

ANALISA SEBARAN AQUIFER UNTUK MENENTUKAN GERAKAN TANAH DENGAN METODA GEOLISTRIK TAHANAN JENIS (Studi Kasus: Longsor di Desa Payung Sari Kabupaten Ciamis)

Muhammad Nor

Jurusan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan UNRI, Pekanbaru

Abstrak

Telah dilakukan penelitian untuk memperoleh sebaran lapisan akuifer di bagian lereng bagian selatan dari gunung Sawal (1764 m). Lereng bagian atas merupakan daerah yang relatif landai, pada desa antara Ciamis-Payung Sari Propinsi Jawa Barat dengan menggunakan metoda geolistrik tahanan jenis dengan konfigurasi Schlumberger, dan 2D dengan konfigurasi Wenner. Pengolahan data tahanan jenis menggunakan tahanan jenis 2D menggunakan program RES2DINV. Berdasarkan nilai tahanan jenis yang diperoleh, lapisan akuifer daerah penelitian payung sari yang tersusun dari batuan endapan Sungai dan terdapat juga bagian yang lainnya tersusun dari batuan Vulkanik. Tahanan jenis kelompok Akuifer berkisar antara $6.7\Omega\text{m} - 425\Omega\text{m}$, terdiri terdiri pasir tufaan, breksi tufaan dengan diselingi tufa lempungan., dan merupakan akuifer bebas sampai tertekan, ketebalan berkisar antara 10 - 50 m.

Key words : akuifer, geoelektrical method, resistivity

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Peran sumber daya air tanah tergolong penting dan strategis, karena menyangkut kebutuhan pokok hajat hidup orang banyak. Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi di berbagai wilayah Indonesia seperti Provinsi Jawa Barat, kebutuhan akan air untuk berbagai keperluan menjadi semakin meningkat. Sejalan dengan hal itu, peranan airtanah juga dirasakan semakin penting sebagai sumber pasokan air untuk memenuhi berbagai keperluan dan menunjang kelangsungan pembangunan. Pada kenyataannya airtanah sangat dipengaruhi oleh curahan air hujan di suatu daerah semakin besar curahan air hujan semakin banyak terdapat airtanah. Juga banyak faktor lain yang mempengaruhi besarnya air tanah. Di sisi lain meningkatnya kemajuan pembangunan telah menyebabkan terjadinya alih fungsi lahan yang justru merupakan faktor penyebab terjadinya jumlah imbuhan airtanah. Eksploitasi airtanah melebihi kemampuan *recharge* juga akan mempercepat terjadinya penurunan muka airtanah (Ludman, 1990; Todd, 1995). Agar dampak negatif tidak terjadi, diperlukan pengendalian secara terpadu dalam kerangka pengelolaan sumber daya air, khususnya airtanah, sehingga pemanfaatannya dapat dilakukan secara berkelanjutan. Sebagai langkah antisipasi, terjadinya pergerakan tanah untuk itu perlu dilakukan penelitian dan pemetaan yang akurat untuk mengetahui lapisan akuifer airtanah dalam rangka penyusunan *master plan* pengelolaan airtanah daerah Payung Sari.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian terletak di daerah Payung Sari, Kabupaten Ciamis Jawa Barat secara geografi terletak pada koordinat $108^{\circ}25'72.67''\text{BT}$ dan $07^{\circ}11'34.65''\text{LS}$.

Gerakan tanahnya yang terjadi berupa rayapan yang dicirikan adanya retakan dan belahan, terdapat di daerah lereng bagian

bawah dan pada lereng bagian atas daerah pemukiman Nasol. Retakan yang terjadi didaerah pemukiman pada lereng bagian bawah mempunyai panjang lebih dari 30 m, lebar rekahan tanahnya 7-14cm, dalamnya 15-20 cm dan arahnya $U 315^{\circ} T$, sedangkan nendatan terjadi pada lereng bagian atas daerah pemukiman panjang lintasannya 15 m, tinggi penurunan muka tanahnya 20-50 cm, lebar rekahannya 7-10 cm dan arahnya $U 270^{\circ} T$. Gawir gerakan tanah yang terletak dilereng bagian atas daerah pemukiman Nasol (di bawah badan jalan desa Ciamis-Nasol), Panjang mahkota longsorannya ± 120 m, tinggi gawir 2-4 m, kemiringannya $45^{\circ}-60^{\circ}$ dan arahnya $U 260^{\circ} T$. Daerah lokasi bencana dominan disusun oleh batuan vulkanik yang bersumber dari Gunung Api tua produk Gunung Sawal yaitu breksi gunung api, breksi, tufa dan lava bersusun andesit sampai basalt. Tufa, berwarna coklat kehitaman dengan sifat fisik setengah sehingga mudah hancur bila terkena air dan tersingkap di kaki lereng bagian bawah. Tanah penutupnya berupa lempung pasir, berwarna coklat kehitaman dengan ketebalan 4-6 m, dan bersifat meluluskan air

Sifat Kelistrikan Bumi

Geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat-sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara merekam di permukaan bumi. Dalam hal ini meliputi pengukuran potensial dan arus baik yang terjadi secara alamiah maupun akibat injeksi arus ke dalam bumi (Telford, 1990:522, Loke, 1999:1).

Aliran arus listrik di dalam batuan / mineral dapat digolongkan menjadi 3 macam, yaitu konduksi secara elektronik, elektrolit dan konduksi secara dielektrik. Konduksi secara elektronik terjadi jika batuan / mineral banyak mengandung elektron bebas sehingga arus listrik dialirkan oleh elektron-elektron bebas itu. Konduksi elektrolitik terjadi jika batuan / mineral bersifat poros dan pori-pori tersebut terisi oleh cairan-cairan elektrolit. Pada konduksi ini arus listrik dibawah oleh ion-ion elektrolit, sedangkan konduksi dielektrik jika batuan / mineral

bersifat dielektrik terhadap aliran arus yaitu terjadi polarisasi saat bahan dialiri listrik (Telford dkk, 1990:284-288, Reynolds, 1997:420-421).

Berdasarkan harga resistivitas listriknya, batuan / mineral digolongkan menjadi tiga macam, yaitu; konduktor baik ($10^{-8} < \rho < 1$) Ωm , konduktor pertengahan ($1 < \rho < 10^7$) Ωm , dan isolator ($\rho > 10^7$) Ωm (Anonim, 1999:4).

POTENSIAL LISTRIK MEDIUM HOMOGEN

Secara teoritis potensial listrik didefinisikan sebagai energi potensial (V) persatuan uji muatan uji (Q) (Zhdanov, dkk., 1993), yaitu :

$$V = \int_{\infty}^r E \cdot dr = \frac{1}{4\pi\epsilon} \frac{Q}{r} \quad (I)$$

dimana E adalah medan listrik, r dan ϵ masing-masing menyatakan jarak muatan dan konstanta permitivitas. Sedangkan arus listrik didefinisikan sebagai gerakan muatan negatif (elektron) pada materi sebagai proses mengatur diri menuju keadaan setimbang (Hendrajaya, dkk., 1990). Keadaan tersebut terjadi apabila materi menerima gangguan luar berupa medan listrik. Arus listrik dapat dinyatakan oleh persamaan :

$$I = \frac{\partial Q}{\partial t} \quad (2)$$

Penurunan potensial yang terukur di permukaan akibat injeksi sumber arus mengikuti asumsi bahwa bumi tersusun oleh lapisan-lapisan dalam medium homogen isotropis (Telford, dkk., 1990). Apabila bumi dialiri arus searah I (diberi medan listrik E), maka elemen arus \vec{A} yang melewati elemen luas ∂A dengan rapat arus J adalah :

$$I = \int J \cdot \vec{A}, \text{ dimana } J = \sigma E = -\nabla(\sigma V) \quad (3)$$

Jika di dalam media tidak terdapat arus, maka menurut hukum Gauss,

$$\int_s J \cdot \partial A = \int_v J \cdot \partial V = 0 \quad (4)$$

sehingga $\nabla \cdot J = \nabla^2 V = 0$ yang merupakan persamaan Laplace. Untuk bumi yang mempunyai simetri bola dan homogen isotropis, persamaan Laplace dapat dituliskan :

$$\frac{\partial^2 V}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial V}{\partial r} = 0 \quad (5)$$

Penyelesaian umum persamaan Laplace dalam kasus ini adalah :

$$V(r) = \frac{C_1}{r} + C_2 \quad (6)$$

dengan C_1 dan C_2 adalah konstanta. Pada $r = \infty$, potensial listrik di titik r adalah nol, sehingga $C_2 = 0$. Penyelesaian umum persamaan Laplace untuk model bumi simetris dan homogen isotropis dapat ditulis dalam bentuk :

$$V(r) = \frac{C_1}{r} \quad (7)$$

Jika titik arus berada di dalam bumi, arus keluar secara radial dititik arus, sehingga jumlah arus yang keluar melalui permukaan bola A dengan jari-jari r adalah :

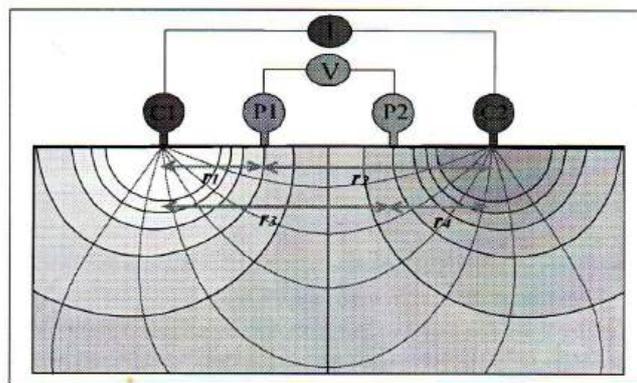
$$I = 4\pi r^2 J = 4\pi r^2 \left[-\sigma \frac{\partial V}{\partial r} \right] = 4\pi \sigma C_1 \quad (8)$$

Sehingga :

$$C_1 = \frac{I\rho}{4\pi}; \quad V(r) = \frac{I\rho}{4\pi r}; \quad \rho = 4\pi r \frac{V}{I} \quad (9)$$

Jika sumber arus berada di permukaan bumi, maka permukaan yang dilalui arus I adalah permukaan setengah bola, sehingga :

$$V(r) = \frac{I\rho}{2\pi r}; \quad \rho = 2\pi r \frac{V}{I} \quad (10)$$



Gambar 1. Prinsip pengukuran geolistrik tahanan jenis Pada penerapan praktis, arus yang berlawanan polaritasnya diinjeksikan pada dua elektroda (C_1 dan C_2) dan mengukur respon potensial (Gambar 1). Beda potensial antara P_1 dan P_2 adalah :

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] \quad (11)$$

$$\rho = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \frac{\Delta V}{I} = K \frac{\Delta V}{I} \quad (12)$$

dengan

$$K = 2\pi \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right]^{-1} \quad (13)$$

K disebut faktor geometri yang bergantung pada bentangan dan spasi elektroda yang digunakan. Besar bentangan elektroda menunjukkan besar kedalaman perlapisan yang terukur.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan dilapangan di daerah Payung Sari Kabupaten Ciamis dengan Metoda geolistrik tahanan jenis

adalah salah satu metoda geofisika yang memanfaatkan sifat tahanan jenis untuk mempelajari keadaan di bawah permukaan bumi.

Metoda ini dilakukan dengan menggunakan arus listrik searah yang diinjeksikan melalui dua buah elektroda arus ke dalam bumi, lalu mengukur beda potensial yang terbentuk melalui dua buah elektroda beda potensial yang berada ditempat lain. Perbedaan potensial yang terukur merefleksikan distribusi tahanan jenis yang terdapat dibawah permukaan bumi, dari analisis distribusi tahanan jenis spesifik ini nantinya dapat diinterpretasikan keadaan dibawah permukaan bumi. Pada dasarnya metoda ini didekati menggunakan konsep perambatan arus listrik didalam medium homogen isotropis, dimana arus listrik bergerak kesegala arah dengan nilai sama besar. Berdasar asumsi tersebut, maka bila terdapat anomaly yang membedakan jumlah rapat arus yang mengalir diasumsikan akibat oleh adanya perbedaan akibat anomaly tahanan jenis. Anomali ini akan digunakan untuk merekonstruksi keadaan geologi bawah permukaan. Perbedaan konfigurasi elektroda, variasi tahanan jenis spesifik yang akan diselidiki, prosedur memperoleh data sangat menentukan dalam pemakaian metoda ini.

Metoda tahanan jenis mempunyai dua macam pendekatan, yaitu pendekatan horizontal dan pendekatan vertical, kedua pendekatan ini mempunyai prosedur kerja dan interpretasi yang berbeda antara satu sama lainnya. Metoda tahanan jenis pendekatan horizontal dimaksudkan sebagai eksplorasi metoda tahanan jenis untuk mendeteksi lapisan atau formasi batuan yang mempunyai kedudukan stratigrafi bidang lapisan yang membentang secara horizontal. Sedangkan eksplorasi dilakukan untuk mempelajari urutan stratigrafi batas lapisan secara vertikal dari atas sampai kebawah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Cekungan airtanah Payung Sari merupakan salah satu cekungan airtanah yang terletak di Propinsi Jawa Barat. Bagian utara cekungan ini merupakan wilayah padat penduduk. Dalam rangka pengelolaan airtanah dan peningkatan tidak terjadinya pergerakan tanah di wilayah tersebut, maka pengetahuan dan ketersediaan data tentang kondisi lapisan aquifer airtanah sangat diperlukan, agar dapat dimanfaatkan secara optimal, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Sebagai langkah awal pengelolaan airtanah, diperlukan penelitian tentang lapisan aquifer di bagian selatan cekungan airtanah Payung Sari.

Salah satu metoda geofisika yang dapat memberikan gambaran tentang lapisan aquifer adalah metoda geolistrik tahanan jenis. Metoda ini menggunakan gangguan dinamik (arus listrik) di permukaan bumi dan mengukur beda potensial yang merupakan respon material bawah permukaan terhadap gangguan tersebut. Dari hasil pengukuran arus dan beda potensial, dapat ditentukan variasi harga tahanan jenis masing-masing lapisan di bawah titik ukur. Penelitian ini akan menerapkan metoda geolistrik tahanan jenis. Dengan metoda ini, diharapkan menghasilkan gambaran lapisan aquifer pada lokasi penelitian.

Penelitian ini dilakukan pada bagian utara cekungan airtanah Payung Sari, dengan tujuan untuk :

1. Mengetahui struktur dan kedudukan perlapisan batuan bawah permukaan yang berpotensi sebagai aquifer airtanah berdasarkan hasil pengukuran geolistrik tahanan jenis.
2. Menentukan penyebaran dan kedalaman lapisan aquifer sebagai lapisan potensi air tanah.

Hasil akhir dari penelitian ini, diharapkan menjadi bahan masukan bagi masyarakat dan pemerintahan daerah setempat sebagai :

- Bahan penyusunan master plan pengelolaan airtanah, dalam rangka mengantisipasi terjadinya gerakan tanah.

Untuk memperoleh gambaran tentang lapisan aquifer di daerah penelitian, maka data hasil pengukuran geolistrik tahanan jenis perlu diolah. Dari pengolahan data tersebut menghasilkan distribusi nilai tahanan jenis dan kedalaman/ketebalan lapisan-lapisan bawah permukaan. Adapun hasil pengolahan data geolistrik di Desa Payung Sari, diperoleh penampang hasil pengolahan data di Desa Payung Sari dengan lintasan diperlihatkan pada gambar (2) untuk penampang 2-D yang terdiri dari tiga bagian yaitu penampang semu tahanan jenis yang terukur (measurement apparent resistivity Pseudosection), Pseudosection tahanan jenis terhitung (Calculated apparent resistivity pseudosection). Dan model tahanan jenis hasil inversi. Setelah itu menggunakan perangkat lunak RES2DINV ditampilkan model tahanan jenis dengan topografi (2).

Hasil pemodelan kedepan oleh perangkat lunak RES2DINV Dengan pendekatan beda hingga. Penampang tahanan jenis semu terhitung ini akan menjadi model awal untuk proses inversi.

Dalam proses inversi, respon model dibandingkan dengan respon data lapangan. Jika berbeda jauh maka model (parameter) diubah sampai mendekati data lapangan. Proses perubahan model ini dilakukan secara otomatis oleh perangkat lunak. Pada gambar (3) terlihat bahwa daerah ini terdapat bermacam-macam jenis tanah dan batuan yang memberikan nilai resistivity ada perbedaan setiap pengukuran yang dilakukan tergantung pada jarak yang kita ambil dan morfologinya. Semakin jauh jarak yang kita ambil semakin jauh kedalaman yang kita peroleh. Berdasarkan penampang hasil pengolahan data di desa payung Sari Kabupaten Ciamis dengan lintasan yang diperlihatkan pada gambar (2) untuk penampang 2-D hasil model tahanan jenis dengan topografi dapat dilihat pada gambar (3).

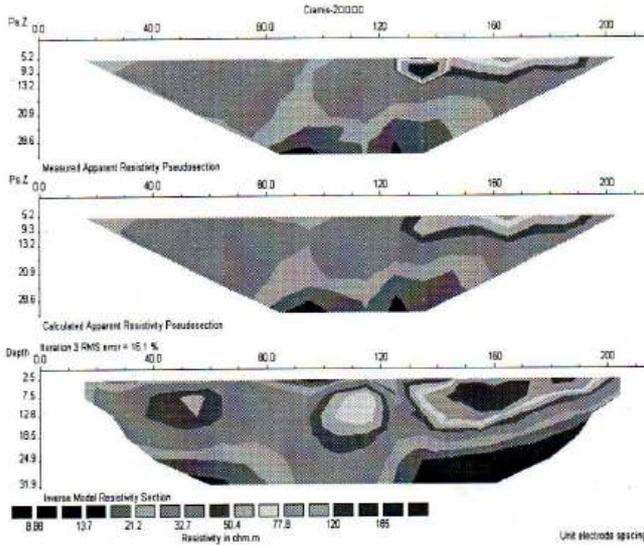
Gambar (3) menunjukkan hasil inversi data pengukuran di Desa Payung Sari. Pada gambar penampang geolistrik tersebut terlihat bahwa nilai tahanan jenis dari 8.88 Ωm sampai 185 Ωm dengan kesalahan iterasi 16.1 % (pada iterasi ke -3). Adapun kedalaman yang dicapai 50 meter. Hasil data jenis batuan dan resistivity dari gambar (2) pada daerah Payung Sari terlihat pada tabel II. Pada gambar tiga terdapat bidang gelincir yang mengakibatkan terjadinya longsor penyebabnya adalah curahan air hujan. Besarnya curah hujan sangat berpengaruh terhadap kejadian bencana gerakan tanah karena air merupakan salah satu faktor pemicunya. Menurut Ferguson Opcit Djaja dkk, 2002 tentang evolusi curah hujan kuantitatif, besarnya curah hujan terhadap peresapan air kedalam tanah adalah sebagai berikut:

Tabel I. Besarnya curah hujan terhadap peresapan air kedalam tanah.

Besarnya Curah Hujan Bulanan (mm/bln)	Kemungkinan Meresapnya Air Ke Dalam Lapisan Tanah
< 60	Semua menguap
60 – 100	Hanya membasahi tanah
> 100	Dapat meresap ke dalam tanah

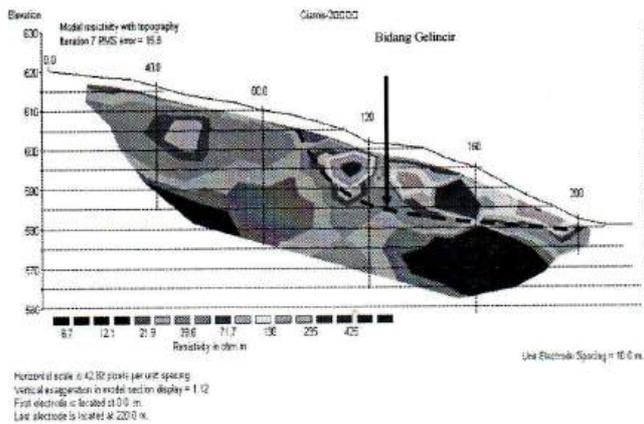
Hasil dan jenis batuan pada lintasan Payung Sari
Tabel II. Jenis batuan dan resistivity Desa Payung Sari

Posisi (meter)	Kedalaman (meter)	Resistivitas (ohm m)	Interpretasi jenis	
			Atas	Bawah
0 - 40	0 - 10	21.9 - 71.7	Soil, Lempung basah	Soil, lempung
	10 - 20	71.7 - 39.6	Lempung, soil	Soil, lempung
	20 - 30	39.6 - 21.9	Lempung pasir	Pair, Lempung
	30 - 40	-		
	40 - 50	-		
40 - 80	0 - 10	21.9 - 39.6	Soil, Lempung	Lempung, Pasir
	10 - 20	39.6 - 71.7	Lempung, Pasir	Lempung, Pasir
	20 - 30	71.7 - 21.9	Lempung	Pasir
	30 - 40	21.9 - 6.7	Pasir, Lempung	Lempung, Pasir
	40 - 50	-		
80 - 120	0 - 10	21.9 - 39.6	Soil	Soil
	10 - 20	39.6 - 71.7	Breksi Tuffa	Breksi Tuffa
	20 - 30	71.7 - 39.6	Lempung	Soil, Pasir
	30 - 40	39.6 - 21.9	Breksi Tuffa	Soil, Lempung
	40 - 50	21.9 - 21.9	Air, Pasir, Lempung	Pasir, Air
120 - 160	0 - 10	21.9 - 39.6	Lempung basah	Soil, Pasir
	10 - 20	130 - 225	Breksi tuffa, Pasir	Pasir, Breksi
	20 - 30	225 - 425	Breksi, pasir	Pasir, Breksi tuffa
	30 - 40	71.7 - 21.9	Lempung	Lempung
	40 - 50	21.9 - 6.7	Air, Pasir	Air, Pasir
160 - 200	0 - 10	39.6 - 130	Soil, Pasir	Pasir, lempung
	10 - 20	130 - 39.6	Breksi Tuffa	Lempung pasir
	20 - 30	39.6 - 21.9	Lempung	Lempung
	30 - 40	21.9 - 6.7	Air, Pasiran	Lempung



Gambar 2. Penampang hasil lintasan inversi 2-D di Desa Payung Sari

Bidang Gelincir



Gambar 3. Penampang tahanan jenis tofografi Desa Payung Sari

KESIMPULAN.

Berdasarkan pembahasan hasil pengolahan data geolistrik tahanan jenis, serta didukung oleh data-data sekunder yang ada, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Lapisan akuifer airtanah di daerah penelitian terdiri dari dua kelompok akuifer, yaitu Kelompok Akuifer I yang tersusun dari batuan Endapan dan Kelompok Akuifer II yang tersusun dari batuan Vulkanik.
2. Tahanan jenis Kelompok Akuifer I berkisar antara 17.4.7-157 Ωm, diduga terdiri pasir, kerikil, kerakal dan batu gamping dengan sisipan lempung, dan merupakan akuifer bebas sampai tertekan. Kedalaman lapisan ini bertambah ke arah Selatan-Barat Daya dengan kedalaman maksimum ± 50 m dan ketebalan berkisar antara 4-6meter
3. Lapisan batuan di daerah Payung Sari dominan berupa batuan Batu Gamping, Pasir, soil, dan batulempung. Lapisan batulempung yang kedap air dapat bertindak sebagai bidang gelincir untuk terjadinya gerakan tanah dengan tanah pelapukan berupa lempungan pasir yang relatif tipis yang menumpang diatas batulempung sehingga pergerakannya relatif lambat (rayapan)

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Prof Dr. Djoko Santoso M.Sc atas dorongan moril dan bimbingan yang diberikan selamam Penulis di S2 Fisika Terapan Intitut Teknologi Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 2003, Pengelolaan Airtanah Berwawasan Lingkungan dan potensi Airtanah di Propinsi Gorontalo, Direktorat Tata Lingkungan dan Kawasan Pertambangan, Bandung
- Hendrajaya, Lilik dan Arif, Idham, 1990, *Geolistrik Tahanan Jenis*, Monograf : Metoda eksplorasi, Laboratorium Fisika Bumi, Jurusan Fisika-ITB, Bandung
- Loke, M. H., 1999, *Electrical Imaging Surveys for Environmental and Engineering Studies: A practical to 2-D and 3-D Surveys*, Penang, Malaysia
- Abramson, L. W and Lee, T.S 1996. *Slope Stability and Stabilization Methode*, John Wiley & Son INC, New York, 1-57.
- Azhar, 2001. Pemodelan fisis metoda resistivity untuk eksplorasi batubara : *Penelitian Laboratorium. Tesis S-2 (tidak dipublikasikan)*, Program Magister Geofisika Terapan, Pasca Sarjana ITB, Bandung.
- Azhar, 2001. Pemodelan fisis metoda resistivity untuk eksplorasi batubara : *Penelitian Laboratorium. Tesis S-2 (tidak dipublikasikan)*, Program Magister Geofisika Terapan, Pasca Sarjana ITB, Bandung.
- Dikau, R. et. all. 1997. *Landslide Recognition*, John Willey & Sons Ltd, New York, 44 – 54.
- Gueguen, Y. & Palciauskas, V; 1994, *Introduction to the Physics of Rocks*, Printceton University Press, New Jersey
- Koefoed, O., 1979. *Geosounding Principles 1; Resistivity sounding measurement*, Elsevier, Netherlands
- Loke, M.H., 1999. RES2DINV ver. 3.3 for windows 3.1, 95 and NT; Rapid 2D resistivity & IP inversion using the least-squares method (wenner, pole-pole, inline pole-pole, equatorial dipole-dipole, Schlumberger) on land, underwater and cross-borehole surveys, Penang, Malaysia
- Oldenburg, D., Y. Li and Jones F. 1998. TUTORIAL : Basics concepts of resistivity and IP profiling, The UBC Geophisica Inversion Facility, HTML : F. Jones@UBC-GIF
- Telford, W.M., L. P. Geldart and R.E Sheriff, 1990., *Applied Geophysics: Second Edition*, Cambridge University Press, USA, 522-538