di dalam bumi, dimana bumi tersusun atas batuan yang memiliki daya hantar listrik yang berbeda-beda. Pada metode ini arus listrik dialirkan ke dalam lapisan bumi melalui dua buah elektroda potensial. Dengan diketahuinya harga arus potensialnya maka bisa ditentukan nilai resistivitasnya [3].

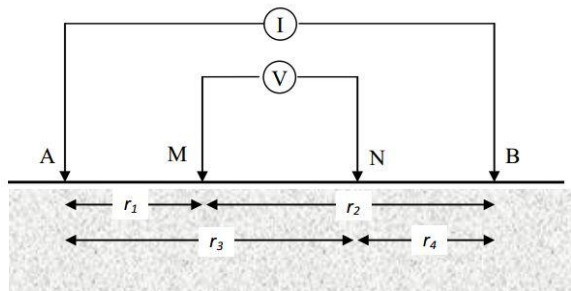
Metode ini didasarkan pada anggapan bahwa bumi mempunyai sifat homogen isotropis. Dengan asumsi ini, tahanan jenis yang terukur merupakan tahanan jenis yang terukur merupakan tahanan jenis yang sebenarnya dan tidak tergantung pada spasi elektroda. Namun pada kenyataannya, bumi terdiri atas lapisan-lapisan dengan tahanan jenis yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Dengan demikian

tahanan jenis yang terukur bukan merupakan harga tahanan jenis untuk satu lapisan saja, terutama untuk spasi elektroda yang lebar. Dalam hal ini yang terukur adalah tahanan jenis semu (*apparent resistivity* ρ_a)[4].

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \tag{1}$$

Data yang diperoleh di lapangan merupakan data nilai resistivitas bawah permukaan. Berdasarkan data tersebut kemudian dilakukan perhitungan inversi sehingga diperoleh variasi resistivitas dari suatu sistem pelapisan tanah yang berasosiasi dengan struktur geologi di bawah permukaan. Berdasarkan nilai resistivitas struktur lapisan bawah permukaan bumi, dapat diketahui jenis material pada lapisan tersebut. Metode geolistrik resistivitas diterapkan dengan menggunakan sumber arus buatan yang diinjeksikan ke dalam tanah melalui ujung-ujung elektroda. Metode geolistrik resistivitas menghasilkan variasi perubahan nilai resistivitas (distribusi resistivitas) baik ke arah horisontal maupun vertikal. Metode geolistrik resistivitas efektif bila digunakan untuk eksplorasi yang sifatnya dangkal [5].

Berdasarkan teknik pengukuran geolistrik, dikenal dua teknik pengukuran yaitu metode geolistrik resistivitas *mapping* dan *sounding (drilling)*. Metode geolistrik resistivitas *mapping* merupakan metode resistivitas yang bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas lapisan bawah permukaan secara horisontal. Oleh karena itu, pada metode ini digunakan jarak spasi elektroda yang tetap untuk semua titik *sounding* (titik amat) di permukaan bumi. Metode geolistrik resistivitas *sounding* bertujuan untuk mempelajari variasi resistivitas batuan di bawah permukaan secara vertikal. Pada metode ini, pengukuran pada suatu titik *sounding* dilakukan dengan jalan mengubah-ubah jarak elektroda. Perubahan jarak elektroda dilakukan dari jarak elektroda kecil kemudian membesar secara gradual [6].

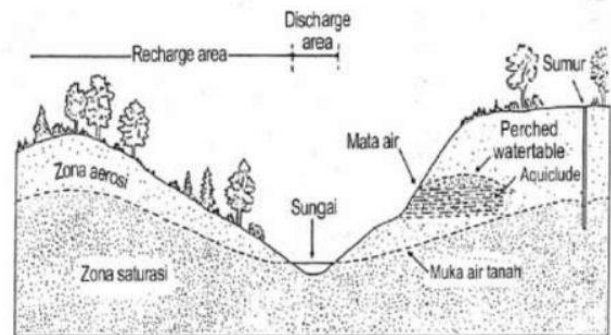


Gambar 1. Dua pasang elektroda arus dan elektroda potensial pada permukaan medium homogen isotropis dengan resistivitas ρ [6].

Jarak elektroda ini sebanding dengan kedalaman lapisan batuan yang terdeteksi. Semakin besar jarak elektroda, semakin dalam lapisan batuan yang terdeteksi. Pada pengukuran di lapangan, pembesaran jarak elektroda dapat dilakukan jika menggunakan alat geolistrik yang memadai. Dalam hal ini alat tersebut harus dapat menghasilkan arus yang besar atau arus yang cukup sensitif dalam mendeteksi beda potensial yang kecil di dalam bumi [7].

Air bawah permukaan adalah sejumlah air di bawah permukaan bumi yang dapat dikumpulkan dengan sumur-sumur, terowongan atau sistem *drainase*, atau aliran yang secara alami mengalir ke permukaan tanah melalui pancaran atau rembesan. Kebanyakan air tanah berasal dari hujan. Air hujan yang meresap ke dalam tanah menjadi bagian dari air tanah, perlahan-lahan mengalir ke laut, atau mengalir langsung dalam tanah atau dipermukaan dan bergabung dengan aliran sungai. Banyaknya air yang meresap ke tanah bergantung pada ruang dan waktu, selain itu juga dipengaruhi kecuraman lereng, kondisi material permukaan tanah dan jenis serta banyaknya vegetasi dan curah hujan [8].

Sebagian air yang meresap tidak bergerak jauh karena tertahan oleh daya tarik molekuler sebagai lapisan pada butiran-butiran tanah. Sebagian menguap ke atmosfer dan sisanya merupakan cadangan bagi tumbuhan selama belum ada hujan. Air yang tidak tertahan dekat permukaan menerobos ke bawah sampai zona dimana seluruh ruang terbuka pada sedimen atau batuan terisi air (jenuh air). Air dalam zona saturasi (*zone of saturation*) ini dinamakan air tanah (*ground water*). Batas atas zona ini disebut muka air tanah (*water table*). Lapisan tanah, sedimen atau batuan di atasnya yang tidak jenuh air disebut zona aerasi (*zone of aeration*)[9].



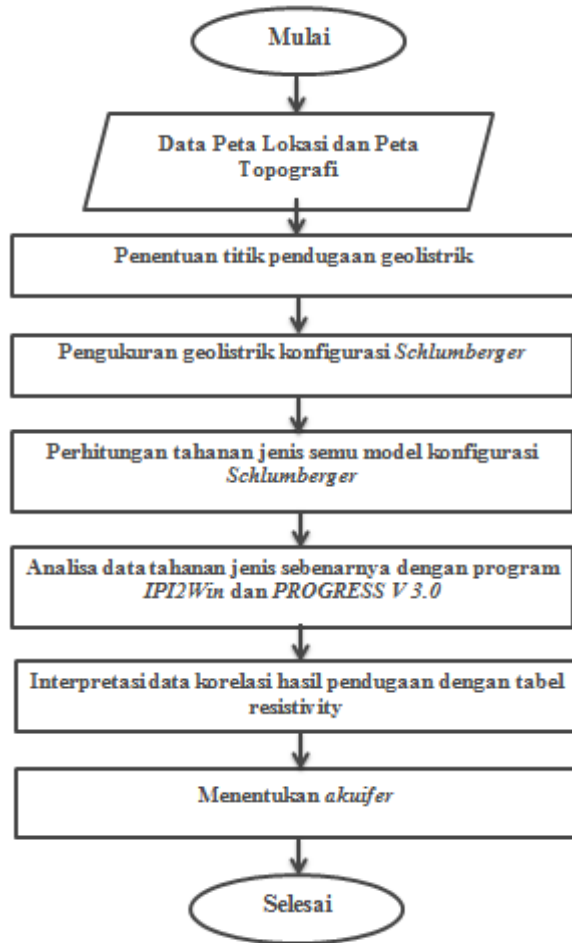
Gambar 2. Posisi relatif bagian dari air tanah[9].

II. METODE PENELITIAN

Peralatan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini antara lain : dua buah elektroda arus dan elektroda potensial, dua gulung kabel, dua buah accu, alat instrumentasi *Resistivity McOhm EL*, patok, penjepit buaya, palu geologi, meteran, laptop, GPS (*Global Positioning System*), *handyTalky* dan payung. Untuk mendapatkan gambaran struktur peralapisan bawah permukaan bumi dilakukan eksplorasi geofisika dengan metode geolistrik tahanan jenis VES konfigurasi *Schlumberger* dilakukan pengukuran dengan cara memasang empat buah elektroda (dua buah elektroda arus dan dua buah elektroda potensial) yang diletakkan sejajar dengan lebar jarak atau spasi tertentu. Akuisisi data geolistrik ini dilakukan dengan menginjeksikan arus listrik ke dalam bawah permukaan untuk mendapatkan respon dari bawah permukaan berupa tegangan listrik. Panjang lintasan setiap titik pengukuran antara 200 meter hingga 300 meter dengan menggunakan spasi arus $AB/2$

minimal 1 meter hingga maksimal 150 meter dengan 8 titik pengukuran yang letaknya menyebar diwilayah Cepu.

Data yang diperoleh dilakukan koreksi geometri lapangan sesuai dengan jarak atau spasi lintasan. Dalam pengolahan menggunakan 2 software yaitu *IPI2WIN* dan *PROGRESS V 3.0*. Secara umum prosedur penelitian dapat dilihat pada flowchart di bawah



Gambar 3. Flowchart penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Yang dihasilkan dari pengolahan data ini adalah nilai tahanan jenis lapisan pada kedalaman tertentu. Pada Tabel 1 merupakan hasil pengolahan data pada satu titik pengukuran yaitu pada pengukuran di titik P1.

Tabel 1.
Hasil pengolahan data pada titik P1

Lapisan	Kedalaman (m)	Ketebalan (m)	Resistivitas (Ωm)
1	0.84	0.84	12.8
2	1.47	0.63	2.16
3	3.04	1.57	36.8
4	7.8	4.76	2.87
5	9.47	1.67	19.4
6	12.5	3.02	54.7

7	30.8	18.3	56
8	52.5	21.7	62
9	76.4	23.9	17.2
10	128	51.3	46.9
11	-	-	5.28

Setelah diperoleh nilai-nilai dalam setiap titik maka dapat ditentukan litologi dalam setiap lapisan. Penentuan litologi dalam suatu daerah dapat dikorelasikan dengan data bor, peta hidrogeologi, tabel resistivitas dan data lain yang mendukung. Hasil dari interpretasi data pada wilayah Cepu adalah batuan penyusun terdiri atas air tanah dengan nilai resistivitas 1-5 Ωm , lempung lanau dengan nilai resistivitas 11-20 Ωm , batu lempung dengan nilai resistivitas 21-25 Ωm dan batu pasir dengan nilai resistivitas 30-500 Ωm . Dan pada setiap titik terdapat 10-11 lapisan. Pada Tabel 2 merupakan hasil interpretasi pada titik P1.

Tabel 2.
Hasil interpretasi data pada titik P1

Lapisan	Kedalaman (m)	Resistivitas (Ωm)	Litologi
1	0	12.8	Batu Lempung
2	0.84	2.16	Batu Lempung
3	1.47	36.8	Batu Lempung
4	3.04	2.87	Batu Lempung
5	7.8	19.38	Batu Pasir
6	9.47	54.67	Batu Pasir
7	12.49	55.98	Batu Pasir
8	30.82	62	Batu Pasir
9	52.47	17.23	Batu Pasir
10	76.42	46.92	Batu Pasir
11	127.76	5.28	Air Tanah

Pada titik P1, titik ini merupakan titik pertama pada lintasan A dengan B. Pengambilan titik ini terletak di sekitar Desa Ngroto. Lapisan penyusun tanah terdiri atas batu lempung pada permukaan tanah hingga kedalaman 3,04 m yaitu dengan kisaran nilai resistivitas 2-13 Ωm . Sedangkan pada kedalaman 7-76 m didominasi oleh batu pasir dengan nilai resistivitas antara 17-62 Ωm . Pada lapisan tanah ini merupakan lapisan cukup dalam. Dan pada kedalaman 127 m terdapat lapisan yaitu air tanah dengan nilai resistivitas sebesar 5,28 Ωm .

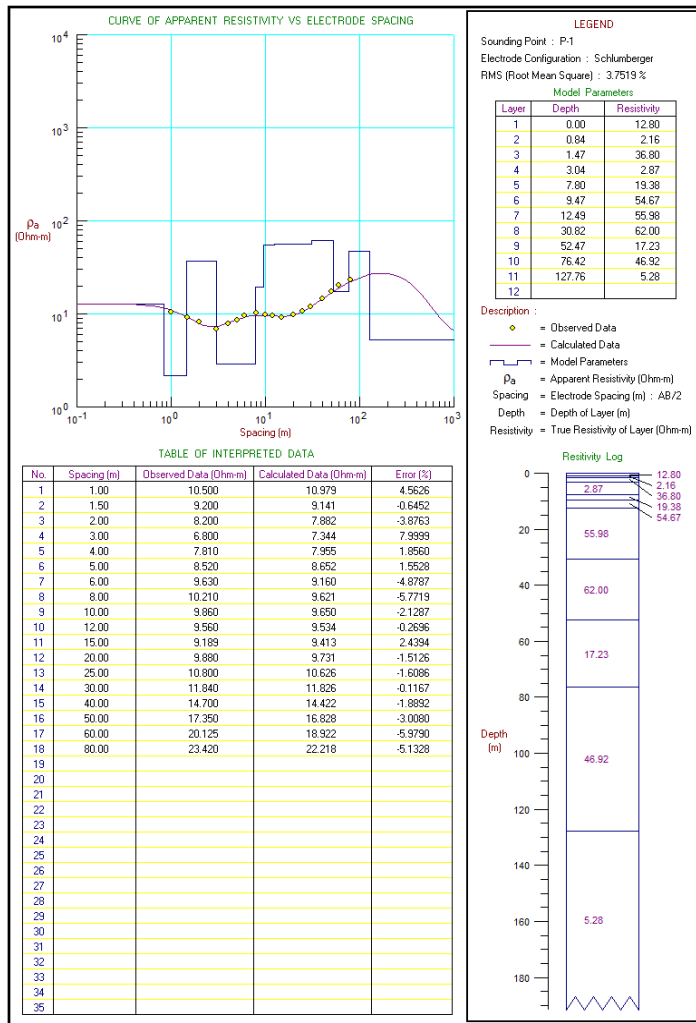
Dengan hasil interpretasi data pada titik P1 sampai titik P8 dapat dikatakan lapisan akuifer tak tertekan adalah lapisan batu pasir yang berada di bawah lapisan kedap air yaitu batu lempung. Akuifer air tanah tak tertekan ini merupakan daerah resapan air hujan yang paling banyak. Jadi dapat diasumsikan bahwa air tanah tersebut akan menyimpan air pada musim hujan, namun keberadaan akuifer tersebut terdapat pada kedalaman yang cukup dalam sehingga ketika ingin mendapatkan air harus dilakukan pengeboran dengan kedalaman yang cukup dalam. Dikarenakan pada lapisan teratas merupakan lapisan yang kedap air atau *impermeable*. Untuk mempermudah pembacaan lapisan tanah, penampang korelasi tahanan sebagai *finishing* digambarkan persebaran *akuifer* dengan menggabungkan data yang telah

diinterpretasikan pada tiap titik *sounding* yang dapat dilihat pada lampiran. Selain itu juga dari korelasi tersebut dapat diperkirakan kedalaman *akuifer* serta dapat terlihat sebaran air bawah tanahnya.

Dari interpretasi yang telah dilakukan didapatkan bahwa batuan penyusun dari daerah Cepu merupakan batu lempung, lempung lanau, batu pasir dan air tanah. Hal ini juga dapat dilihat dari tataan stratigrafi pada daerah Kabupaten Blora yang termasuk dalam stratigrafi Mandala Rembang dengan susunan batuan secara umum yaitu berupa lempung napalan. Batu gamping kapuran, batu pasir dan batu lanau. Untuk hasil interpretasi akuifer, lapisan pembawa akuifer berupa batu pasir yang berfungsi sebagai akuifer dalam, sedangkan lapisan batu lempung dan lempung lanau berfungsi

berada di atasnya (lapisan akuifer) untuk melawan gaya tarik gravitasi ke bawah dari air. Akuitar merupakan lapisan batuan yang dapat sedikit meloloskan air atau jumlah yang terbatas, dengan demikian harus dicari lapisan akuifer yang tepat di bawahnya merupakan lapisan akuifuge atau akuitar yang relatif tebal sebagai lapisan sumber keterdapatan air tanah yang potensial.

Akuifer terdapat hampir diseluruh wilayah pengukuran. Dengan ketebalan yang bervariasi, namun perlu diingat lagi bahwa akuifer yang ada ini tidak semuanya terisi oleh air, hanya pori batuan saja yang terisi oleh air, itupun belum tentu terisi penuh. Dan dapat dikatakan keterdapatan sumber air tanah yang potensial di Cepu berada pada kedalaman sekitar 40 m sampai 60 m dari permukaan tanah dengan nilai



sebagai akuifer dangkal. Keterdapatan sumber air tanah yang potensial dapat diketahui dari pengetahuan hidrogeologis lapisan batuan. Lapisan akuifer (batu pasir) dapat menyimpan dan mengalirkan air sedangkan akuifuge (batu lempung) tidak dapat menyimpan maupun meloloskan air. Secara intuisi tanah yang dikandung pada lapisan akuifer tidak akan berpindah jika lapisan dibawahnya adalah lapisan akifug, karena sifat lapisan akifug tidak akan meloloskan air yang berada diatasnya, sementara jika yang terdapat di bawah lapisan akuifer adalah lapisan akuitar (lempung lanau) asal ketebalannya relatif besar juga masih memungkinkan untuk menahan air tanah yang

resistivitas sebesar 0,79-4 Ω m. Untuk titik yang berpotensi besar adanya air tanah yaitu pada titik pengukuran P4 yang terletak di Desa Karangboyo. Sedangkan untuk arah sebaran air bawah tanah cenderung dari arah barat menuju ke timur, dikarenakan juga dapat dilihat pada desain akuisisi Gambar 3.9 di sekitar daerah pengukuran terdapat sungai dan juga parit yang mengalir dari arah barat menuju ke timur, Dan pada umumnya arah aliran air berasal dari tempat yang tinggi menuju tempat yang rendah, jadi pada daerah pengukuran titik P7 merupakan daerah yang lebih tinggi daripada di titik

pengukuran lainnya.

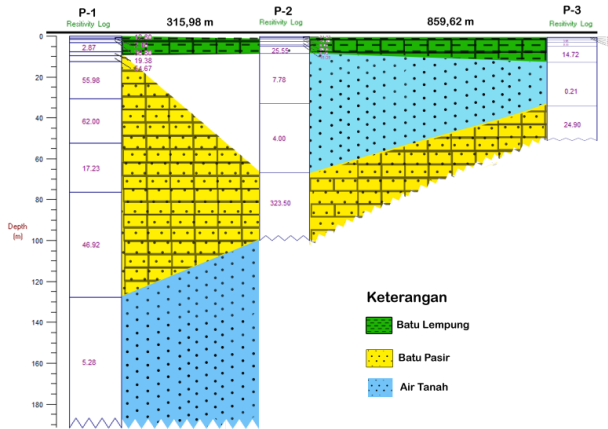
IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut

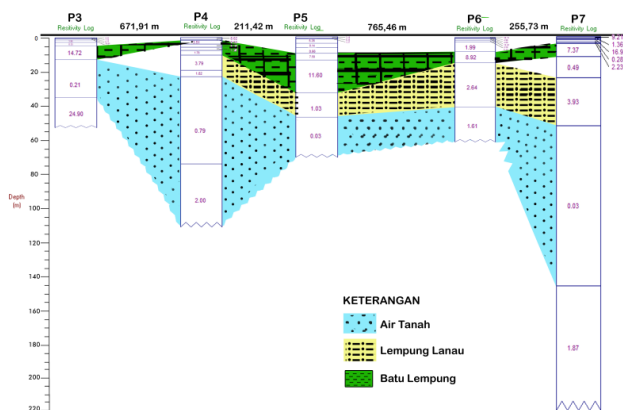
1. Potensi adanya air bawah tanah di wilayah Cepu, Blora, Jawa Tengah yaitu pada kedalaman 40 m sampai 60 m dari permukaan tanah dengan nilai resistivitas sebesar 0,79-4 Ωm.
2. Sebaran air bawah tanah yaitu menyebar dari arah barat menuju ke timur. Titik yang paling banyak mengandung potensi air tanah yaitu pada titik P4 terletak di Desa Karangboyo.
3. Karakteristik penyusun lapisan batuan di wilayah Cepu terdiri atas batu pasir sebagai akuifer, batu lempung sebagai akuifuge, lempung lanau sebagai akuitar dan air tanah.

V. LAMPIRAN

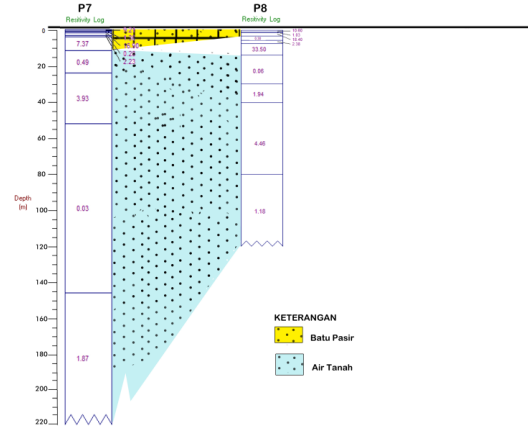
PENAMPANG KORELASI TAHANAN JENIS A-B



PENAMPANG KORELASI TAHANAN JENIS LINTASAN B-C



PENAMPANG KORELASI TAHANAN JENIS TITIK P7 DAN P8



DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pringgoprawiro, H., 1983, "Biostratigrafi dan Paleogeografi Cekungan Jawa Timur Utara : Suatu Pendekatan Baru". Disertasi Doktor, ITB, Bandung.
- [2] Lilik Hendrajaya, Idam Arif. 1990. "Geolistrik Tahanan Jenis", Bandung : Laboratorium Fisika Bumi ITB.
- [3] Loke, M.H. 1995. "Least Squares Deconvolution of Apprent Resistivity Pseudosection". Geophysics, Vol 60, No.6, pp 1682-1690. Malaysia.
- [4] Hidayat, Adha Nur, Darsono, Darminto. 2014. "Interpretasi Sali Water-Fresh Water Zone menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas Konfigurasi Wenner-Schlumberger di Desa Majasto dan Ponowaren, Kecamatan Tawang Sari, Kabupaten Sukoharjo". Jurnal Fisika dan Aplikasinya, Vol 10, No 3 Oktober 2014 : ITS Surabaya.
- [5] Anggraeni, F. 2004. "Aplikasi Metode Geolistrik Resistivity untuk Mendeteksi Air Tanah". Jember: Universitas Jember.
- [6] Menke, W., 1984, "Geophysical Data Analysis : Discrete Inverse Theory", Academic Press. Inc : Orlando-Florida.
- [7] Santoso, D. 2002. "Pengantar Teknik Geofisika": Penerbit ITB.
- [8] Seyhan, Ersin. 1977. "Dasar-Dasar Hidrologi". Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- [9] Sosrodarsono S, Takeda K. 1993. "Hidrologi Untuk Pengairan". Jakarta (ID): Pradnya Paramita.