

Pemodelan Inversi Data Geolistrik untuk Menentukan Struktur Perlapisan Bawah Permukaan Daerah Panasbumi Mataloko

Eko Minarto*

Laboratorium Geofisika

Jurusan Fisika, FMIPA, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111

Intisari

Metode geolistrik (tahanan jenis) merupakan metode geofisika yang sangat populer dan sering digunakan baik dalam survey geologi maupun eksplorasi. Hal ini disebabkan karena metode geolistrik sangat bagus untuk mengetahui kondisi atau struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi tahanan jenis batuan, terutama untuk daerah yang mempunyai kontras tahanan jenis yang cukup jelas terhadap sekitarnya, misalnya untuk keperluan eksplorasi air tanah, panasbumi (*geothermal*). Penyelidikan panasbumi daerah Mataloko dengan menggunakan metode tahanan listrik konfigurasi *Schlumberger*, menunjukkan bahwa daerah tersebut mempunyai potensi struktur panasbumi yang ditunjukkan oleh nilai tahanan jenis yang relatif kecil. Hasil pemodelan inversi dengan menggunakan program IPI2WIN diperoleh model perlapisan bumi yang cukup bagus dengan eror dibawah 5% untuk setiap titik *sounding*. *True section* kedua lintasan menunjukkan bahwa terdapat lapisan yang bersifat konduktif dengan resistivitas $< 5 \Omega\text{m}$ pada kedalaman sekitar 800 m - 1000 m yang diperkirakan sebagai lapisan penutup dan lapisan dibawahnya (> 1000 m) yang bersifat agak resistif ($10 \Omega\text{m} - 100 \Omega\text{m}$) yang diperkirakan sebagai *reservoir* dari sumber panasbumi daerah Mataloko.

KATA KUNCI: geolistrik, tahanan jenis, Schlumberger, true section

I. PENDAHULUAN

Sumber daya alam panasbumi dewasa ini menjadi salah satu sumber energi alternatif yang banyak dikembangkan di banyak negara di dunia. Hal ini mengingat semakin sedikitnya cadangan minyak bumi yang tersedia yang selama ini menjadi sumber energi primadona. Tidak terkecuali Indonesia berusaha mengembangkan sumber energi panasbumi sebagai sumber energi alternatif. Fakta menunjukkan bahwa Indonesia merupakan daerah yang berpotensi akan sumber daya alam, termasuk sumber daya panasbumi. Diperkirakan Indonesia mempunyai potensi sumber daya sekitar 20.000 MW sumber panasbumi. Sampai saat ini baru sekitar 3,04% dari sumber daya yang ada atau kurang dari 1000 MW yang sudah dieksplorasi [1], sehingga perlu dilakukan penyelidikan lebih lanjut untuk pemanfaatan sumber daya panasbumi yang cukup potensial tersebut.

Metode geolistrik merupakan salah satu metode geofisika yang sangat populer dan sering digunakan baik dalam survey geologi maupun eksplorasi. Hal ini disebabkan karena metode geolistrik sangat bagus untuk mengetahui kondisi atau struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi tahanan jenis batuan. Terutama untuk daerah yang mempunyai kontras tahanan jenis yang cukup jelas terhadap sekitarnya, seperti untuk keperluan eksplorasi panasbumi.

TABEL I: Potensi sumber daya panasbumi Indonesia (2000)

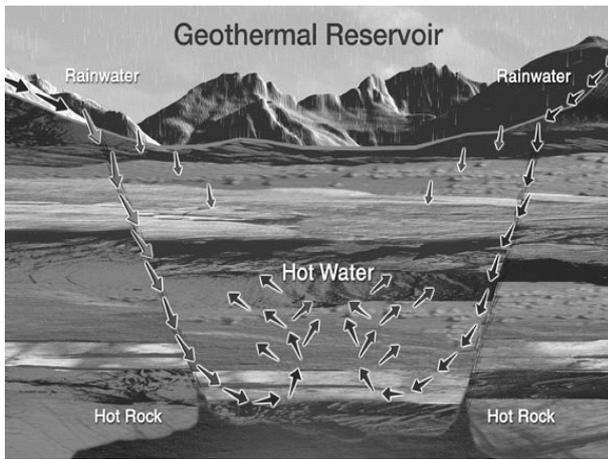
Daerah	Daya geothermal (MW)
Kamojang	140
Salak	330
Darajat	125
Dieng	60
Sibayak	2
Lahendong	2.5
Wayang Windu	110
Total	769.5

Metode geolistrik dapat digunakan untuk mengidentifikasi struktur bawah permukaan dalam penyelidikan panasbumi. Hal ini dapat ditunjukkan dengan penampang harga tahanan jenis yang mencerminkan karakteristik fisik atau struktur bawah permukaan. Kondisi ideal geologi yang memenuhi persyaratan daerah panasbumi yang dapat menghasilkan uap panas adalah adanya sumber panas, adanya batuan *reservoir* dengan porositas dan permeabilitas cukup tinggi berisi fluida panas (ada pengisian kembali air dingin melalui rekahan atau *sesar*), serta adanya batuan penutup (*cap rock*) yang dapat menahan pelepasan panas [2].

II. TINJAUAN DAERAH PENYELIDIKAN

Sumber panasbumi Mataloko mempunyai posisi geografis antara $08^{\circ} 48' 30'' - 08^{\circ} 53' 30''$ Lintang Selatan dan $121^{\circ} 00'$

*E-MAIL: oke.aji@plasa.com



Gambar 1: Skema sumber panas bumi

- 121° 05' Bujur Timur atau tepatnya terletak diperbatasan antara Kecamatan Golewa dan Kecamatan Aimere, Kabupaten Ngada, Flores, Nusa Tenggara Timur.

Daerah panas bumi Mataloko mempunyai kondisi geologi yang cukup ideal dan memenuhi persyaratan daerah panas bumi yang cukup potensial untuk dapat menghasilkan uap panas. Hal ini didukung selain dengan adanya sumber panas, adanya batuan *reservoir* dengan porositas dan permeabilitas cukup tinggi, serta adanya batuan penutup yang dapat menahan pelepasan panas, juga didukung adanya beberapa sesar yang berfungsi pada pengisian kembali air sebagai *reservoir*. Beberapa struktur sesar yang ada didaerah panas bumi Mataloko antara lain: sesar **Bopa** terletak di bagian selatan daerah penyelidikan (disekitar kampung Bopa), sesar **Tudaluda** terletak di bagian barat daya daerah penyelidikan (di sekitar kampung Tedaluda), sesar **Were** terletak di bagian tenggara daerah penyelidikan (di sekitar kampung Were), serta sesar **Waeluja** terletak di bagian selatan daerah penyelidikan (di sekitar kampung Mataloko) [3].

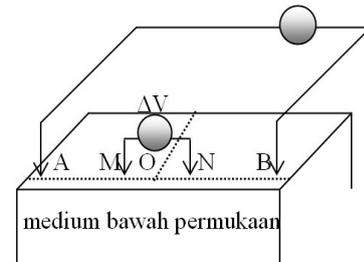
III. KONFIGURASI TAHANAN JENIS SCHLUMBERGER

Survey geolistrik pada umumnya bertujuan untuk mengetahui kondisi atau struktur geologi bawah permukaan berdasarkan variasi tahanan jenis batuananya [4]. Struktur geologi yang dapat dideteksi dengan metode ini terutama yang mempunyai kontras tahanan jenis yang cukup jelas terhadap sekitarnya, misalnya untuk keperluan eksplorasi air tanah, mineral, panas bumi. Prinsip pelaksanaan survey tahanan jenis adalah menginjeksikan arus listrik melalui elektroda arus dan mengukur responnya (tegangan) pada elektroda potensial dalam suatu susunan tertentu [5].

Berdasarkan tujuan dan cara pengubahan jarak elektroda, survey geofisika dibagi menjadi dua cara: *mapping* dan *sounding*. *Mapping* dimaksudkan untuk mengetahui variasi horizontal atau lateral tahanan jenis batuan pada kedalaman tertentu. Jarak antar elektroda dibuat tetap sesuai dengan kedalaman daya penetrasi yang diinginkan, selanjutnya selu-

ruh susunan elektroda dipindahkan menurut suatu lintasan tertentu. Sedangkan *sounding* dimaksudkan untuk mengetahui variasi tahanan jenis batuan terhadap kedalaman (secara vertikal). Jarak antar elektroda diperbesar dalam suatu arah bentangan pada suatu titik tertentu [6].

Konfigurasi metode geolistrik *Schlumberger* bertujuan untuk mengidentifikasi diskontinuitas lateral (anomali konduktif lokal). Arus diinjeksikan melalui elektroda AB, dan pengukuran beda potensial dilakukan pada elektroda MN [7], dengan jarak elektroda arus (AB) jauh lebih besar dari jarak elektroda tegangan (MN), seperti ditunjukkan Gambar 2.



Gambar 2: Skema metode tahanan jenis konfigurasi *Schlumberger*.

Struktur resistivitas bumi adalah variasi harga resistivitas terhadap kedalaman dari permukaan tanah, dapat dinyatakan:

$$\rho_i = f(z_i) \tag{1}$$

Tahanan jenis dan kedalaman tiap lapisan dapat diturunkan dari persamaan:

$$V_r = \frac{\rho_i I}{2\pi} \int_0^\infty [1 + 2\theta_1(\lambda)] J_0(\lambda r) d\lambda \tag{2}$$

dengan J_0 = Fungsi Bessel orde ke nol, $\theta_1(\lambda)$ = Fungsi Kernel (ρ_i, d_i).

Secara umum harga tahanan jenis semu dinyatakan oleh hubungan sebagai berikut:

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I} \tag{3}$$

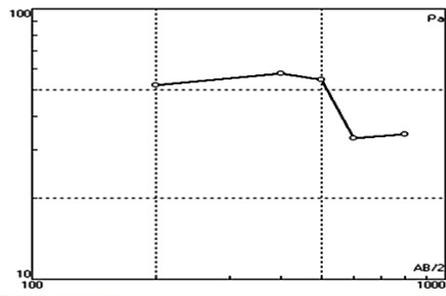
dengan K adalah faktor geometri, ΔV merupakan beda potensial, dan I berupa arus listrik.

Untuk bumi homogen berlaku:

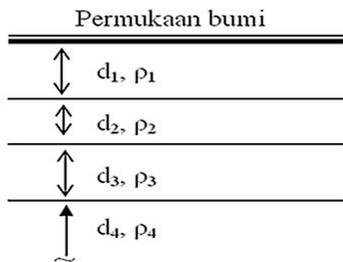
$$\rho = \left(\frac{\Delta V}{I} \right) 2\pi \left(\frac{AB}{2} \right) \left[\frac{\left(\frac{AB}{2} \right)^2 - \left(\frac{MN}{2} \right)^2}{4 \left(\frac{AB}{2} \right) \left(\frac{MN}{2} \right)} \right] \tag{4}$$

dengan faktor geometri K,

$$K = 2\pi \left(\frac{AB}{2} \right) \left[\frac{\left(\frac{AB}{2} \right)^2 - \left(\frac{MN}{2} \right)^2}{4 \left(\frac{AB}{2} \right) \left(\frac{MN}{2} \right)} \right] \tag{5}$$



Gambar 3: Kurva pengukuran lapangan.

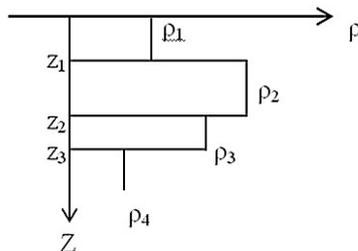


Gambar 4: Model perlapisan bumi.

Pengukuran dilapangan menggunakan konfigurasi *Schlumberger*, jarak elektroda arus (AB) jauh lebih besar dari jarak elektroda tegangan (MN). Data yang diperoleh dari pengukuran dilapangan adalah besarnya arus dan beda potensial. Jarak $AB/2 = 200, 400, 500, 600,$ dan 800 m, sedang jarak $MN/2 = 80$ m. Sehingga dapat dihitung harga tahanan jenis semu berdasarkan Pers.(4). Terdapat dua buah lintasan E dan K dengan masing-masing terdiri dari 10 titik amat.

IV. ANALISIS

Pengukuran geolistrik konfigurasi *Schlumberger* daerah panasbumi Mataloko dilakukan pada 20 titik *sounding* yang terbagi dalam 2 lintasan, masing-masing sebanyak 10 titik *sounding* pada lintasan E dan lintasan K. Hasil pemodelan inversi dengan menggunakan program IPI2WIN, diperoleh hasil model perlapisan bumi yang cukup bagus dengan error rata-rata untuk setiap titik *sounding* dibawah 5%, (data perhitungan yang hampir mendekati harga observasi) baik untuk



Gambar 5: Struktur resistivitas bumi.

N	p	h	d	Alt
1	58.3	49.3	49.3	-49.3
2	3076	7.05	56.3	-56.35
3	217	155	211	-211.4
4	2.96	754	965	-965
5	30.5			

N	p	h	d	Alt
1	369	8.34	8.34	-8.338
2	68.6	62.5	70.9	-70.88
3	660	71.9	143	-142.8
4	4.73	735	878	-877.6
5	58.6			

(a)

N	p	h	d	Alt
1	79.1	34.4	34.4	-34.4
2	37.7	1.88	36.3	-36.28
3	331	177	213	-213.3
4	2.39	774	987	-987
5	45			

N	p	h	d	Alt
1	17.9	49.9	49.9	-49.9
2	162	3.88	53.8	-53.78
3	250	82.3	136	-136
4	2.96	691	827	-827.5
5	24.9			

(b)

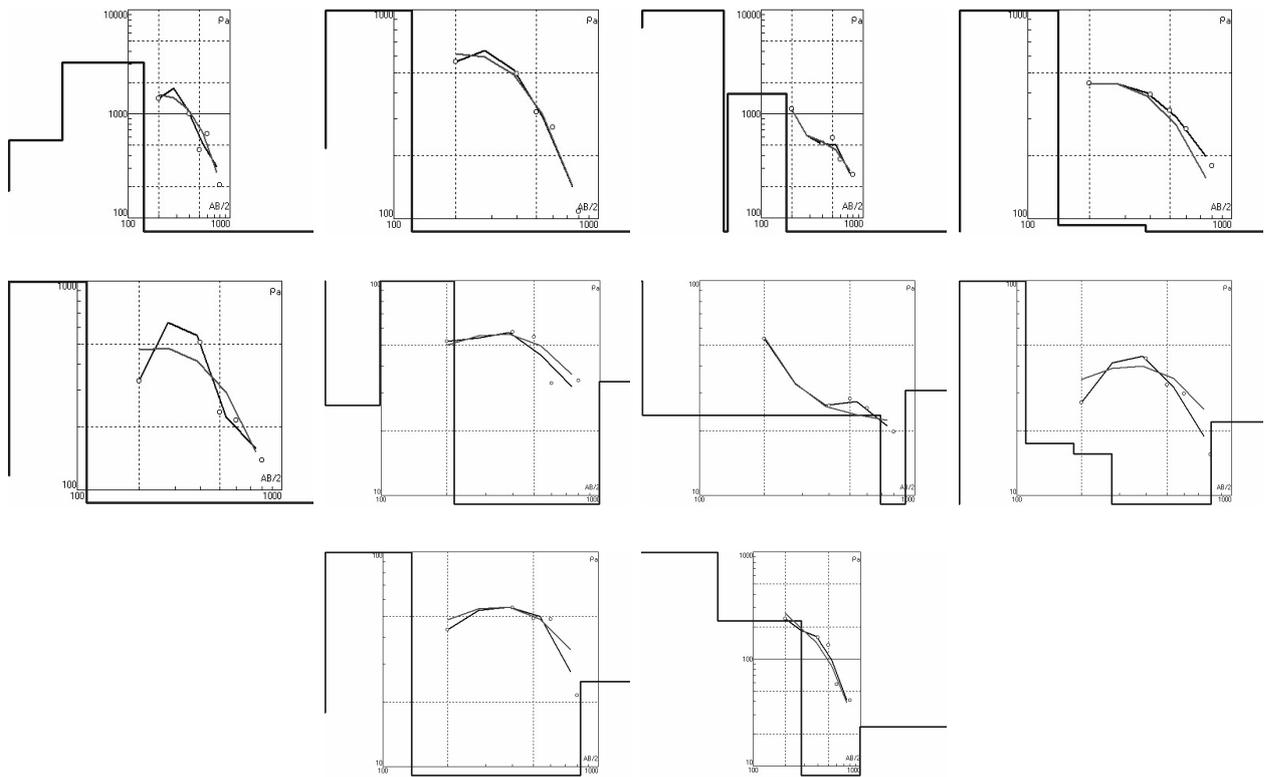
Gambar 6: Harga resistivitas dan kedalaman tiap lapisan beberapa titik *sounding* untuk lintasan (a). E, (b). K.

lintasan E maupun lintasan K (Gambar 7 dan Gambar 8).

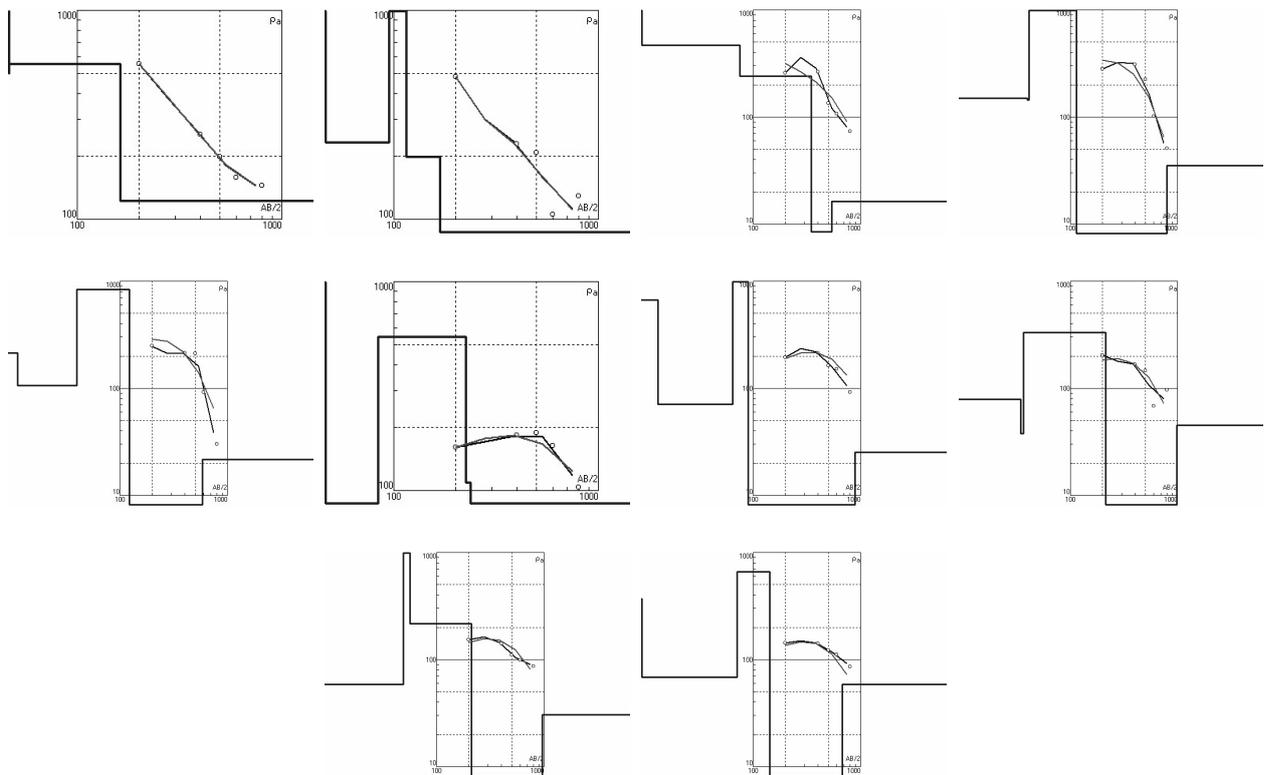
Dari hasil *true section* kedua lintasan memberikan penafsiran bahwa pada kedua lintasan terdapat lapisan konduktif dengan resistivitas $< 5 \Omega m$ pada kedalaman sekitar 800 m - 1000 m yang diperkirakan sebagai lapisan penutup dan lapisan di bawahnya yang bersifat agak resistif ($10 \Omega m - 100 \Omega m$) yang diperkirakan sebagai *reservoir* dari sumber panasbumi daerah Mataloko (Gambar 9).

V. SIMPULAN

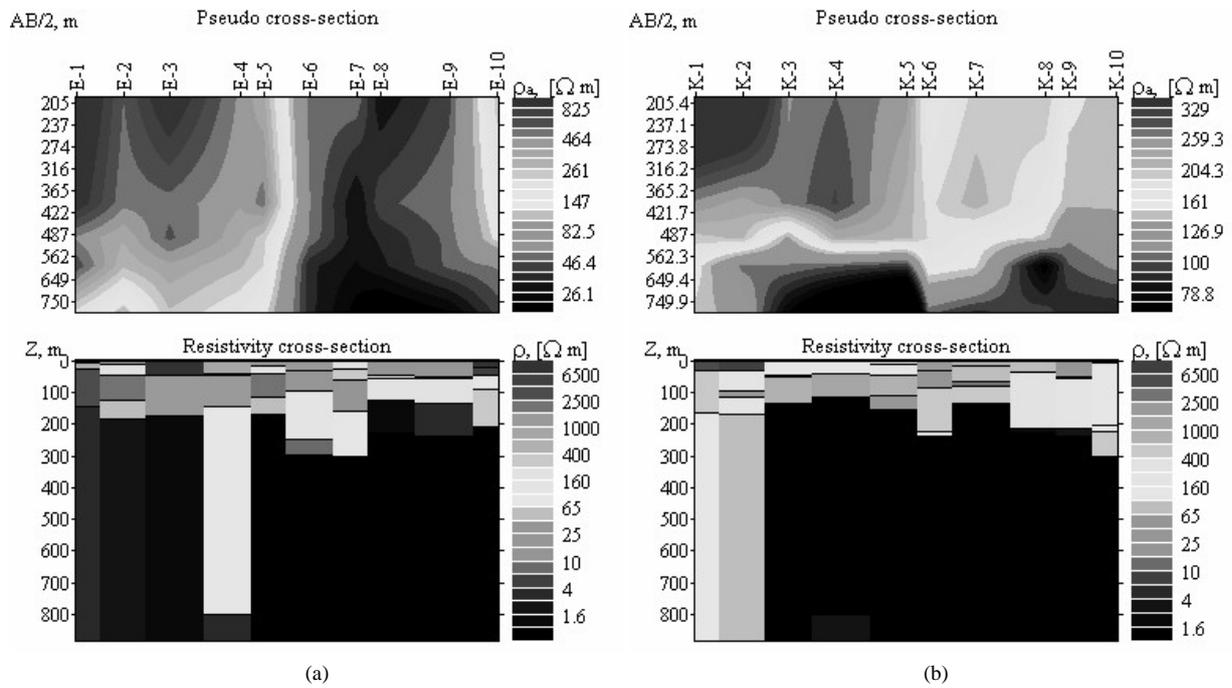
1. Metode geolistrik dengan konfigurasi *Schlumberger* dapat digunakan untuk mengidentifikasi diskontinuitas lateral (anomali konduktif lokal) bawah permukaan sumber panasbumi.
2. Pemodelan inversi dengan menggunakan program IPI2WIN memberikan hasil model perlapisan bumi yang cukup bagus. Hal ini dibuktikan dengan didapatkan error yang cukup kecil untuk setiap titik *sounding* pada kedua lintasan, yaitu dibawah 5 % (data perhitungan yang hampir berimpit dengan data observasi).
3. Secara umum hasil pengukuran menunjukkan bahwa pada kedua lintasan terdapat lapisan yang bersifat konduktif dengan resistivitas $< 5 \Omega m$ pada kedalaman sekitar 800 m - 1000 m yang diperkirakan sebagai lapisan penutup dan lapisan dibawahnya (> 1000 m) yang bersifat agak resistif ($10 \Omega m - 100 \Omega m$) yang diperkirakan sebagai *reservoir* dari sumber panasbumi daerah Mataloko.



Gambar 7: Model pelapisan bumi untuk masing-masing titik *sounding* untuk lintasan E.



Gambar 8: Model pelapisan bumi untuk masing-masing titik *sounding* untuk lintasan K.



Gambar 9: Penampang resistivitas semu (*Pseudo-Section*) dan resistivitas sebenarnya (*true section*) untuk lintasan (a). E, (b). K.

[1] <http://geothermal.marine.org>, *Geothermal Education Office*, (2000).
 [2] D.S. Parasnis, *Principles of Applied Geophysics*, second Edition, (Chapman and Hall, New York, 1972).
 [3] Fredy Nanlohi, dkk., *Geologi Daerah Panasbumi Mataloko, Kabupaten Ngada - Flores Nusa Tenggara Timur*, Laporan Direktorat Vulkanologi, 1997.
 [4] H. Grandis, *Penerapan Metode Gaya Berat dan Tahanan Jenis Dalam Eksplorasi Pendahuluan Daerah Prospek Panasbumi, Tu-*
gas Akhir Jurusan GM-ITB, 1986.
 [5] M. P. Hochstein, *Introduction to Geothermal Prospecting* (Geothermal Institut, University of Auckland, 1982).
 [6] O. Koefoed, *Geosounding Principles: Resistivity Sounding Measurement* (Elsevier, 1979).
 [7] W. M. Telford, L. P. Geldart, and R. E. Sheriff, *Applied Geophysics*, Second Edition (Cambridge and Hall, New York, 1990).