

PENGUJIAN METODE INTERPRETASI GRAFIS ZOHDY TERMODIFIKASI TERHADAP DATA TAHANAN JENIS LAPANGAN*

Eddy Hartantyo dan Sismanto
Geofisika, Jur. Fisika, FMIPA, UGM

ABSTRAK

Metode interpretasi grafis data tahanan jenis semu (Metode Zohdy) telah dimodifikasi pada proses pencuplikan data, pemberian suatu nilai derajat penurunan (n), dan penentuan ketebalan lapisan model yang tidak lagi konstan. Metode Zohdy termodifikasi ini disebut sebagai metode *Auto-depth*. Uji data model memberikan hasil yang lebih baik daripada metode Zohdy yang masih konvensional.

Dalam kertas kerja ini dilakukan pengujian metode *auto-depth* terhadap data lapangan. Data uji diperoleh dari jurnal-jurnal geofisika ataupun hasil penelitian mahasiswa. Hasil interpretasi yang diperoleh dibandingkan dengan data dari lubang bor, atau dengan hasil interpretasi oleh masing-masing penulisnya.

Diperoleh kesimpulan bahwa metode *auto-depth* memberikan hasil interpretasi yang cukup baik, dengan catatan pemilihan nilai batas atas (U) dan batas bawah (L), serta pemilihan derajat penurunan (n) cukup tepat. Pemilihan ini dapat ditentukan dengan metode coba-coba karena karakteristik parameter-parameter tersebut berbeda pada setiap data masukan yang berbeda.

Kata kunci : metode tahanan jenis, metode Zohdy termodifikasi (auto-depth)

A TEST OF MODIFIED ZOHDY'S GRAPHICAL INTERPRETATION METHOD TO RESISTIVITY FIELD DATA

ABSTRACT

Zohdy's autodepth method, i.e. graphical resistivity interpretation method has been modified, including digitalization process, given decreasing degree value (n), and determination inconstant thickness of each layers. The test show that the modified method yields a better result rather than the conventional method.

In this paper, several tests to real resistivity field data have been conducted. They have been collected from several Geophysic journals or students research. The interpretation model compared with resistivity borehole data or a model interpreted by each authors.

A better interpretation model might resulted by auto-depth method, since highest limit (U), lowest limit (L), and decreasing degree values have been fixed enough. These values could be defined by a trial and error method because of different parameters characteristic of every different inputs data.

Keywords : resistivity methods, Modification of Zohdy methods (auto-depth)

* Telah disajikan dalam PIT XIX, HFI Jateng & DIY, 24 April 1999 di Universitas Sanata Dharma Yk.

I. PENDAHULUAN

Untuk mendapatkan harga 'tahanan jenis sebenarnya' ke arah vertikal, data 'tahanan jenis semu' yang diperoleh dari pengukuran lapangan harus diinterpretasi balik. Hasilnya adalah lapisan-lapisan batuan dengan tahanan jenis dan kedalamannya. Berdasarkan data tahanan jenisnya dapat diperkirakan jenis batuan penyusunnya.

Salah satu algoritma perhitungan interpretasi yang cepat, stabil dan efisien adalah metode grafis Zohdy (Hobbs dan Dumitrescu, 1997). Metode ini diperkenalkan pertama kali oleh Zohdy (1989) sebagai metode yang murni gabungan dari pendekatan grafis dan matematis, yaitu dengan mengamati ciri-ciri grafis sebuah model maju (forward modelling) kemudian secara matematis dilakukan pembalikan ciri-ciri tersebut sehingga diperoleh model interpretasi yang relatif sama dengan model awalnya.

Beberapa peneliti yang mengandalkan dan mempergunakan metode Zohdy dalam pengolahan datanya adalah; Barker dkk. (1996), Dahlin (1996), dan Faridl (1997). Berdasarkan hasil interpretasinya, mereka menyatakan bahwa metode Zohdy merupakan metode yang baik karena relatif cepat dan tidak membutuhkan model awal seperti metode inversi lainnya.

Pengembangan dan modifikasi metode Zohdy telah dilakukan oleh Eddy dan Sismanto (1998), khususnya dalam segmentasi data dari 6 segmen menjadi 8 segmen perdekade (per kelipatan 10^1 skala logaritmis), proses pemakaian nilai derajat penurunan sebagai pemercepat konvergensi, dan pemakaian suatu fungsi penentuan tebal masing-masing lapisan secara otomatis dan tidak seragam. Uji coba terhadap metode ini pemodelan secara numerik telah dilakukan, dan memberikan model hasil interpretasi yang lebih baik daripada metode Zohdy yang konvensional. Dalam makalah ini akan disajikan hasil interpretasi menggunakan metode Zohdy termodifikasi dengan menggunakan data riil lapangan dari jurnal-jurnal dan buku-buku geofisika.

II. TEORI

II.1 Metode Zohdy

Metode Zohdy mencirikan bahwa, kurva-kurva teoretis Schlumberger (Gambar 1) untuk sistem lapisan horisontal, homogen dan isotropis, adalah sebagai berikut:

- a. Tahanan jenis semu hasil perhitungan selalu positif.
- b. Bentuk kurva sounding mengikuti bentuk kurva tahanan jenis dan kedalaman sebenarnya.
- c. Kurva tahanan jenis semu selalu tergeser ke sebelah kanan.
- d. Amplitudo kurva lapangan selalu 'lebih kecil' atau sama dengan amplitudo tahanan jenis sebenarnya.
- e. Dalam model banyak lapis, jika tahanan jenis sebenarnya berubah, maka tahanan jenis semu pada spasi yang bersesuaian juga berubah.

Berdasarkan kelima sifat tersebut, Zohdy (1989) membuat algoritma baliknya (gambar 2). Proses pertama terdiri dari dua simpal (*loop*) iterasi. Simpal pertama (*loop* atas) adalah proses pergeseran kedalaman, yaitu proses penggeseran model ke kiri agar diperoleh respon tahanan jenis semu yang cocok dengan data masukan. Proses ini dilakukan berdasarkan sifat ketiga tersebut di atas.

Setelah diperoleh kecocokan maksimum (kesalahan minimum) proses ini dihentikan. Kemudian dilanjutkan dengan proses simpal (*loop* bawah) berikutnya. Proses ini disebut sebagai pergeseran tahanan jenis berdasarkan sifat keempat dan kelima. Setelah ketidakcocokan antara tahanan jenis semu masukan dan tahanan jenis hasil mencapai kesalahan minimum, proses dihentikan dan model interpretasi yang paling cocok (berdasarkan pendekatan kuadrat terkecil) telah diperoleh.

II.2 Modifikasi Metode Zohdy

Persamaan (1) pada tabel 1 dimodifikasi berdasarkan kenyataan bahwa tahanan jenis semu masukan dan tahanan jenis semu hasil dapat diperkuat dengan memberikan sebuah nilai pangkat (n) yang disebut sebagai derajat

penurunan, yang besarnya lebih dari 1 (Tabel 1 pers (2)). Modifikasi tersebut diharapkan dapat mempercepat proses iterasi yang dilakukan.

Persamaan (3) dalam tabel 1 adalah langkah pemampatan dengan pengandaian bahwa kedalaman tiap-tiap lapisan adalah seragam dalam skala logaritmik (Zohdy, 1989). Mengingat semakin curam gradien kurva tahanan jenis semunya, maka semakin besar perbedaan (kontras) tahanan jenis antar lapisannya atau dengan adanya perubahan gradien menunjukkan adanya perubahan tahanan jenis. Sehingga faktor perubahan gradien akan mempengaruhi segmentasi kurva tahanan jenis, yang berarti akan merubah nilai c , oleh karena itu dilakukan modifikasi pada parameter d dan c pada pers (3) yang hasilnya dituliskan pada pers (4).

Tabel 1. Modifikasi yang dilakukan terhadap perumusan Zohdy (Eddy dan Sismanto, 1998)

Parameter	Metode Zohdy Standar	Modifikasi
Segmentasi Data	6 segmen perdekade	8 segmen perdekade
Derajat Penurunan	(1) $\rho_{i+1}(j) = \rho_i(j) \left[\frac{\rho_{oi}(j)}{\rho_{ci}(j)} \right]$	(2) $\rho_{i+1}(j) = \rho_i(j) \left[\frac{\rho_{oi}(j)}{\rho_{ci}(j)} \right]^n$
Proses Pemampatan	(3) $d_i = d_1 \cdot 10^{(i-1)/c}$	(4) $a_i = \left \frac{\log(\rho_{i+1}) - \log(\rho_i)}{\log(x_{i+1}) - \log(x_i)} \right $ $c_i = L + a_i(U - L)$ $d_i = d_{i-1} * 10^{(1/c_i)}$

dengan $\rho(j)$: tahanan jenis sebenarnya lapisan j pada iterasi ke- i

$\rho_{oi}(j)$: tahanan jenis semu kurva lapangan cuplik ke- j pada iterasi ke- i

$\rho_{ci}(j)$: tahanan jenis semu kurva model cuplik ke- j pada iterasi ke- i

n : derajat penurunan yang merupakan nilai variabel

- d_1 : kedalaman lapisan pertama
 d_i : kedalaman lapisan ke- i ($i = 2,3,4 \dots N$)
 c : banyaknya segmen per dekade yang baru
 a_i : gradien kurva tahanan jenis semu ke- i
 ρ_i : tahanan jenis semu data masukan ke- i
 x_i : absis data masukan ke- i
 L : nilai c minimum
 U : nilai c maksimum

Persamaan (4) menunjukkan bahwa nilai segmentasi c bergantung pada gradien a , yang besarnya di diantara nilai segmentasi batas bawah (L) dan batas atas (U). Nilai maksimum gradien positif (kurva naik) adalah 1, sedangkan untuk kurva turun nilai gradiennya bisa < -1 . Untuk kasus turun gradien yang muncul dibatasi -1 , sehingga secara umum dapat dinyatakan bahwa harga mutlak gradien maksimum untuk kurva naik maupun turun adalah $|1|$. Hasil interpretasi melalui persamaan (4) disebut sebagai hasil dari metode *auto-depth*.

III. METODE PENELITIAN

Data tahanan jenis semu lapangan diperoleh dari penelitian mahasiswa, data geolistrik proyek air tanah, dan data sekunder dari jurnal-jurnal geofisika yang sebagian telah memiliki data pembanding yaitu; data lubang bor atau hasil interpretasi masing-masing penulis. Data tersebut diinterpretasi ulang dengan menggunakan metode *auto-depth* yang hasilnya akan dibandingkan dengan data referensinya atau dibandingkan berdasarkan nilai kesalahan pukul rata kuadrat modelnya.

IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

IV.1 Penggunaan Metode *Auto-depth* pada Kasus Daerah India

Uji coba ini merupakan studi kasus menggunakan data dari Ghosh (1986). Data diambil dari daerah Madhya Pradesh, India, untuk proyek hidroelektrik. Data ini masih asli belum dilakukan penghalusan seperti yang digunakan Eddy

dan Sismanto (1998). Data sebenarnya terduplik dalam 6 segmen per dekade yang kemudian dicuplik menjadi 8 segmen dengan interpolasi linier. Data dilewatkan dalam dua kali iterasi untuk menghilangkan noise yang ada.

Hasil interpretasi dengan menggunakan metode *auto-depth* (gambar 3) menunjukkan tiga lapisan batuan dengan lapisan kedua memiliki tahanan jenis rendah. Diinterpretasikan bahwa pada kedalaman sekitar 1 sampai 10 meter adalah lapisan akuifer, dan lapisan ketiga adalah basement. Kesalahan rms setelah proses penapisan adalah 0.44 %, dengan $n = 1$ dan faktor pergeseran yang terjadi 1 dB. Perbandingan dengan hasil interpretasi Ghosh (1986) memberikan pernyataan bahwa model yang diperoleh cukup dekat, tetapi karena metode *auto-depth* menggunakan multi layer, maka perubahan kontras yang sangat tinggi tidak dapat diikuti.

IV.2 Penggunaan Metode *Auto-depth* pada Kasus Daerah Kulon Progo, DIY

Data berikut diperoleh dari hasil penelitian Tri (1997) yang merupakan penelitian untuk eksplorasi air tanah. Gambar 4a (atas) merupakan tampilan titik G-75, yang diinterpretasikan dengan metode *auto-depth* menggunakan harga $L=6$ dan $U=16$, $n=1$ menghasilkan kesalahan $rms = 0.35\%$ dengan data tertapis. Interpretasi yang diperoleh adalah 5 lapisan dengan variasi tahanan jenisnya. Walaupun data lapangan cukup kasar, ternyata efek penapisan dari metode ini mampu memperhalus hasil interpretasinya secara otomatis.

Gambar 4b (tengah) adalah tampilan titik G-77, diinterpretasikan dengan metode *auto-depth*, nilai $L=6$, $U=15$, dan $n=1$, menghasilkan kesalahan rms 0.16 % dengan data tertapis. Data lapangan merupakan data yang cukup datar, dan interpretasi *auto-depth* ternyata dapat menginterpretasikan dengan baik. Gambar 4c (bawah) merupakan tampilan data titik G-78, menggunakan nilai bawah $L=6$, nilai atas $U=16$, dan $n=1$, kesalahan rms yang diperoleh 0.39 %.

Apabila dibandingkan dengan hasil interpretasi yang dilakukan oleh Tri (1997) dengan metode Pekeris, menunjukkan perbedaan model yang cukup signifikan. Model-model interpretasi yang dihasilkan Tri (1997) kurang dapat

mengikuti perubahan-perubahan yang cukup kecil pada data tahanan jenis yang relatif horisontal, karena jumlah lapisan model sudah ditentukan terlebih dahulu.

IV.3 Penggunaan Metode *Auto-depth* pada Kasus Daerah Lembah Curlew, Utah

Data pada kasus ini diambil oleh Glen (1973, dalam Inman, 1975) dan digunakan untuk eksplorasi air tanah. Data diinterpretasikan dengan metode *auto-depth*, nilai batas bawah $L=5$, dan nilai atas $U=16$, menggunakan harga $n=1$. Kesalahan *rms* antara data interpretasi dengan data setelah ditapis adalah 0.73 %. Hasil pengamatan (gambar 5) menunjukkan bahwa terjadi perubahan tahanan jenis yang sangat tajam pada kedalaman sekitar 20 meter. Hal ini mengindikasikan bahwa terjadi perubahan jenis batuan. Andaikan saja pengukuran dimulai pada $AB/2$ yang kurang dari 10 m, kita dapat memperkirakan tahanan jenis batuan di atasnya. Hasil ini relatif lebih bisa diterima apabila dibandingkan dengan data lubang bor sebagai referensinya.

IV.4 Penggunaan Metode *Auto-depth* pada Kasus Bonnevil (Inman, 1975)

Pada kasus ini data diambil dari lembah danau Bonnevil, yang merupakan daerah sedimentasi dan memiliki tahanan jenis rendah karena kandungan garam yang tinggi. Pada daerah ini, karena tidak terdapat data lubang bor, maka digunakan hasil interpretasi inversi dari Inman (1975). Hasil interpretasi *auto-depth* dapat dilihat pada gambar 6. Hasil interpretasi *auto-depth* menunjukkan kelakuan yang cukup baik karena tidak memunculkan lapisan yang tipis dan memiliki kontras yang tinggi karena lapisan itu biasanya tidak terdapat di lapangan. Pada lapisan-lapisan yang dangkal, terdapat kesamaan antara hasil interpretasi *auto-depth* dengan inversi Inman (1975), tetapi pada lapisan yang lebih dalam, terdapat perbedaan interpretasi karena Inman (1975) menginterpretasikan adanya lapisan tipis dengan kontras yang cukup tinggi. Interpretasi *auto-depth* menggunakan harga $L=7$, $U=9$, dan $n=1$, menghasilkan *rms error* = 0.21% dengan data tertapisnya.

V. KESIMPULAN

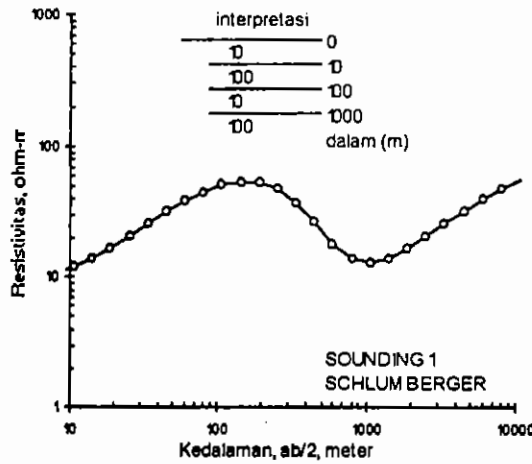
Pemampatan dengan metode *auto-depth* dapat menyelesaikan kasus data lapangan dengan kontras tahanan jenis yang tinggi. Hasil uji terhadap beberapa data riel lapangan membuktikan bahwa modifikasi metode ini memberikan hasil model interpretasi yang realistis secara visual, dengan pemberian harga U , L , dan n yang tepat.

UCAPAN TERIMAKASIH

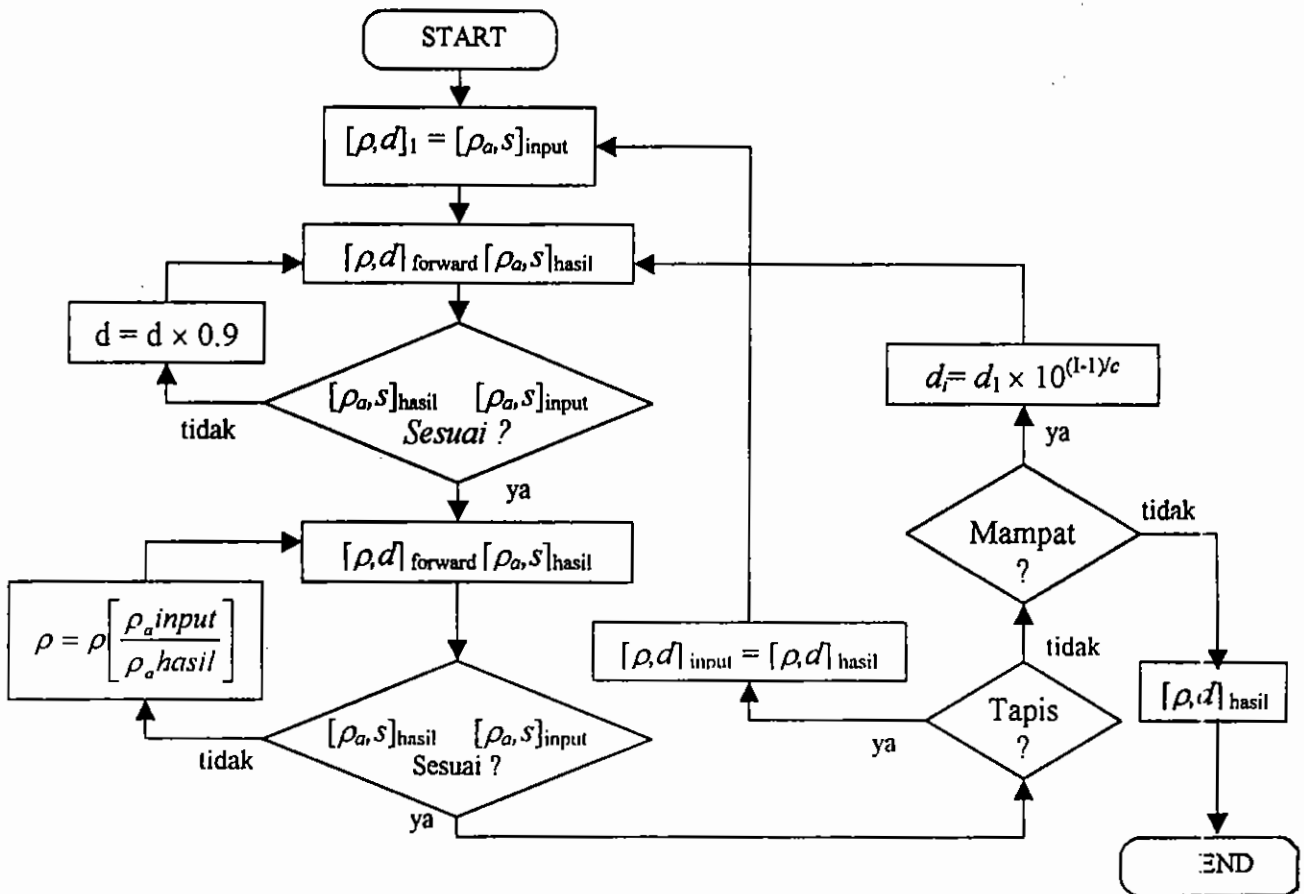
Terimakasih diucapkan kepada Lab Geofisika, FMIPA, UGM atas semua fasilitas yang telah diberikan.

DAFTAR PUSTAKA

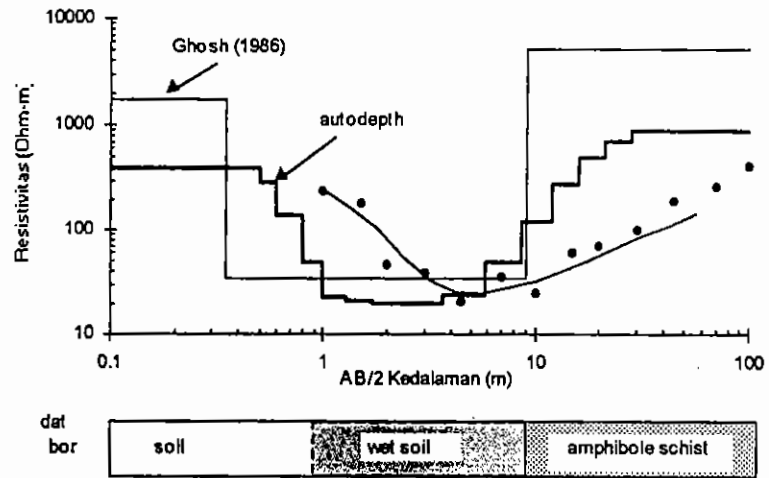
- Barker, R., Blunk, I., Smith, I., 1996, *Geophysical Consideration in the design of the UK National Resistivity Sounding Database*, First Break, v.14,2,45-51.
- Dahlin, T., 1996, *2D Resistivity surveying for environmental and Enggineering Application*, First Break, v.14,7,275-283.
- Eddy, H. dan Sismanto, 1998, *Interpretasi resistivity Sounding Schlumberger dengan metode iterasi grafis 8 digit perdekade*, Prosiding PIT XXIII Himpunan Ahli Geofisika Indonesia, 1998.
- Faridl, A., 1998, *Penyelidikan keberadaan batuan situs purbakala candi Kedulan dengan metode tahanan jenis*, Skripsi S-1, Geofisika FMIPA UGM.
- Hobbs, B.A., dan Dumitrescu, C.C., 1997, *One dimensional magnetotelluric inversion using an adapatation of Zohdy's resistivity methods*. Geoph Prosp., 45, 1027-1044.
- Inman, J.R., 1975, *Resistivity inversion with ridge regression*, Geoph, V.40, 798-817.
- Tri, N.S., 1997, *Interpretasi Langsung data tahanan jenis semu di daerah Kulon Progo dengan metode Pekeris*, Skripsi S-1, Geofisika FMIPA UGM.
- Zohdy, A.A.R., 1989, *A new method for the automatic interpretation of Schlumberger and Wenner sounding curves*, Geophysics, 54, 245-253.



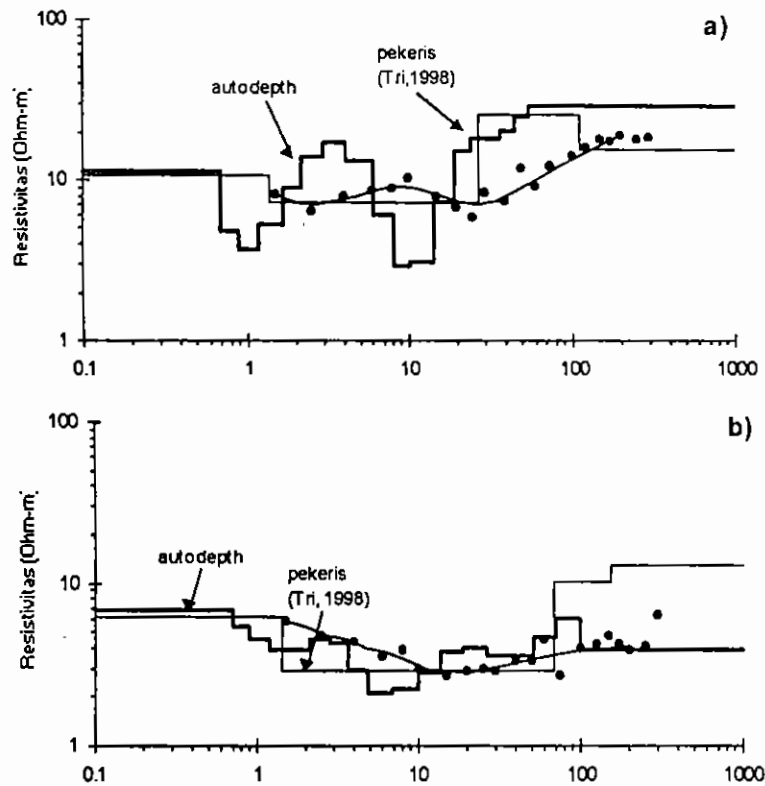
Gambar 1. Kurva pemodelan tahanan jenis semu dengan tapis linier 8 segmen tanpa derau dibandingkan dengan kurva model tahanan jenis sebenarnya

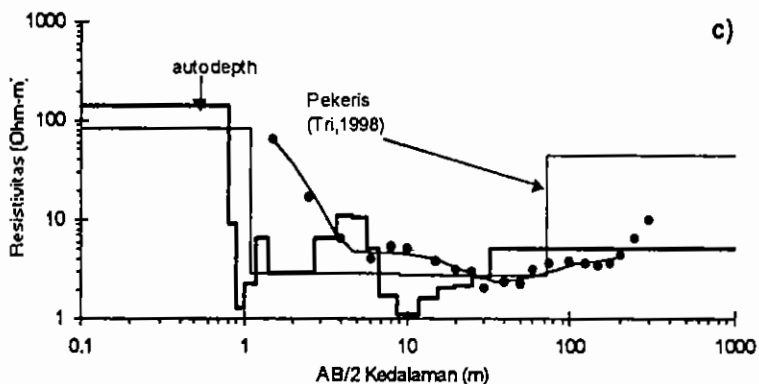


Gambar 2. Diagram alur metode inversi tahanan jenis Zohdy. Perumusan di atas adalah perumusan sebelum dilakukan modifikasi (dimodifikasi dari Eddy dan Sismanto, 1998)

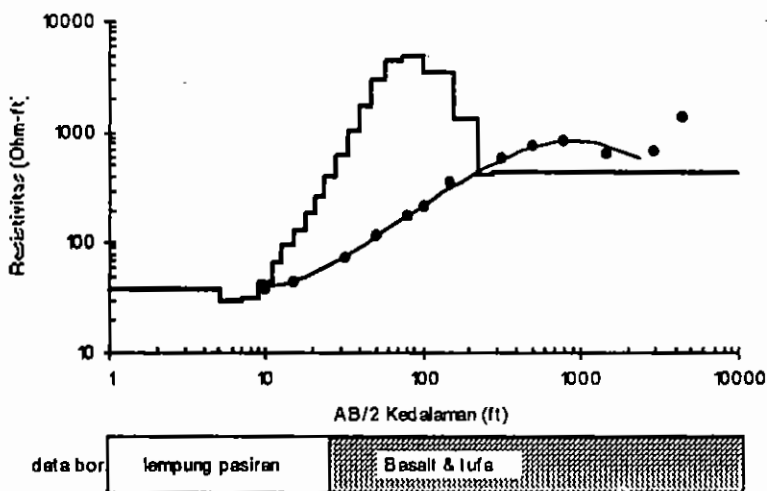


Gambar 3. Interpretasi dengan menggunakan data dari daerah Madhya Pradesh, India, penjelasan lihat teks

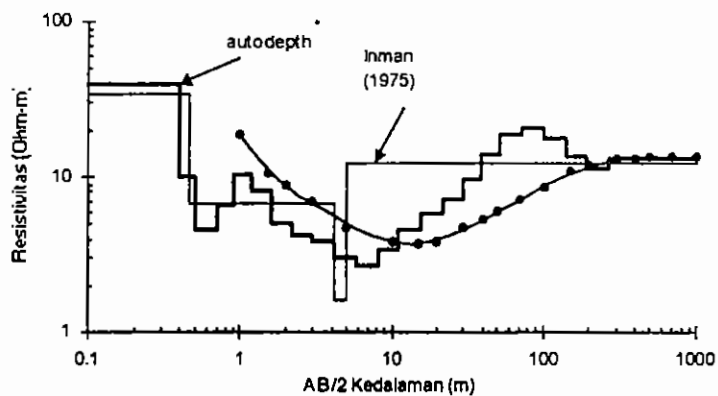




Gambar 4. Interpretasi data penentuan lokasi air tanah di daerah Kulon Progo, DIY. Gambar atas (a) adalah titik sounding G-75, gambar tengah (b) adalah titik sounding G-77, dan gambar bawah (c) adalah titik sounding G-78 (penjelasan lihat teks)



Gambar 5. Interpretasi data lapangan dari daerah Utah bagian Utara, (penjelasan lihat teks)



Gambar 6. Interpretasi data lapangan dari data lembah danau Bonnevil (penjelasan lihat teks)