

SURVAI SEBARAN AIR TANAH DENGAN METODE GEOLISTRIK TAHANAN JENIS KONFIGURASI WENNER DI DESA BANJAR SARI, KEC. ENGGANO, KAB. BENGKULU UTARA

Oleh:

Arif Ismul Hadi, Suhendra, Robinson Alpabet
Jurusan Fisika Fakultas MIPA Universitas Bengkulu
Bengkulu

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan melihat struktur bawah permukaan daerah prospek air tanah berdasarkan nilai tahanan jenis batuan bawah permukaan. Untuk mendapatkan nilai tahanan jenis ini digunakan metode geolistrik tahanan jenis konfigurasi *Wenner*. Nilai tahanan jenis semu (ρ_a) yang diperoleh selanjutnya diolah dengan menggunakan *Software Res2dinv ver. 3.53g for Win/Me* sebagai nilai tahanan jenis yang sebenarnya (*true resistivity*). Hasil inversi terhadap ρ_a diinterpretasikan sebagai struktur bawah permukaan yang dapat dikaitkan dengan daerah yang prospek mengandung air tanah. Daerah prospek air tanah yang diperoleh memiliki jangkauan tahanan jenis 22,5-258 Ωm dengan kedalaman antara 0,625-15,9 m. Dari tiga lintasan yang disurvei, maka daerah lintasan 1 adalah yang paling prospek mengandung air tanah.

Kata Kunci: Sebaran air tanah, metode geolistrik tahanan jenis, konfigurasi *Wenner*.

PENDAHULUAN

Kebutuhan akan air meningkat baik untuk keperluan kehidupan sehari-hari manusia, peternakan, maupun pertanian. Akibat pertumbuhan penduduk, maka kebutuhan akan daerah permukiman meningkat, akibatnya banyak daerah resapan air digunakan sebagai daerah pemukiman, sehingga daerah tersebut tidak dapat memenuhi kebutuhan air penduduk yang tinggal di daerah tersebut (**Fauzi, dkk., 2004**). Semakin meningkat kebutuhan air bersih, maka eksploitasi air tanah juga akan semakin besar. Hal ini mengakibatkan persediaan air tanah semakin berkurang. Berkurangnya kandungan air tanah pada lapisan akuifer dapat mengakibatkan masuknya air laut ke dalam akuifer. Eksploitasi air tanah yang dilakukan secara berlebihan (penggunaan sumur bor) khususnya pada daerah berpantai atau pesisir dapat menyebabkan suatu masalah dimana air laut akan masuk dan terpenetrasi pada daerah air tawar. Air laut tersebut akan menyusup ke zona air tanah atau terjadi intrusi air laut (**Sosrodarsono dan Takeda, 2003**).

Desa Banjar Sari merupakan daerah pesisir pantai yang terletak di Kec. Enggano, Kab. Bengkulu Utara. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari Kepala Desa Banjar Sari, jumlah penduduk pada daerah ini adalah ± 531 jiwa dengan jumlah kepala keluarga ± 227 . Desa Banjar Sari memiliki luas wilayah sekitar 12.610 Ha, dimana di Desa Banjar Sari direncanakan akan dilakukan pembangunan lapangan terbang, Korem dan pembangunan daerah transmigrasi. Dengan semakin majunya pembangunan yang terjadi di Desa Banjar Sari, maka penduduk Desa Banjar Sari akan semakin banyak membutuhkan air tanah.

Penduduk Desa Banjar Sari sebagian besar membutuhkan air minum, mencuci dan mandi menggunakan air sumur. Akan tetapi penduduk Desa Banjar Sari masih mengalami kesulitan air bersih dikarenakan air sumur yang mereka konsumsi masih terasa asin atau payau dan bisa dikatakan masih banyak terpengaruh oleh air laut. Untuk mengetahui keadaan air tanah pada daerah tersebut, perlu dilakukan suatu survei geofisika yang salah satunya dengan menggunakan metode geolistrik tahanan jenis. Dengan metode ini dapat dianalisis besaran fisis nilai tahanan jenis batuan, sehingga akhirnya dapat diinterpretasikan keadaan air tanah pada daerah penelitian ini (Suhendra, 2005). Karena kedalaman sumur rata-rata penduduk daerah ini berkisar 5-15 m, maka survei yang dilakukan dengan menggunakan konfigurasi *Wenner*.

Metode geolistrik tahanan jenis adalah suatu metode geofisika yang memanfaatkan sifat tahanan jenis untuk mempelajari keadaan bawah permukaan bumi. Metode ini dilakukan dengan menggunakan arus listrik searah yang diinjeksikan melalui dua buah elektroda arus ke dalam bumi, lalu mengamati potensial yang terbentuk melalui dua buah elektroda potensial yang berada di tempat lain (Telford, dkk, 1990). Karena efek usikan tersebut, maka arus akan menjalar melalui medium bumi dan menjalar ke arah radial. Besarnya arus radial tersebut dapat diukur dalam bentuk beda potensial pada suatu tempat tertentu di permukaan tanah, sehingga akan diperoleh informasi tahanan jenis batuan bawah permukaan (Hartantya, 2000). Besaran inilah yang menjadi target utama dalam survei geolistrik. Tahanan jenis merupakan parameter penting untuk mengkarakterisasikan keadaan fisis bawah permukaan, yang diasosiasikan dengan material dan kondisi bawah permukaan (Sutarno, 1993). Berdasarkan analisis distribusi tahanan jenis ini nantinya dapat diinterpretasikan keadaan bawah permukaan bumi tersebut.

Apabila ditinjau sebuah rangkaian sederhana yang terdiri dari sumber arus (batere) yang terhubung seri dengan sebuah tahanan, maka arus yang mengalir dalam kawat *loop* akan terhambat oleh keberadaan hambatan tersebut. Pada ujung-ujung hambatan dapat diukur beda potensialnya. Beda potensial besarnya dirumuskan (Tipler, 1996):

$$V = IR, \quad (1)$$

dengan V = beda potensial terukur (V), I = arus yang dilewatkan (A) dan R = hambatan (Ω). Apabila hambatan tersebut berbentuk balok dengan luas penampang A , panjang l , dan hambatan r , maka dikenal parameter baru yang disebut sebagai tahanan jenis sebagai (Sharma, 1997),

$$\rho = \frac{rA}{l}, \quad (2)$$

yang bersatuan ohm-jarak (dapat berupa m, ft maupun cm).

Apabila ditinjau bahwa media yang dipakai adalah medium homogen setengah koordinat (*half-space*), garis-garis arus akan menjalar radial dan membentuk setengah bola. Apabila jarak titik pengukuran adalah d , maka persamaan (2) menjadi :

$$r = \frac{\rho d}{2\pi d^2} = \frac{\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{d} \right), \quad (3)$$

sehingga beda potensialnya akan memberikan:

$$v = ir = \frac{i\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{d} \right) = v_0 - v_d, \quad (4)$$

yang menunjukkan beda potensial di titik 0 dan potensial pada jarak d . Pada kasus dua titik arus sebagai *source* dan *sink* dan dengan menganggap titik 0 adalah sama, maka diperoleh persamaan:

$$v = ir = \frac{i\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right), \quad (5)$$

dengan d_1 dan d_2 adalah jarak dari titik amat ke kedua elektroda arus yang digunakan. Hukum Ohm merupakan deskripsi empirik dari sifat yang banyak dimiliki material (Tipler, 1996).

Pendekatan sederhana untuk mendapatkan hambatan jenis setiap batuan bawah permukaan dilakukan dengan mengasumsikan bahwa bumi merupakan suatu medium yang homogen isotropis yang dikenal dengan istilah tahanan jenis semu. Jadi tahanan

jenis semu (*apparent resistivity*) adalah tahanan jenis yang terukur di atas medium berlapis yang mempunyai perbedaan resistivitas dan ketebalan lapisan dianggap homogen isotropis. Untuk mendapatkan resistivitas yang sebenarnya dimana bumi mempunyai resistivitas yang heterogen diperoleh dengan cara membuat model dan diturunkan hubungan antara resistivitas semu dan resistivitas sebenarnya (metode inversi) (Loke, 2000). Menurut Jupp dan Vozoff (1976) melalui pendekatan umumnya untuk numerikal inversinya digambarkan dengan model atau titik dengan struktur bumi berlapis. Struktur yang lebih umum dapat dimodelkan dalam struktur 2-D, yang konduktifitas regional bervariasi dalam satu arah (*strike direction*) dan data diperkirakan memotong *strike*.

Prinsip kerja metode geolistrik adalah mengalirkan arus listrik searah atau bolak-balik berfrekuensi rendah ke dalam bumi melalui dua elektroda arus, kemudian mengukur beda potensial yang timbul melalui dua elektroda potensial, sehingga nilai resistivitasnya dapat dihitung. Berdasarkan persamaan (5), maka akan terpenuhi persamaan,

$$v_{P1} = \frac{i\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} \right) \quad \text{dan} \quad v_{P2} = \frac{i\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{d_3} - \frac{1}{d_4} \right), \quad (6)$$

sedangkan berdasarkan penggabungan persamaan (6), maka beda potensial yang terukur pada kedua titik P_1 dan P_2 adalah:

$$v_{P1P2} = v_{P1} - v_{P2} = \frac{i\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_3} + \frac{1}{d_4} \right). \quad (7)$$

Persamaan (7) menunjukkan nilai beda potensial dari sebuah media dengan nilai resistivitas yang seragam di seluruh medium. Pada medium tanah atau batuan, nilai resistivitas di setiap titik berbeda dan bidang ekuipotensial yang terbentuk dapat tidak beraturan, sehingga nilai resistivitas semu yang terukur di lapangan dapat dihitung dengan membalik persamaan (7) menjadi (Telford, dkk., 1998),

$$\rho_a = 2\pi \frac{v_{P1P2}}{i} \left(\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_3} + \frac{1}{d_4} \right)^{-1}, \quad \rho_a = \left(2\pi \frac{v_{P1P2}}{i} \right) p, \quad (8)$$

dengan p dikenal sebagai faktor geometri yang nilainya bergantung dari susunan (konfigurasi) elektroda yang digunakan. Karena pada penelitian ini menggunakan

konfigurasi *Wenner*, maka faktor geometri untuk konfigurasi *Wenner* tersebut adalah (Loke, 2000):

$$p_w = 2\pi a . \quad (9)$$

Penelitian ini bertujuan melihat struktur bawah permukaan daerah prospek air tanah berdasarkan nilai tahanan jenis batuan bawah permukaan.

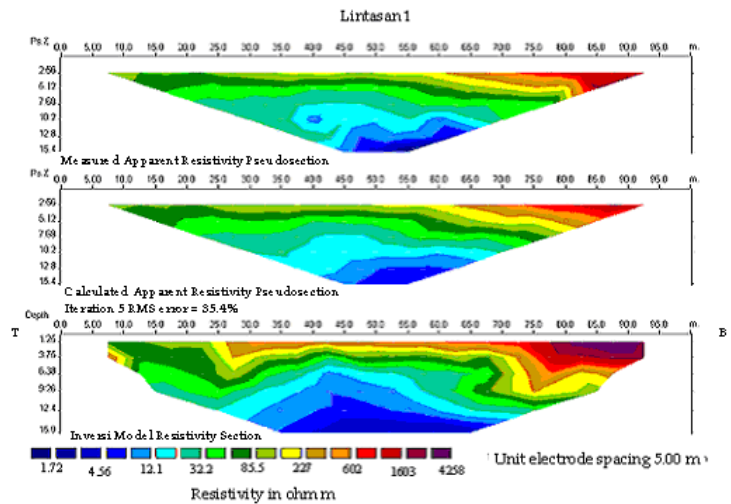
METODOLOGI

Penelitian ini terdiri dari atas tiga buah lintasan. Lintasan 1, 2 dan 3 berada pada posisi yang sejajar. Lintasan 1 berjarak ± 200 m dari tepi laut, lintasan 2 berjarak ± 30 m dari lintasan 1 dan lintasan 3 berjarak ± 10 m dari lintasan 2. Adapun panjang masing-masing lintasan 100 m dan jarak elektroda sebesar 5 m.

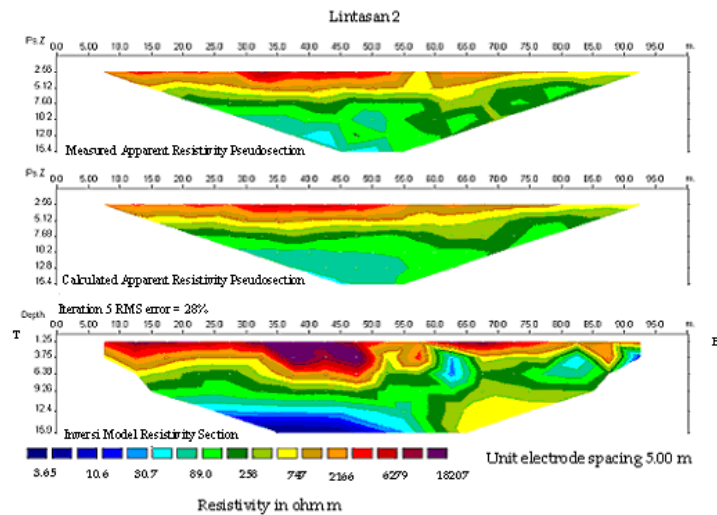
Pengambilan data dilaksanakan dengan alat *resistivitymeter Naniura NRD22S*. Prosedur pengambilan data adalah sebagai berikut: (a) Menentukan lintasan pengukuran dan arah lintasan dengan menggunakan kompas geologi, (b) Membuat lebar spasi elektroda (a), (c) Memasang elektroda berdasarkan konfigurasi *Wenner*, (d). Menginjeksikan arus ke dalam bumi dan mencatat besarnya nilai beda potensial (ΔV) dan arus (I). Selanjutnya data tersebut diolah, sehingga diperoleh nilai tahanan jenis semu (ρ_a) berdasarkan persamaan (8). Besarnya nilai tahanan jenis semu (ρ_a) dikelompokkan sesuai dengan kedalaman lapisan (n). Kemudian data-data yang telah tersusun diolah dengan menggunakan *Software Res2dinv ver 3.53g for Win/Me*. Setelah tahap-tahap tersebut di atas selesai, selanjutnya dapat diinterpretasikan berdasarkan nilai resistivitas sebenarnya. Dengan demikian dapat diketahui nilai tahanan jenis sebaran air tanah serta lapisan yang mengandung akuifer.

HASIL DAN DISKUSI

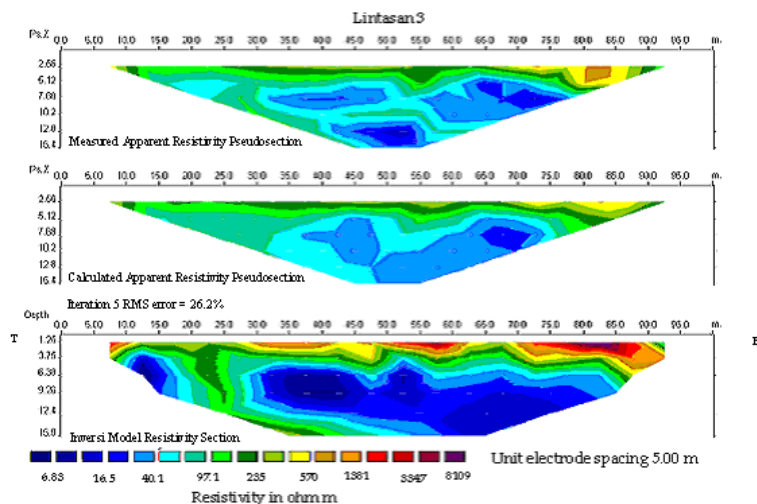
Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis data kuat arus listrik (I) dan beda potensial (V) dari setiap lintasan pengukuran yang dihitung ke dalam nilai tahanan jenis (ρ_a), selanjutnya diolah dengan menggunakan *Software Res2dinv ver. 3.53g for Win/Me*. Hal ini dilakukan untuk menghasilkan penampang geolistrik tahanan jenis bawah permukaan. Berdasarkan penampang geolistrik ini dapat diketahui kedalaman dan struktur lapisan tanah yang potensial mengandung air tanah berdasarkan perbedaan nilai tahanan jenis yang divisualisasikan oleh warna tertentu. Penampang geolistrik tahanan jenis bawah permukaan tersebut ditampilkan pada Gambar 1 s/d 3.



Gambar 1. Penampang geolistrik tahanan jenis bawah permukaan pada lintasan 1.



Gambar 2. Penampang geolistrik tahanan jenis bawah permukaan pada lintasan 2.

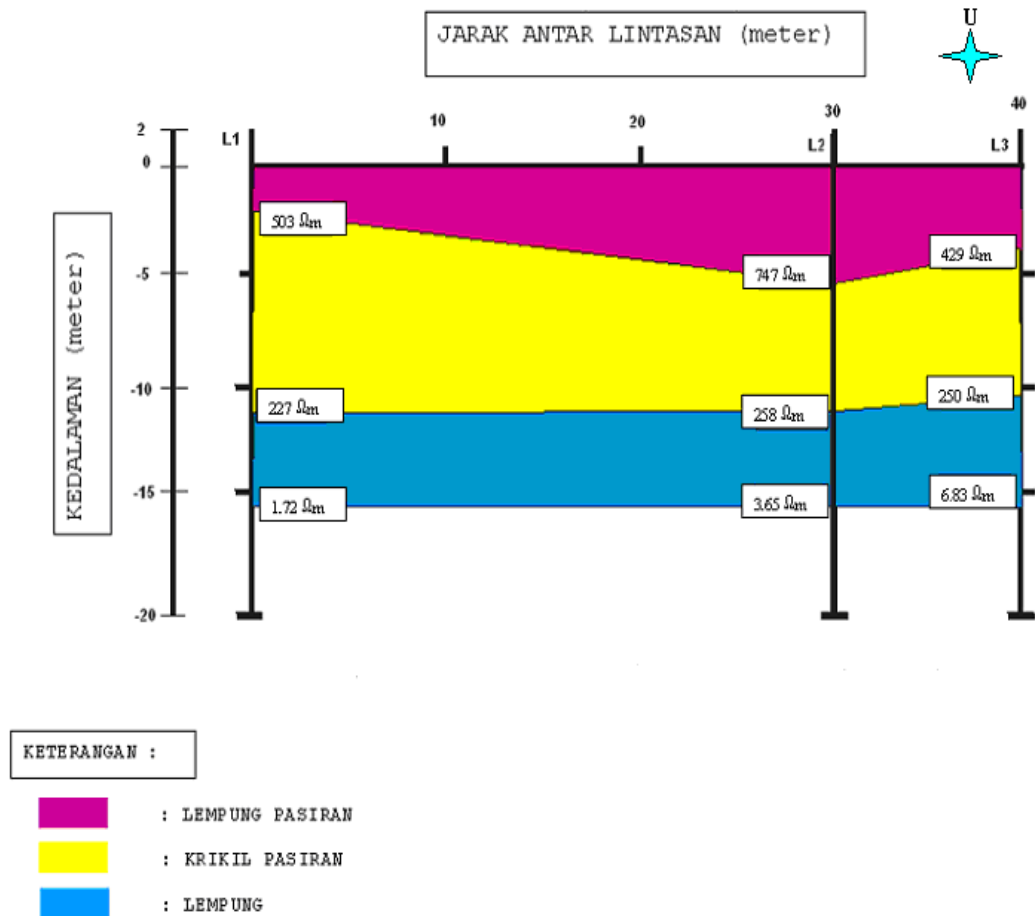


Gambar 3. Penampang geolistrik tahanan jenis bawah permukaan pada lintasan 3.

Penampang geolistrik tahan jenis bawah permukaan tersebut terdiri dari 3 bagian yaitu nilai tahanan jenis terukur (*measured apparent resistivity pseudosection*), nilai tahanan jenis terhitung (*calculated apparent resistivity pseudosection*) dan model tahan jenis hasil inversi (*inversi model resistivity section*). Nilai tahanan jenis terhitung ini akan menjadi model awal untuk proses inversi. Model awal tersebut dibandingkan dengan data lapangan, jika berbeda jauh maka model diubah sampai mendekati data lapangan. Proses pengubahan model ini dilakukan secara otomatis oleh *Software Res2dinv ver. 3.53g for Win/Me*. Semakin kecil nilai *error* (RMS) maka semakin baik data yang diperoleh.

Hasil pengolahan data oleh *Software Res2dinv Ver 3.53g for Win/Me* kemudian dibuat dalam penampang 2D dengan menggunakan *Corel Draw 11* seperti terlihat pada Gambar 4 dengan tujuan untuk melihat sebaran lapisan batuan dan ketebalan masing-masing lapisan. Gambar 4 merupakan hasil dari interpretasi data berdasarkan nilai tahanan jenis pada lintasan 1, 2, dan 3 dengan tiga lapisan batuan dengan nilai tahanan jenis, kedalaman dan ketebalan masing-masing lapisan. Tiga lapisan yang terdapat pada Gambar 4 diinterpretasikan sebagai lapisan lempung pasir, lapisan krikil pasir, dan lapisan lempung.

Berdasarkan Peta Potensi Sumber Daya Mineral dan Energi Propinsi Bengkulu (Syamsudin, dkk., 2006) batuan yang terdapat di Desa Banjar Sari merupakan batuan jenis aluvium dan jenis batuan batu gamping koral. Batuan aluvium terdiri dari batuan bongkah, krikil, pasir, lanau dan lempung. Nilai tahanan jenis yang terdapat pada Gambar 1 s/d 3, tampak bahwa daerah penyusun lapisan tanah/batuan bawah permukaan yang memiliki nilai tahanan jenis antara 30-100 Ωm dapat diinterpretasikan sebagai daerah yang berpotensi memiliki air tanah tawar (*fresh water*). Menurut Loke (1999), nilai tahanan jenis untuk batuan atau lapisan tanah yang mengandung air tanah tawar (*fresh water*) adalah sebesar 30-100 Ωm . Dari ketiga lintasan tersebut, maka daerah yang paling prospek mengandung air tanah adalah lintasan 1.



Gambar 4. Penampang 2D lintasan 1, 2, dan 3.

Menurut **Virgo (2002)**, nilai tahanan jenis 91-8015 Ωm mengindikasikan nilai tahanan jenis lapisan batuan penutup yang merupakan lapisan lempung pasir. Lapisan lempung pasir ini juga masih merupakan lapisan yang kedap air, oleh karenanya walaupun mungkin saja pada lapisan ini terdapat air tanah yang mengalir akan tetapi masih dalam jumlah yang sedikit. Menurut **Reynolds (1997)** tahanan jenis untuk pasir dan krikil adalah 30-225 Ωm , krikil dan pasir memungkinkan terdapatnya air tanah sebab pada daerah ini terdapat krikil dan pasir yang memiliki porositas dan permeabilitas yang besar dan air tanah berada di antara pori-pori pasir dan krikil tersebut, sehingga pada lapisan tersebut sangatlah berpotensi terdapat air tanah.

Pada Gambar 4 menunjukkan bahwa lapisan teratas dengan kisaran tahanan jenis 570-18207 Ωm dengan kedalaman 0-5 m, diinterpretasikan merupakan lapisan lempung pasir. Pada lapisan ini kemungkinan sedikit sekali mengandung air tanah, karena lapisan ini merupakan lapisan yang kedap air (*impermeable*). Lapisan di bawahnya dengan tahanan jenis 30,7-258 Ωm diinterpretasikan sebagai lapisan krikil pasir.

Lapisan krikil pasirán memungkinkan terdapatnya air tanah sebab pada lapisan ini terdapat krikil dan pasir yang memiliki pori-pori dan air tanah berada di antara pori-pori pasir dan krikil tersebut, sehingga pada lapisan tersebut sangatlah berpotensi terdapat air tanah. Di bawah lapisan krikil pasirán diinterpretasikan terdapat lapisan lempung dengan kisaran tahanan jenis 4,65-16,5 Ωm . Lapisan lempung merupakan lapisan yang kedap air (*impermeable*), sehingga sangat sulit untuk terdapatnya air tanah (bukan *akuifer*).

KESIMPULAN

1. Lintasan yang paling berpotensi mengandung air tanah adalah lintasan 1.
2. Daerah pada lapisan krikil pasirán diinterpretasikan terdapat air tanah karena lapisan ini memiliki pori-pori dan air tanah berada diantara pori-pori krikil dan pasir tersebut.
3. Lapisan batuan di Desa Banjar Sari Kecamatan Enggano terdiri dari 3 bagian yaitu: lapisan lempung pasirán dengan nilai tahanan jenis 165-18.207 Ωm , lapisan krikil pasirán dengan nilai tahanan jenis 22,5-258 Ωm , dan lapisan lempung dengan nilai tahanan jenis 2,04-20,5 Ωm .

DAFTAR PUSTAKA

- Fauzi, U., Handoko, N., Handayani, G., dan Ngadimin. 2004. Investasi Penyebaran Air Tanah dengan Metode Geolistrik. *Proceeding Himpunan Ahli Geologi Indonesia*. **6**: 142-155.
- Jupp, D.B.L. dan Vozoff, K. 1976. Two-Dimensional Magnetotelluric Inversion. *J. Geophysics*, **50**:
- Loke, M.H. 2000. *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies: A Practical Guide to 2-D and 3-D Surveys*. <http://www.geometrics.com>.
- Reynolds, J.M. 1997. *Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. John Wiley and Sons Ltd., England.
- Sharma, P.V. 1997. *Environmental and Engineering Geophysics*. Cambridge University Press, United Kingdom.
- Sosrodarsono, S. dan Takeda, S. 2003. *Hidrologi untuk Perairan*. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Suhendra. 2005. *Penggunaan Metoda Geolistrik Untuk Penyelidikan Daerah Rawan Gerakan Tanah (Studi Kasus: Longsor di Desa Cikukun dan di Desa Cirongge)*. Tesis S2. Program Magister Geofisika Terapan. ITB, Bandung.
- Sutarno, D. 1993. Metoda Magnetotellurik, Teori, dan Aplikasinya. *J. Kontribusi Fisika*. **4**: 333-352.
- Syamsudin, Syafriwal, dan Natakusuma. 2006. *Peta Potensi Sumber Daya Mineral dan Energi Propinsi Bengkulu, Skala 1:250.000*. ESDM, Bengkulu.

- Telford, W.M., Geldart, L.P. dan Sheriff, R.E. 1998. *Applied Geophysics. Second Edition*. Cambridge University Press, New York.
- Telford, W.M., Geldart, L.P., and Sheriff, R.E. 1990. *Applied Geophysics: Second Edition*. Cambridge University Press, USA.
- Tipler, P.A. 1996. *Fisika untuk Sains dan Teknik. Jilid 2. Edisi Ketiga*. Erlangga, Jakarta.
- Virgo, F., 2002. *Pemodelan Fisis Metoda Tahanan Jenis untuk Benda Berongga di Bawah Lapisan Mendatar*. Tesis S-2. Prog. Magister Geofisika Terapan. ITB, Bandung.