

Efektifitas Penggunaan Metode Inversi Damped Least Squares Pada Kurva Konfigurasi Schlumberger Dalam Menentukan Struktur Bawah Tanah

The Effectiveness of Using the Damped Least Squares Inversion Method on the Schlumberger Configuration Curve in Determining Underground Structures

Miftahurrosyada¹, Annida Rifqoh Zakiyah², Fatiha Salsabiila³, Riska Anjun Putrianti⁴, Rahmat Catur Wibowo^{5*}, Ahmad Zaenudin⁶

Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik Universitas Lampung, Lampung, Indonesia

*Email: rahmat.caturwibowo@eng.unila.ac.id

ABSTRAK

Telah dilakukan pengolahan dari data geolistrik metode schlumberger menggunakan program inversi kuadrat *damped least squares* dengan metode geolistrik untuk mengetahui struktur bawah tanah yang sangatlah cocok untuk kasus dalam lingkup kecil misalnya pada sekitar daerah Lapangan Sepak Bola UNILA tersebut. Data yang digunakan merupakan hasil pengukuran yang dilakukan tahun lalu dengan alat Naniura NRD 300 HF. Dengan mengolah data menggunakan *software* MATLAB akan didapatkan kurva resistivitas dan kedalaman sebenarnya yang kemudian akan dibandingkan dengan hasil pengolahan *software* IPI2WIN. Tujuan dari pengolahan ini adalah untuk membuktikan bahwa metode ini lebih efektif dimana didapatkan nilai *RMS error* yang dominan lebih kecil karena iterasi yang telah dilakukan menjadikan hasil cukup valid dalam menggambarkan peralihan bawah tanah. Dengan dilakukan pengolahan ini diharapkan metode ini dapat terus dikembangkan dalam analisis lanjutan pada penentuan peralihan bawah tanah.

Kata Kunci: *Inversi Damped Least-Squares; Schlumberger; Resistivitas; MATLAB.*

ABSTRACT

The geoelectrical data processing has been carried out using the Schlumberger method using the damped least-squares inversion program with the geoelectric method to determine the underground structure which is very suitable for cases in a small scope, for example around the UNILA Football Field area. The data used is the result of measurements made last year with the Naniura NRD 300 HF tool. By processing the data using the MATLAB software, the resistivity curve and the actual depth will be obtained which will then be compared with the results of the IPI2WIN software processing. The purpose of this processing is to prove that this method is more effective where the dominant RMS error value is smaller because the iterations that have been carried out make the results quite valid in describing the subsoil layer. With this processing, it is hoped that this method can continue to be developed in further analysis in determining the subsoil layer.

Keyword: *Damped Least-Squares Inversion; Schlumberger; Resistivity; MATLAB*

PENDAHULUAN

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang mempelajari sifat aliran listrik di dalam bumi dan bagaimana cara mendeteksinya di permukaan bumi. Dalam hal ini meliputi pengukuran potensial dan pengukuran arus yang terjadi baik secara alamiah maupun akibat injeksi arus kedalam bumi. Oleh karena itu metode geolistrik mempunyai banyak macam, salah satunya

adalah metode geolistrik tahanan jenis (Hendrajaya dan Arif, 1990).

Tujuan dari survei geolistrik adalah untuk menentukan distribusi resistivitas dibawah permukaan dengan membuat pengukuran di permukaan tanah. Pengukuran resistivitas secara normal dibuat dengan cara menginjeksikan arus ke dalam tanah melalui dua elektroda arus, dan mengukur beda tegangan yang dihasilkan pada dua elektroda potensial. Dari pengukuran ini resistivitas yang

sebenarnya dari bawah permukaan dapat diperkirakan. Resistivitas tanah berkaitan dengan berbagai parameter geologi seperti mineral dan konten cairan, porositas, derajat patahan, persentase dari patahan diisi dengan air tanah dan derajat dari saturasi air di batuan (Singh dkk., 2004).

Kondisi bawah permukaan bumi terdiri dari lapisan-lapisan yang tersusun dari material tertentu. Material-material tersebut memiliki sifat kelistrikan yang berbeda. Sifat kelistrikan ini salah satunya dipengaruhi oleh kandungan air pada suatu lapisan. Jika suatu lapisan mengandung air tanah, lapisan tersebut memiliki nilai resistivitas yang rendah dibanding lapisan sekitarnya (Koefoed, 1979).

Pendugaan geolistrik ini dimaksudkan untuk memperoleh gambaran mengenai lapisan tanah di bawah permukaan dan kemungkinan terdapatnya air tanah dan mineral pada kedalaman tertentu. Pendugaan geolistrik ini didasarkan pada kenyataan bahwa material yang berbeda akan mempunyai tahanan jenis yang berbeda apabila dialiri arus listrik. Air tanah mempunyai tahanan jenis yang lebih rendah daripada batuan mineral. Beberapa penelitian yang terkait dengan pendugaan geolistrik ini diantaranya: penyelidikan untuk mengetahui sebaran mineral batu bara (Azhar dkk., 2003).

Dalam geofisika secara umum dikenal model dan parameter model yang digunakan untuk mengkarakterisasi suatu kondisi geologi bawah permukaan. Proses estimasi model dan parameter model berdasarkan data yang diamati dipermukaan bumi hingga menghasilkan respon yang cocok dengan data pengamatan atau data lapangan disebut pemodelan. Dalam pemodelan dikenal istilah *forward modelling* dan *inverse modelling*. *Forward modelling* adalah 2 proses perhitungan data yang secara teoritis akan teramati di permukaan bumi jika diketahui harga parameter model bawah-permukaan tertentu dengan cara coba-coba (*trial and error*) sedangkan *inverse modelling* sering dikatakan sebagai “kebalikan” dari *forward modelling* karena dalam *inverse modelling* parameter

model diperoleh secara langsung dari data (Grandis, 2009).

Dekomposisi Nilai Singular (SVD) adalah teknik terkenal yang digunakan di banyak bidang ilmu terapan termasuk ilmu bumi. Ini dapat dengan mudah diterapkan pada masalah geofisika skala kecil. Ini kuat secara matematis dan stabil secara numerik dan juga memberikan informasi penting lainnya tentang keadaan model dan data sehingga memungkinkan resolusi model dan studi kovarians (Meju, 1994).

IPI2WIN adalah program interpretasi *curve matching* secara komputer, merupakan salah satu *software* yang dirancang untuk menginterpretasikan data pengukuran listrik secara *sounding*, dimana kurva ditampilkan dan diinterpretasikan dalam bentuk profil tunggal (Firdaus, 2007).

IPI2WIN dapat juga digunakan pada pemodelan *forward* dan *inverse* 1D. permasalahan pemodelan *inverse* di pecahkan dengan menggunakan variant algoritma Newton untuk nilai lapisan terendah atau diregulasi lebih baik lagi dengan algoritma algoritma yang minimum. Informasi yang diperoleh dalam bentuk kedalaman tiap lapisan dan nilai resistivitasnya. Parameter model untuk arus *sounding* meliputi: resistivitas, ketebalan, kedalaman dan ketinggian, dipresentasikan dalam bentuk *pseudo-log*. Kurva teoritik diplot menggunakan garis merah. Dengan menggunakan kurva selanjutnya yang diperoleh dari data yang di input (meliputi jarak AB/2, arus dan beda potensial serta nilai resistivitas semu yang diperoleh), dicocokkan dengan kurva teoritik hingga memperoleh nilai koreksi *error* yang paling kecil. Dalam pencocokan antara kurva teoritik dengan kurva dari input data menunjukkan perubahan nilai resistivitas, saat menggeser kurva teoritik ke atas atau ke bawah, dan perubahan ketebalan dan kedalaman saat menggeser kurva teoritik ke kanan atau ke kiri agar sejajar kedua kurva tersebut. Selanjutnya dilakukan transformasi hingga diperoleh tampilan penampang *pseudo cross-section* dan penampang resistivitas sebenarnya yang merupakan hasil inversinya (Shevenin dan Modin, 1999).

Inversi *least square* dilakukan untuk mendapatkan optimasi dalam mencari model yang merupakan representasi terbaik, dengan mengkombinasikan inversi Jacobi dan inversi *Singular Value Decomposition* (SVD), sehingga kurva resistivitas yang dihasilkan sangat mendekati dengan kurva resistivitas semunya dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Walaupun dengan memberi inisial awal yang jauh dari sebenarnya namun hasil kombinasi inversi Jacobi dan SVD memberikan suatu resolusi model yang sangat memuaskan, selain itu SVD juga dapat mendekomposisi matriks yang berukuran besar sehingga memudahkan dalam pengolahan data.

Pada pengolahan ini digunakan metode Inversi *Damped Least-Squares* dalam menentukan struktur bawah tanah pada daerah pengukuran Lapangan Sepak Bola UNILA. Pengolahan dilakukan pada *software* IPI2WIN dan MATLAB dengan nilai pemodelan yang sama. Berdasarkan hasil pengolahan data tersebut akan diperoleh penampang geolistrik tahanan jenis vertikal terhadap kedalaman. Hasil yang didapatkan akan menjelaskan *software* mana yang lebih unggul dalam efektifitas menentukan nilai resistivitas dan ketebalan yang sebenarnya.

METODE PENELITIAN

Data Pengukuran

Dalam melakukan pengolahan ini, digunakan data pengukuran Konfigurasi Schlumberger yang dilakukan di Lapangan Sepak Bola – Universitas Lampung dengan koordinat UTM yaitu X = 5.2650325° dan Y = 94.0711819° serta elevasi sebesar 116 meter pada zona 48S. Lokasi Pengukuran tersebut ditunjukkan pada Gambar 1.

Pada pengukuran Metode Geolistrik Konfigurasi Schlumberger ini dilakukan titik *sounding* sebanyak 72 titik dengan panjang lintasan yaitu 100 meter. Alat yang digunakan berupa Naniura NRD 300HF, GPS dan Aki sebesar 12 V.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Konsep Pemodelan

Setelah diketahui nilai potensial dan arusnya, maka selanjutnya dapat diperoleh nilai resistivitasnya. Dimana digunakan rumus faktor geometri konfigurasi Schlumberger sebagai berikut.

$$K = \pi \left[\frac{((AB)^2 - (MN)^2)}{2MN} \right]$$

Dalam langkah penyelesaian analitik data resistivitas semu dan parameter lapisan digunakan integral Hankel pada fungsi Kernel dan penurunan orde pertama dari fungsi Bessel (Koefoed, 1990).

$$\rho_{as}(s) = s^2 \int_0^{\infty} T(\lambda) J_1(\lambda s) d\lambda$$

$T(\lambda)$ merupakan fungsi transformasi resistivitas yang digunakan menghitung respon forward modelling data sounding resistivitas DC.

$$T_i(\lambda) = \left[\frac{T_{i+1}(\lambda) + \rho_i \tanh(\lambda d_i)}{1 + \frac{T_i(\lambda) \tanh(\lambda d_i)}{\rho_i}} \right] \quad i=n-1, \dots, 1$$

Secara garis besar, pengolahan ini dilakukan dengan metode *Forward Modelling* dan *Inverse Modelling*. Pada metode *Forward Modelling*, data lapangan akan disesuaikan dengan data teoritis yang diubah harga parameter model melalui respon coba-coba (*trial and error*). Disebabkan membutuhkan waktu yang lama karena perlu dikerjakan secara manual maka metode ini kurang efektif. Namun pada data yang memiliki noise cukup besar, metode ini dapat memproses data dengan otomatis dan objektif pada usaha mencari model yang fit respon. Sedangkan pada metode *Inverse Modelling* merupakan lanjutan dari

metode sebelumnya. Dengan *inverse* yang memproses data sehingga dihasilkan respon yang fit dimana diperlukan fungsi objektif yang harus diminimumkan (Grandis, 2009).

Penyelesaian yang matematis kuat dan stabil secara numerik serta menyediakan informasi penting lainnya tentang keadaan model dan data sehingga memungkinkan resolusi Model dan studi kovarians namun tidak logis untuk masalah skala besar ini dikenal dengan teknik *Singular Value Decomposition* (SVD). Kemudian pada data geolistrik yang juga kompleks dengan perubahan kecil pada data dapat membawa perubahan yang besar pada model, maka perlu diberikan inisial awal untuk mendekati seperti model yang sebenarnya (Roy, 1999). Inversi *Damped Least-Squares* inilah yang dapat menjadi solusi, dengan menambahkan parameter pada diagonal $a^T a$ yang membantu untuk meningkatkan tingkat arus langsung (*direct current*) dari *eigen values* sehingga tidak ada nilai eigen yang dapat menjadi nol. Sehingga SVD yang digunakan pada solusi *Damped Least-Squares* memiliki persamaan sebagai berikut.

$$\Delta m = (VS^2V^T + \varepsilon^2 I)^{-1} VSU^T \Delta d$$

Dimana Δm merupakan parameter vektor koreksi, Δd merupakan data vektor perbedaan data, I adalah matriks identitas dan ε disebut *damping factor*.

Teknik Pengolahan

Data pengukuran yang telah didapatkan dan dihitung nilai resistivitas semu (*apparent resistivity*) menggunakan konfigurasi Schlumberger tersebut, selanjutnya akan diolah pada software MATLAB dengan menginput nilai resistivitas semu berbarengan dengan panjang bentangan ($AB/2$) yang dijadikan data awal pengolahan. Kemudian diinput pula nilai *true resistivity* dan jumlah lapisan sintetik sehingga program akan melakukan pengolahan dengan iterasi yang diperlukan sehingga didapatkan solusi atau kurva model untuk nilai resistivitas dan ketebalan yang sebenarnya. Prosedur inversi dikendalikan oleh dua fungsi misfit dalam iterasi. Ketika batas kesalahan yang telah

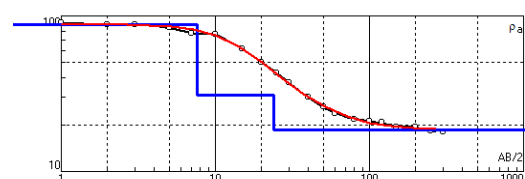
ditentukan tercapai, prosedur inversi dihentikan secara otomatis. Nilai *Root Mean Square (RMS) Error* yang kecil menunjukkan besarnya penyimpangan kurva teori terhadap kurva lapangan.

Setelah semua data yang dibutuhkan telah dimasukkan maka program tersebut memulai proses pengolahan data dengan bagiannya sebagai berikut.

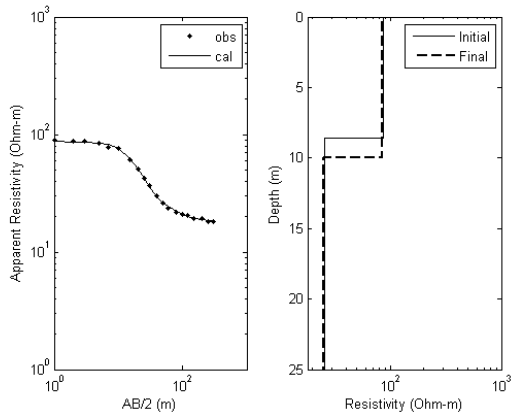
1. Pada program utama yaitu VES1dinv akan dilakukan pembacaan data resistivitas semu yang diamati dan jarak $AB/2$ dari file data, inputan nilai resistivitas dan ketebalan sintetik akan diproses dan dilakukan inversi data resistivitas semu dengan didasarkan pada metode *Damped Least-Squares* dengan SVD.
2. Program dari Fungsi Jacobian akan menghitung turunan parsial menggunakan parameter secara numerik dengan menggunakan nilai interval perbedaan yang telag ditentukan sehingga membentuk matriks Jacobian.
3. Program dari Fungsi VES1dmod akan menghitung data resistivitas semu dari nilai yang telah ditentukan untuk konfigurasi elektroda Schlumberger dengan menggunakan koefisien filter (Nyman dan Landisman, 1990).

Kemudian dilanjutkan dengan pengolahan data pengukuran menggunakan software IPI2WIN dengan menginput nilai resistivitas dan ketebalan sintetik yang sama sehingga hasil pengolahan dapat dibandingkan.

Sebagai contoh pengujian juga dilakukan dengan suatu model data sintetik. Hal ini dimaksudkan agar diketahui konsep dasar dari pengolahan geolistrik menggunakan solusi *Damped Least-Squares* dimana hasil menunjukkan *error* yang sangat kecil karena tidak adanya *noise*.



Gambar 2. Kurva hasil pengolahan Model Sintetik menggunakan IPI2WIN



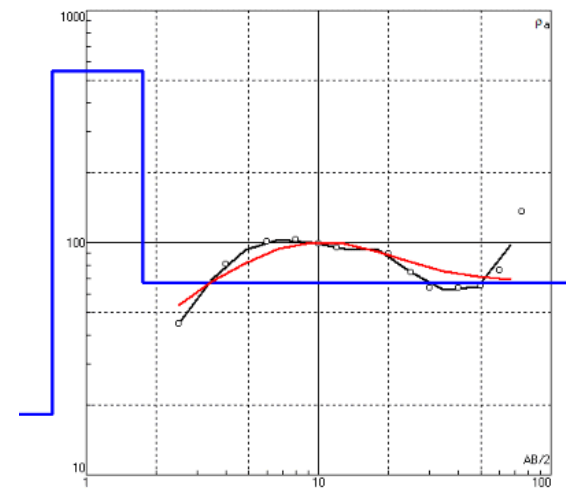
Gambar 3. Kurva hasil pengolahan Model Sintetik menggunakan MATLAB

Digunakan tiga lapis pemodelan dalam menentukan resistivitas sebenarnya. Dengan berpatokan pada nilai resistivitas semu sintetik pada kedua pengolahan tersebut maka didapatkan bahwa kurva mengalami penurunan nilai dengan nilai resistivitas semu yang digunakan jauh dari sebenarnya. Pada model sintetik ini didapatkan nilai *error* sebesar 2.15% yang terbilang cukup kecil.

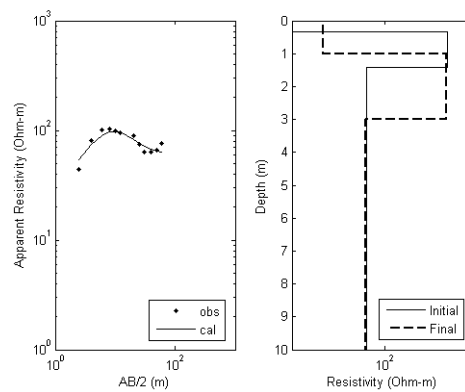
HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan peta topografi daerah penelitian, wilayah Provinsi Lampung dapat digolongkan menjadi satuan morfologi dataran rendah, dataran tinggi perbukitan bergelombang dan morfologi pegunungan. Dengan demikian kondisi geologi wilayah Provinsi Lampung dikelompokkan menjadi tiga bagian satuan batuan, yaitu kelompok batuan pratersier, kelompok batuan tersier, dan kelompok batuan kuarter.

Berdasarkan dari hasil pengolahan yang telah dilakukan pada data hasil pengukuran di Lapangan Bola Universitas Lampung didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5. *Noise* yang dimiliki oleh data hasil pengukuran tersebut, terlihat pada kurva yang cukup jauh berbeda dengan data yang sebenarnya.



Gambar 4. Kurva Pengolahan data Schlumberger menggunakan IPI2WIN



Gambar 5. Kurva Hasil Pengolahan data Schlumberger menggunakan MATLAB

Dari kedua data hasil pengolahan tersebut, dapat dilihat perbedaan antara pengolahan menggunakan *software* IPI2WIN dan MATLAB dimana didapatkan nilai resistivitas sebenarnya dan ketebalan yang cukup jauh berbeda.

Tabel 1 Tabel perbandingan hasil pemodelan antara IPI2WIN dan MATLAB

		Pengolahan IPI2WIN	Pengolahan MATLAB
	Data Sintetik	Hasil Pemodelan	
ρ	20 Ω m	18.2 Ω m	16.36 Ω m
	500 Ω m	548 Ω m	426.17 Ω m
	60 Ω m	67.2 Ω m	61.29 Ω m
d	1 m	0.71 m	0.63 m
	2 m	1.75 m	1.36 m
Error		14.8%	6.93%

Berdasarkan tabel resistivitas Telford (1990) maka didapatkan hasil bahwa terdapat tanah gamping pada lapisan tengah dengan nilai resistivitas yang besar dimana pada bagian atas dan bawah lapisan tersebut diperkirakan merupakan tanah lempung dengan nilai resistivitas berkisar antara 20-60 Ω m.

Kesalahan yang cukup kecil menunjukkan bahwa data yang diperoleh cukup baik. Namun untuk menentukan struktur lapisan tanah pada daerah penelitian tentu saja perlu dilakukan analisis lanjutan agar didapatkan hasil yang lebih valid dimana mengingat keterbatasan pada saat memperoleh hasil data pengukuran.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa interpretasi kurva Schlumberger menggunakan inversi least square pada MATLAB lebih efektif untuk menentukan nilai resistivitas dan ketebalan sebenarnya. Hasil pengolahan menunjukkan nilai RMS Error yang lebih kecil dibandingkan dengan menggunakan IPI2WIN.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu hingga dapat menyelesaikan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Azhar, A. 2003. *Media Pembelajaran*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Ekinci, Y.L dan Alper, D. 2008. *A Damped Least-Squares Inversion Program for the Interpretation of Schlumberger Sounding Curves*. Department of Geophysical Engineering, Canakkale Onsekiz Mart University, Turkey. Dapat diakses pada: <https://scialert.net/abstract/?doi=jas.2008.4070.4078>
- Grandis, H. 2009. *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika*. Himpunan Ahli Geofisika Indonesia.

- Hendrajaya, L. dan Arif, I. 1990. *Geolistrik Tahanan Jenis*. Bandung: Laboratorium Fisika Bumi Jurusan Fisika FMIPA ITB.
- Koefoed, O. 1979. *Geosounding Principles*, 1. Elsevier Sci. Pub. Co. New York.
- Meju, M.A. 1994. *Geophysical Data Analysis: Understanding Invers Problem Theory and Practice*. Society of Exploration Geophysics Course Notes Series, No. 6 1st Edn., SEG Publisher, Tulsa Oklahoma.
- Nyman, DC dan M. Landisman, 1977. VES dipole-dipole filter coefficients. *Geophysics*, 42: 1037-1044.
- Pinehas, D. Warsa. Determination of Groundwater Surface using Damped Least-Squares Inversion in the Bekasap Field, Riau. *Jurnal Geofisika*, Available from: <https://jurnalgeofisika.or.id/index.php/jurnalgeofisika/article/view/414>.
- Singh, K.B., Lokhande, R.D., Prakash, A. 2004. Multielectrode Resistivity Imaging Technique for The Study of Coal Seam. *Journal of Scientific and Industrial Research*, 63, 927-930.
- Winter, T. C., J. W. Harvey, O. L. Franke, dan W. M. Alley. 2005. *Concepts of Ground Water, Water Table, and Flow Systems*. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. Dapat diakses pada: http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegw_discharge.