

Aplikasi pemrograman inversi 2D menggunakan Matlab[®] pada data resistivity

A R Ferahenki¹, N D Ardi¹, D M Heditama² dan Y A Muttaqin²

¹ Departemen Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung 40154, Indonesia

² Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas Bumi, Badan geologi, Bandung, 40254, Indonesia

E-mail: ^a ardi.rizkia.ferahenki@student.upi.edu

Abstrak. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai resistivity sebenarnya dari data geolistrik pada daerah Teluk Santong, Nusa Tenggara Barat menggunakan metode inversi dengan bantuan program MATLAB[®]. Proses inversi yang dilakukan menggunakan metode least squares, sehingga perbedaan nilai resistivity model mendekati dengan nilai resistivity sebenarnya. Nilai resistivity pada survey geofisika diperlukan sebagai salah satu parameter dalam penentuan struktur bawah permukaan. Hasil inversi MATLAB[®] kemudian dibuat dalam bentuk penampang resistivity dua dimensi dan terdapat warna-warna yang menunjukkan tinggi rendahnya nilai resistivity. Hasil inversi ini kemudian dibandingkan dengan perangkat lunak yang telah ada untuk dilakukan perbandingan hasil yang dapat dilihat dalam nilai rms error. Pada penelitian ini konfigurasi yang digunakan adalah dipole-dipole dengan n hingga 7 dan spasi elektroda 50 meter. Penelitian ini menghasilkan nilai rms error yang didapat dari proses inversi matlab lebih kecil yaitu dibawah 10%. Hal ini dikarenakan proses inversi yang dilakukan oleh matlab dapat melakukan iterasi yang optimum.

1. Pendahuluan

Konsep dasar dari metode geolistrik adalah hukum Ohm yang menyatakan bahwa beda potensial yang timbul di ujung-ujung suatu medium berbanding lurus dengan arus listrik yang mengalir pada medium tersebut. Hukum Ohm ini juga menyatakan bahwa tahanan jenis listrik berbanding lurus dengan panjang medium dan berbanding terbalik dengan luas penampangnya. Hukum Ohm ini dapat diformulasikan sebagai berikut [1]:

$$R \sim \frac{L}{A} \text{ atau } R = \rho \frac{L}{A} \quad \dots(1)$$

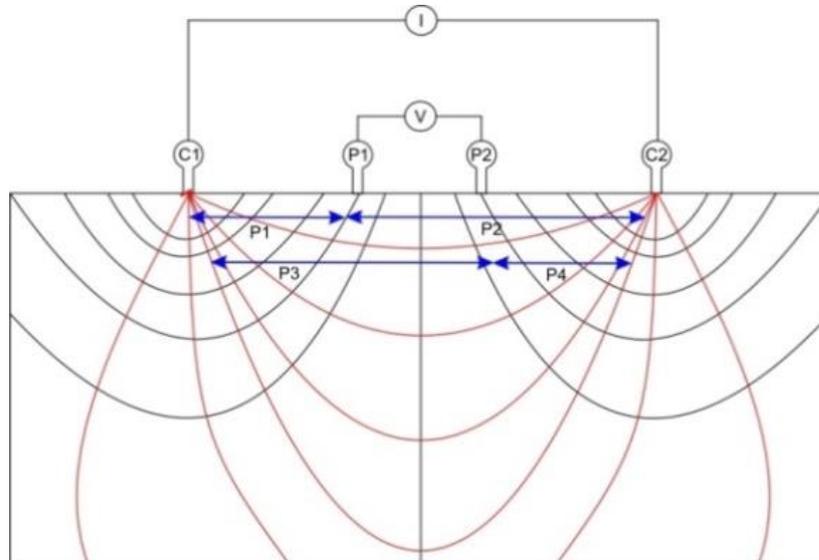
Dengan R adalah resistansi dan ρ adalah resistivity. Resistivity berbeda dengan resistansi (hambatan), resistansi tidak hanya bergantung pada bahan tetapi juga bergantung pada faktor geometri atau bentuk bahan tersebut, sedangkan resistivity tidak bergantung pada faktor geometri. Hubungan keduanya dapat dilihat pada persamaan 2 seperti berikut:

$$\rho = \frac{VA}{IL} \quad \dots(2)$$

Dimana A adalah luas penampang dan L adalah panjang bahan. Resistivity ini merupakan parameter utama yang dicari pada metode geolistrik.

Pada survey geolistrik ini parameter yang didapat merupakan nilai semu, hal ini dikarenakan metode ini menganggap bumi homogen [2]. Asumsi ini menyebabkan proses perhitungan tahanan

jenis lapisan-lapisan batuan bumi menjadi lebih sederhana, sehingga ρ dianggap tidak bergantung pada posisi dan merupakan fungsi skalar jarak titik pengamatan. Pada pengukuran geolistrik tahanan jenis elektroda ganda pada umumnya melibatkan dua elektroda arus C dan dua elektroda potensial P.



Gambar 1. Dua sumber arus pada medium homogen.

Potensial pada titik P_1 yang disebabkan oleh adanya arus elektroda yang mengalir dari C_1 dan C_2 adalah:

$$V_1 = \frac{I\rho}{2\pi r_1} \text{ dan } V_2 = -\frac{I\rho}{2\pi r_2} \quad \dots(3)$$

Beda potensial pada titik P_1 dipengaruhi oleh arus dari C_1 dan C_2 sehingga besarnya

$$V_1 + V_2 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) \quad \dots(4)$$

Sedangkan pada P_2 besarnya adalah:

$$V_3 + V_4 = \frac{I\rho}{2\pi} \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \quad \dots(5)$$

Sehingga beda potensial antara titik P_1 dan P_2 besarnya adalah

$$\Delta V = \frac{I\rho}{2\pi} \left[\left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right] = \frac{I\rho}{K} \quad \dots(6)$$

K merupakan faktor geometri yang bergantung pada susunan elektroda, besarnya nilai K adalah

$$K = 2\pi \left\{ \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) - \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) \right\}^{-1} \quad \dots(7)$$

Dengan

- r_1 = jarak elektroda C_1 dengan P_1
- r_2 = jarak elektroda C_2 dengan P_1
- r_3 = jarak elektroda C_1 dengan P_2
- r_4 = jarak elektroda C_2 dengan P_2

Nilai parameter sebenarnya dapat diestimasi menggunakan proses inversi, prinsip proses inversi ini adalah melakukan analisis terhadap data lapangan dengan cara melakukan *curve fitting* (pencocokan kurva) antara model matematika terhadap data lapangan [3]. Proses inversi adalah suatu proses pengolahan data lapangan yang melibatkan teknik penyelesaian matematika dan statistik untuk mendapatkan informasi yang berguna mengenai distribusi sifat fisis bawah permukaan. dalam prosesnya, inversi melakukan analisis terhadap data lapangan dengan cara melakukan *curve fitting* (pencocokan kurva) antara model matematika terhadap data lapangan. Tujuan dilakukannya inversi ini adalah untuk mengestimasi parameter fisis batuan yang tidak diketahui sebelumnya (*unknown parameter*) [3]. Tujuan dari proses inversi ini adalah untuk melakukan pemodelan struktur bawah permukaan bumi dari data geofisika [4]. Proses inversi yang dapat digunakan untuk pengolahan data geolistrik ini adalah *least square*. Proses inversi dengan metode *least square* ini bertujuan untuk mencari model optimum dengan kriteria kesalahan kuadrat terkecil, sehingga perbedaan antara model perhitungan dengan data lapangan tidak jauh berbeda [5].

Secara umum permasalahan inversi pada pengolahan data geofisika dapat disederhanakan dengan bentuk $d=Gm$, dengan “d” adalah data yang dimiliki dan “m” adalah parameter model yang dicari dan “G” adalah matrix kernel, sehingga untuk mendapatkan nilai m dapat dicari dengan persamaan

$$m = G^{-1}d \quad \dots(8)$$

Persamaan diatas berlaku jika kondisi ideal, namun pada kenyataannya data observasi sulit sekali menyerupai model, sehingga persamaan dapat ditulis menjadi:

$$d = Gm + e_i \quad \dots(9)$$

dengan e_i adalah jumlah kuadrat residual, untuk meminimalkan perbedaan antara data lapangan dengan model prediksi, maka nilai e_i harus seminimal mungkin, berikut merupakan formulasi untuk meminimalkannya.

$$q = e^T e = (d - Gm)^T (d - Gm) \dots(10)$$

Untuk mendapatkan nilai minimal maka turunan q terhadap m harus sama dengan nol.

$$\frac{\partial q}{\partial m} = \frac{\partial [d^T d - d^T Gm - m^T G^T d + m^T G^T Gm]}{\partial m} = 0 \quad \dots(11)$$

Maka akan diperoleh persamaan:

$$2G^T Gm = 2G^T d \quad \dots(12)$$

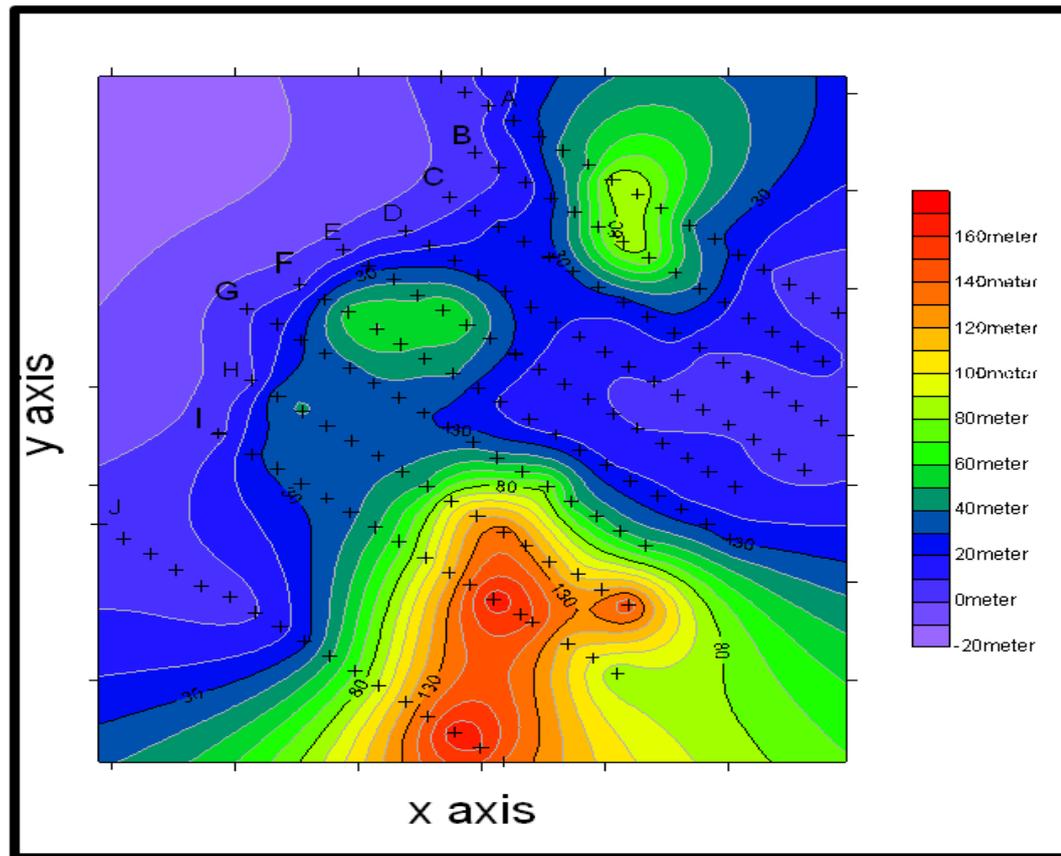
Sehingga didapat estimasi parameter model sebagai berikut :

$$m = [G^T G]^{-1} G^T d \quad \dots(13)$$

Persamaan tersebut disebut *unconstrained least square* terhadap masalah inversi $d=Gm$ [6].

2. Metode

Penelitian ini dilakukan di daerah Teluk Santong, Nusa Tenggara Barat. Lokasi penelitian merupakan daerah yang terdapat batuan gunung api berupa *tuff*, lava, dan breksi. Sedangkan batuan yang lainnya adalah batuan terobosan dan alluvial. Pada batuan *tuff* terdapat potongan yang disebabkan oleh urat kuarsa yang diduga termineralisasi emas [7]. Konfigurasi elektroda yang digunakan adalah dipole-dipol dengan spasi elektroda 50 meter dan n hingga 7. Pengukuran terdiri dari 10 lintasan dan masing-masing lintasan terbentang hingga 800 meter.

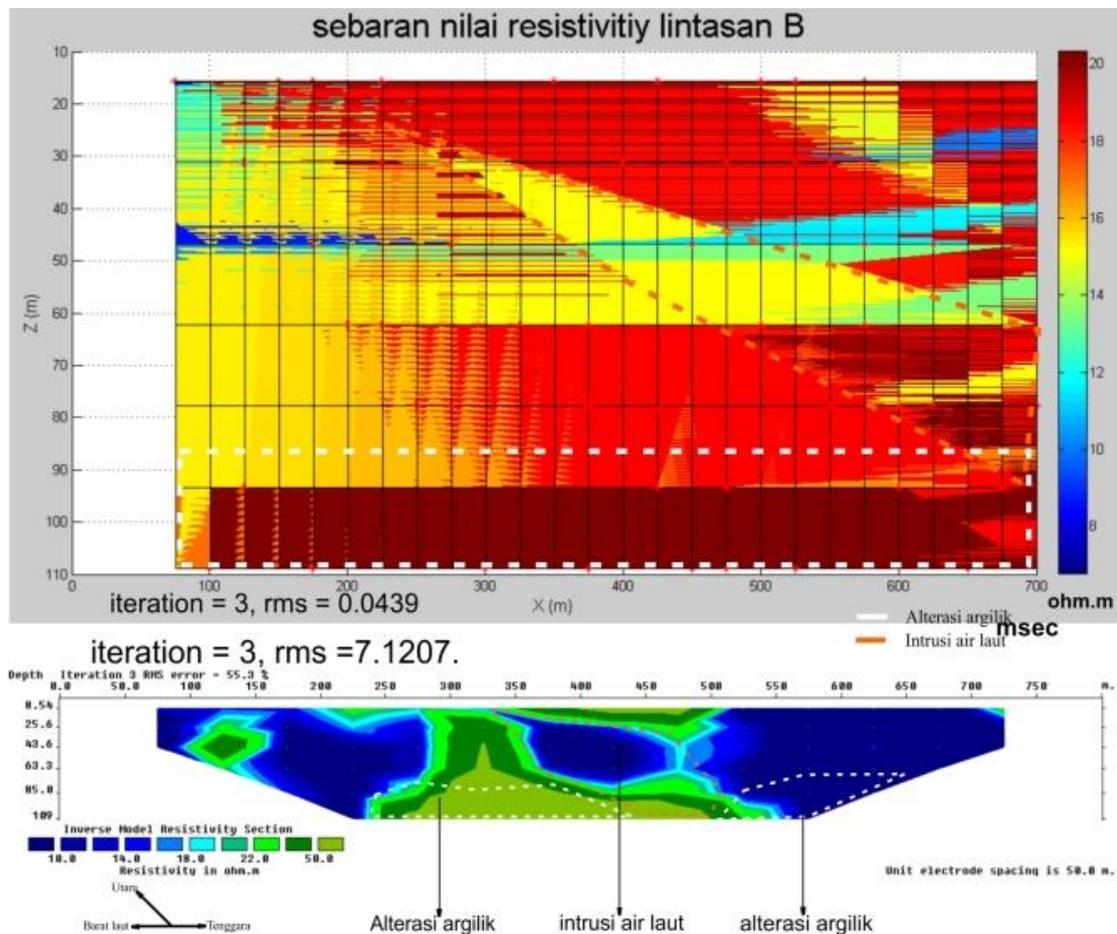


Gambar 2. Lintasan daerah penelitian.

Parameter yang diukur pada penelitian ini adalah kuat arus (I), beda potensial (V) dan spasi jarak elektroda. Sehingga didapatkan parameter *apparent resistivity* (ρ_a). Proses inversi untuk mengestimasi parameter sebenarnya dilakukan dengan metode *least square* dengan bantuan perangkat lunak MATLAB[®] dan RES2DINV sebagai pembanding hasil. Hasil inversi selanjutnya dibuat dalam bentuk penampang *resistivity* dua dimensi, dimana pada penampang terdapat warna-warna yang berbeda, setiap warna tersebut mewakili nilai parameter yang berbeda [8]. Hasil dari proses inversi inilah yang berguna untuk melakukan pemodelan bawah permukaan bumi [4].

3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil yang didapat dari penampang resistivitas oleh matlab dan RES2DINV seperti pada Gambar 3, didapat nilai rms error pada penampang matlab lebih kecil dibandingkan nilai rms error pada RES2DINV



Gambar 3. Penampang resistivitas dua dimensi Matlab (atas) dan RES2DINV (bawah).

Pada Gambar 3 merupakan lintasan b, pada lintasan ini terdapat anomali *resistivity* yang tinggi dibagian dasar penampang dan terdapat anomali *resistivity* yang menghujam kebawah permukaan dari arah barat daya menuju tenggara yang memotong struktur dengan nilai *resistivity* 0-10 Ohm.m pada jarak lintasan 250-500 meter yang diduga merupakan intrusi air laut. Menurut Indriana pada penelitiannya yang menguji nilai tahanan jenis polutan air laut dengan metode Ohmik dan geolistrik tahanan jenis skala laboratorium mendapatkan hasil bahwa nilai semakin besar konsentrasi air laut pada batuan maka akan semakin kecil nilai *resistivity*-nya [9].

Pada lintasan b ini terdapat anomali kedua yang berada pada kedalaman 90 meter dari permukaan yaitu dengan nilai *resistivity* sebesar 130 Ohm.m yang diduga merupakan zona alterasi Argilik, hal ini diperkuat dengan daerah penelitian yang terdapat mineralisasi emas. Penampang *resistivity* dua dimensi yang dihasilkan oleh MATLAB® dengan RES2DINV menghasilkan gambar yang serupa, namun pada hasil matlab nilai rms error memiliki angka yang lebih rendah yaitu sebesar 0,0439 dibandingkan RES2DINV yaitu sebesar 58,5.

4. Kesimpulan

Hasil menunjukkan bahwa *image* penampang *resistivity* dua dimensi antara hasil matlab dan RES2DINV memiliki kesamaan, namun dari tingkat kehalusan penampang dari matlab lebih kasar. Kelebihan dari program matlab ini adalah dapat melakukan iterasi optimum sesuai dengan kebutuhan peneliti. Dari hasil didapat juga nilai rms error dari matlab lebih kecil dibandingkan dari RES2DINV



Ucapan terimakasih (in Indonesia) or Acknowledgement (in English)

Terimakasih kepada seluruh tim peneliti dari Pusat Sumber Daya Mineral Batubara dan Panas bumi Bandung, serta seluruh tim dosen pembimbing departemen pendidikan fisika yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini.

Referensi

- [1] Malik M, Nur I dan Ilyas 2016 *J. Penelit. Geosains* **10** 2
- [2] Telford W M dkk 1990 *Applied Geophysics Vol 1* (Cambridge: Cambridge University Press)
- [3] Supriyanto 2007 Analisis Data Geofisika: Memahami Teori Inversi diakses dari http://www.academia.edu/download/37325373/Geofisika_2.pdf
- [4] Heditama D M 2011 *Pemrosesan Data Time Series pada Metode Magnetotellurik (MT) Menjadi Data Resistivity Semu dan Fase Menggunakan Matlab* (Depok: Universitas Indonesia)
- [5] Grandis H 2009 *Pengantar Pemodelan Inversi Geofisika* diakses dari <https://www.scribd.com/document/321320949/buku-inversi-2-doc>
- [6] Nurwidyanto I dan Setiawan A 2012 *Berkala Fis.* **14** (3) 93
- [7] Moe'tamar 2013 Eksplorasi Umum Logam Mulia di Kabupaten Sumbawa, Provinsi Nusa Tenggara Barat (Bandung: Pusat Sumber Daya Geologi)
- [8] Ardi N D dan Mimin I 2015 *AIP Conf. Proc.* 1677 (1) (Amerika: AIP Publishing)
- [9] Indriana R D dan Hernowo D 2006 *Berkala Fis.* **9**(3) 145