

Pemodelan Sistem Geothermal Berdasarkan Data Geolistrik Kabupaten Masamba Sulawesi Selatan

Oleh : Nova Susanti, S. Pd, M. Si

Pengukuran tahanan jenis dengan konfigurasi Schlumberger telah dilakukan di daerah panas bumi Pincara dengan cara mapping dan sounding. Secara geologi, hasil pengamatan geologi lapangan batuan di daerah penelitian didominasi oleh batuan granit dan granodiorit (batuan granitik), batuan lava, batuan breksi, batuan sedimen dan satuan batuan aluvium yang menempati bagian selatan daerah penelitian.. Pengukuran mapping pada bentangan arus $AB/2 = 250m, 500m, 750m$, dan memperlihatkan daerah bertahanan jenis rendah makin meluas dengan bertambahnya kedalaman ke arah tenggara dengan kontras tidak terlalu besar. Sedangkan anomali bertahanan jenis tinggi cenderung melebar ke bagian barat laut. Secara geologi daerah bertahanan jenis rendah ditafsirkan sebagai batuan sedimen cenderung lebih tebal ke arah tenggara, sedangkan batuan yang bertahanan jenis tinggi ditafsirkan sebagai batuan beku berupa granit yang tersebar di bagian barat laut. Kondisi ini mencerminkan makin ke arah tenggara batuan sedimen makin dalam dan secara tidak langsung mengindikasikan keberadaan reservoir. Pengukuran Sounding menunjukkan lintasan penampang tahanan jenis semu terdapat perbedaan nilai resistivity yang sangat mencolok pada bagian barat laut dan tenggara, diduga akibat adanya perbedaan lithologi antara batuan resistif (granit) di bagian barat laut dengan batuan yang kurang resistif di bagian tenggara (batuan rombakan).

I. PENDAHULUAN

Daerah panas bumi Pincara terletak 10 km dari Ibu Kota Masamba, Kabupaten Luwu Utara ke arah Utara atau Timurlaut, Propinsi Sulawesi Selatan (Gambar 1). Keberadaan daerah panas bumi Pincara ditandai oleh kemunculan dua mata air panas di Desa Pincara bersuhu sekitar $83^{\circ}C$ pada batuan granit. Daerah ini secara umum berlingkungan granitik meski terdapat batuan vulkanik sebagai batuan tertua. Dapat dikatakan bahwa daerah ini merupakan salah satu dari daerah panas bumi non-vulkanik yang ada di Indonesia. Penyelidikan geolistrik tahanan jenis dengan konfigurasi Schlumberger yang telah dilakukan oleh Badan geologi di daerah ini sebagai salah satu metode yang diterapkan pada penyelidikan terpadu, dengan tujuan untuk mempelajari struktur tahanan jenis daerah penyelidikan terutama dalam membantu membatasi daerah prospek panas bumi. Tulisan ini memuat hasil *reprocessing data* penyelidikan tersebut menyangkut peta-peta tahanan jenis, struktur tahanan jenis, dan interpretasi yang mengarah apakah prospek panas bumi daerah dapat dilihat dari data geolistrik seperti halnya pada daerah panas bumi non-vulkanik lainnya.



Gambar 1 Lokasi penyelidikan panas bumi Pincara

(Sumardi dan Sundhoro, 2005)

II. GEOLOGI DAERAH PENYELIDIKAN

Berdasarkan peta geologi lembar Malili (Simandjuntak dkk, 1991), skala 1: 250.000, geologi umum daerah penelitian dapat dibagi kedalam 5 satuan formasi yaitu : Formasi Latimojong (Kls), batuanannya terdiri dari batusabak, filit, kuarsit, batugamping dan batulanau dengan sisipan konglomerat. Satuan batuan gunungapi Lamas (Tplv) batuanannya terdiri dari lava, basalt breksi gunungapi, tufa dan andesit. Formasi Bonebone (Tmpb) batuanannya terdiri dari batupasir, konglomerat, napal dan lempung tufaan. Granit Kambuno (Tpkg) batuaanya terdiri dari granit, granodiorit dan sekis (batuan terobosan Granit, granodiorit) dan batuan Alluvium (Qal) terdiri dari lumpur, lempung, pasir, kerikil dan kerakal.

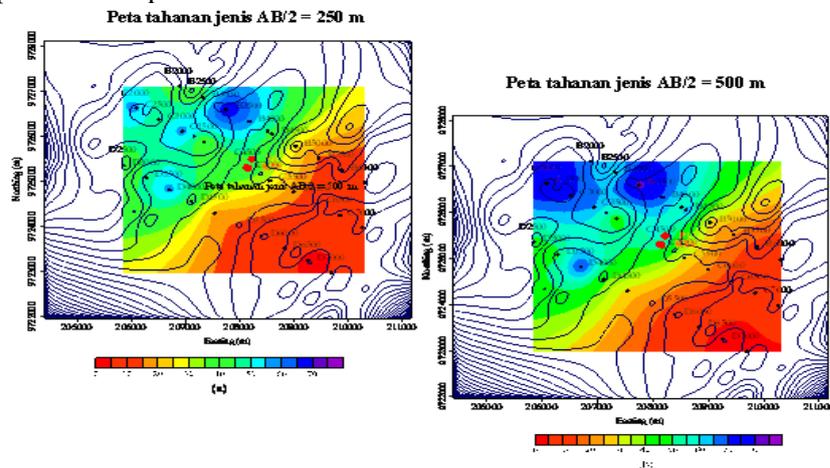
Dari hasil pengamatan lapangan daerah penelitian secara garis besar batuanannya terdiri dari batuan sedimen, alluvium, granit, granodiorit, diorit, batuan lava , breksi dan andesit. Batuan intrusi berupa granit dan granodiorit (berumur miosen atas) dan batuan lava, breksi dan andesit (berumur paleosen). Sedangkan dari hasil pengamatan geologi lapangan batuan didaerah penelitian didominasi oleh batuan granit dan granodiorit (batuan granitik), batuan lava, batuan breksi, batuan sedimen dan satuan batuan aluvium yang menempati bagian selatan daerah penelitian.

III. METODE PENELITIAN

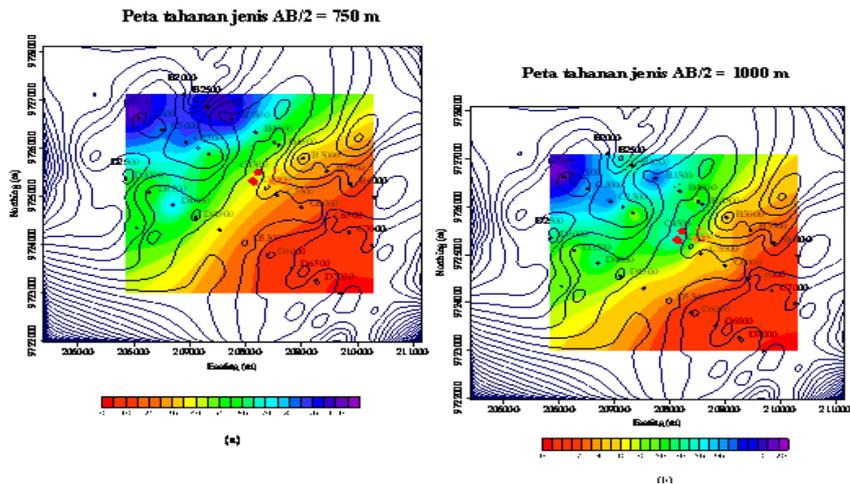
3.1. Data Mapping

Pada pengolahan data resistivity (mapping), pertama kali yang dilakukan adalah mencari nilai faktor geometri sesuai dengan ketentuan pencarian nilai faktor geometri pada konfigurasi Schlumberger. Setelah itu dicari apparent resistivity. Selanjutnya dari data yang telah diolah dengan Microsoft Excel tersebut, dibuat model dengan software Res2Dinv, Progress dan Surfer.

Pada pengolahan data mapping, data yang telah diolah dengan Microsoft Excel kemudian dibuat peta tahanan jenis berdasarkan jarak $AB/2$ nya dengan menggunakan surfer seperti terlihat pada Gambar 2 dan 3 dibawah ini.



Gambar 2 Peta tahanan jenis semu (a) $AB/2 = 250$ m, (b) $AB/2 = 500$ m

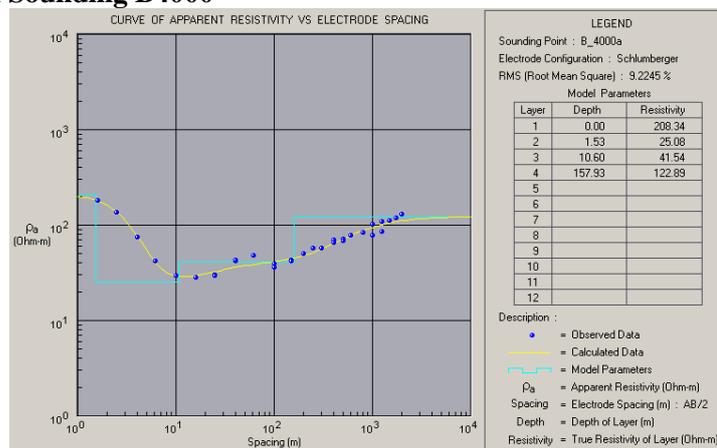


Gambar 3 Peta tahanan jenis semu (a) AB/2 = 750 m, (b) AB/2 = 1000 m

3.2. Data Sounding

Pada pengolahan data resistivity (sounding), terdapat lima lintasan dalam pengukuran ini. Pemodelan yang digunakan dalam metode ini adalah pemodelan menggunakan software Progress. Pada pengolahan data pertama kali yang dilakukan adalah mencari nilai faktor geometri sesuai dengan ketentuan pencarian nilai faktor geometri pada konfigurasi Schlumberger. Setelah itu dicari apparent resistivity. Selanjutnya dari data yang telah diolah dengan Microsoft Excel tersebut, dibuat model dengan software Progress. Prosesnya mulai dari menginput data, membuat model acuan, menyelaraskan model (kurva) dengan data, terakhir menyimpan data dan model. Model yang dihasilkan dari software Progress dapat dilihat pada Gambar 4 s/d 9 dibawah ini.

- **Titik Sounding B4000**



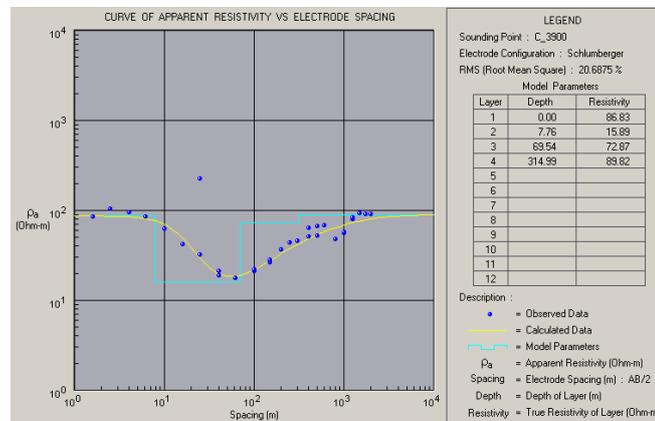
Gambar 4 Model resistivity dan nilai resistivity dan *thickness* di titik B4000

Dari model yang dihasilkan dari titik sounding B4000 (Gambar 4) terlihat bahwa pada data awal trend dari data bisa terlihat, dan tidak terlalu sulit untuk menyelaraskan dengan kurva. Tetapi ditengah data antara layer 2 dan 3, ada beberapa data yang tidak tercover oleh kurva. Hal ini menyebabkan kepastian dari model yang dibuat pada layer 2 dan 3 lebih kecil jika dibandingkan dengan layer pertama. Dan faktor kesalahannya bisa

jadi lebih tinggi. Diakhir data trend sudah terlihat kembali, walaupun masih ada beberapa titik yang belum tercover, tetapi model tersebut sudah cukup mewakili.

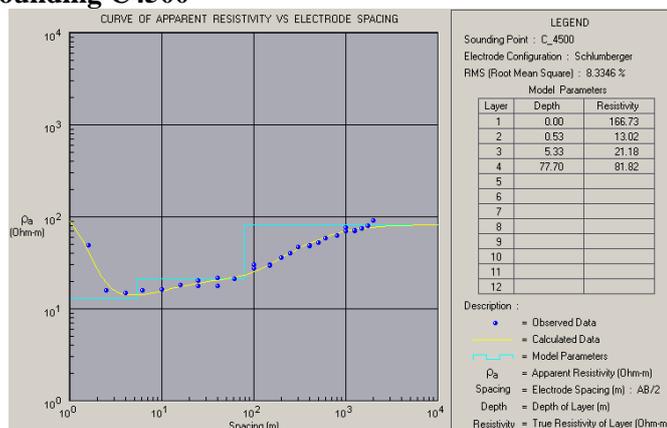
- **Titik Sounding C3900**

Dari model yang dihasilkan pada titik sounding ini, ada beberapa data yang tidak tercover oleh kurva. Yaitu pada data-data awal dan akhir. Tentu saja ini mempengaruhi kepastian dari model tersebut pada layer 1 dan 4. Berlawanan dengan titik sounding B4000, titik sounding C3900 di bagian tengah kurva cukup selaras dengan data. Memungkinkan kepastian model pada layer 2 dan 3 lebih tinggi dibanding layer 1 dan 4.



Gambar 5 Model resistivity dan nilai resistivity dan *thickness* di titik C3900

- **Titik Sounding C4500**

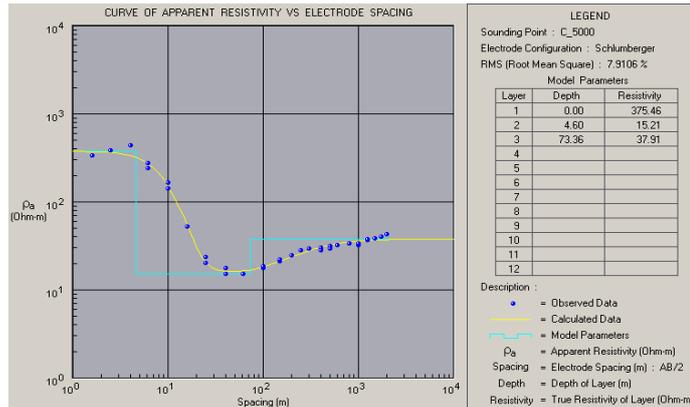


Gambar 6 Model resistivity dan nilai resistivity dan *thickness* di titik C4500

Dari 2 model yang dihasilkan sebelumnya, bisa dikatakan model ini memiliki tingkat ketidakpastiaan lebih tinggi. Bisa terlihat dari keselarasan antara model dan data. Meskipun kurva sudah mencerminkan trend dari data, tetapi masih banyak data yang belum tercover oleh kurva.

- **Titik Sounding C5000**

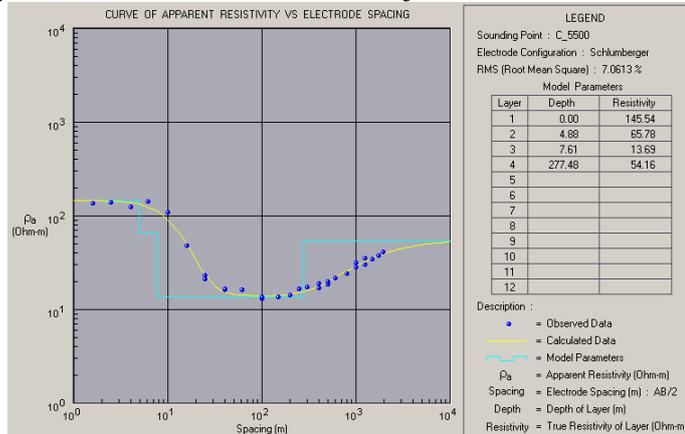
Dilihat dari trendnya kurva pada model ini cukup selaras hanya ada beberapa titik diawal dan cukup banyak titik yang tidak tercover pada akhir dari data. Faktor instrumentasi juga berpengaruh terhadap error data dilapangan. Bisa juga dari faktor lingkungan yang menyebabkan sensitifitas data di kedalaman yang lebih dalam lebih kecil (berkurang).



Gambar 7 Model resistivity dan nilai resistivity dan *thickness* titik C5000

- **Titik Sounding C5500**

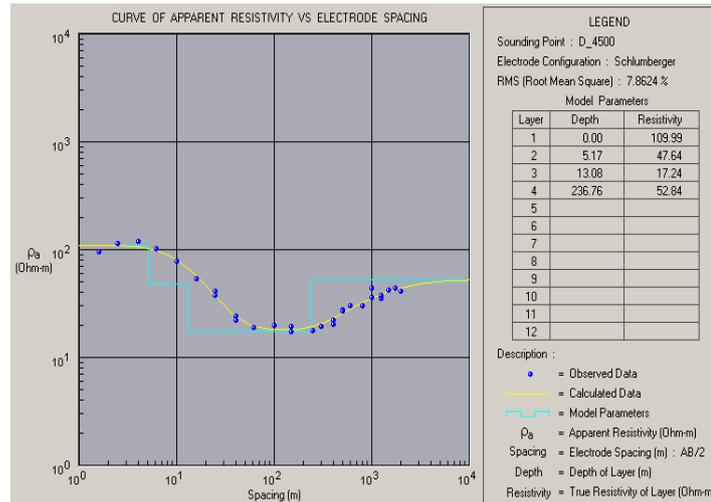
Faktor kesalahan yang terbesar pada titik ini adalah pada data awal (Gambar 8). Terlihat ada 3 data yang tidak tercover oleh kurva. Hal ini menyebabkan sensitifitas model terhadap data pada layer satu lebih kecil dibanding model pada layer yang lain. Trend untuk layer 2, 3, dan 4 sudah terlihat lebih jelas.



Gambar 8 Model resistivity dan nilai resistivity dan *thickness* di titik C5500

- **Titik Sounding D4500**

Tidak jauh berbeda dengan model pada titik sebelumnya (C5500), ada ketidakselarasan antara kurva dan data pada bagian awal. Hal ini menyebabkan faktor kesalahan yang lebih besar untuk model resistivity pada layer pertama. Selanjutnya trend sudah mulai terlihat, walaupun ada beberapa data yang tidak tercover pada data di bagian lebih dalam.



Gambar 9 Model resistivity dan nilai resistivity dan *thickness* di titik D4500

IV. HASIL PENELITIAN

4.1. Data Mapping

Interpretasi data mapping dilakukan secara kualitatif terhadap peta tahanan jenis semu $AB/2 = 250$ m s/d 1000 m seperti yang terlihat pada Gambar 10 dibawah ini.

- **Peta tahanan jenis semu $AB/2 = 250$ m**

Peta tahanan jenis semu pada bentangan $AB/2 = 250$ m memperlihatkan kecenderungan ke arah tenggara nilai tahanan jenis semu makin rendah. Anomali tinggi berada di baratlaut dengan nilai kontur terbesar >60 Ohm-m, kemudian ke arah tenggara tahanan jenis secara berangsur mengecil sampai <20 Ohm-m. Nilai kontur <20 Ohm-m menempati hampir setengah dari luas daerah penyelidikan, dengan kontur tahanan jenis membuka ke arah tenggara. Tahanan jenis semu 20 - 60 Ohm-m yang berada di bagian tengah daerah penyelidikan. Sedangkan tahanan jenis semu tinggi >60 Ohm-m terdapat disebagian kecil baratlaut.

Dengan kecenderungan kontur yang mengecil ke arah tenggara dan dengan kontras resistivitas yang cukup besar di tengah daerah penyelidikan, kontras tersebut kemungkinan karena perbedaan litologi di bagian tengah daerah penyelidikan dengan arah baratdaya-timurlaut.

- **Peta tahanan jenis semu $AB/2 = 500$**

Pola kontur tahanan jenis semu $AB/2 = 500$ m hampir sama dengan pola kontur pada bentangan $AB/2 = 250$ m, Nilai tahanan jenis semu <20 Ohm-m terdapat di bagian tengah daerah penyelidikan dengan penyebaran memanjang dari tenggara ke timurlaut. Penyebaran tahanan jenis semu >100 Ohm-m masih tetap ke arah baratlaut dan utara dengan luas sangat kecil. Penyebaran tahanan jenis semu <20 Ohm-m masih tetap ke arah tenggara dengan luas makin mengecil. Kerapatan tahanan jenis semu yang terdapat diantara 20 – 100 Ohm diduga merupakan batas litologi batuan.

- **Peta tahanan jenis semu $AB/2 = 750$**

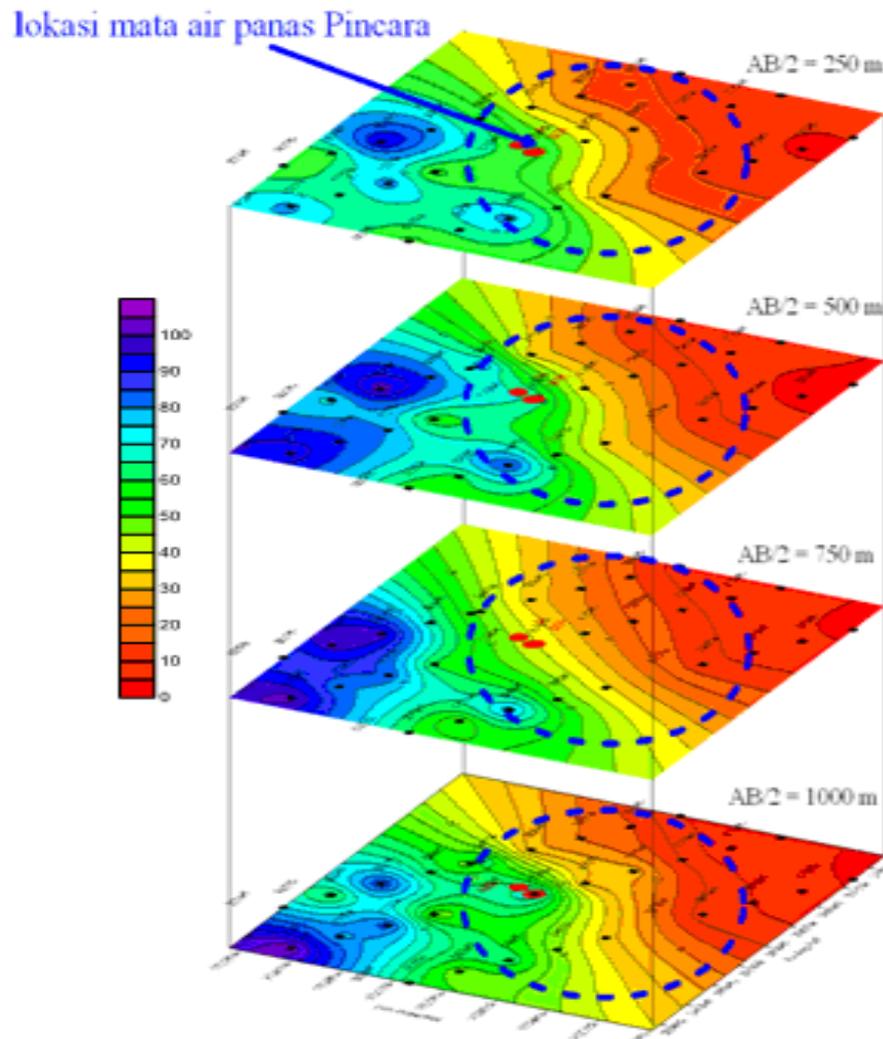
Pada Peta tahanan jenis semu dengan bentangan $AB/2 = 750$ m yang mempunyai nilai kontur > 60 Ohm-m berada di ujung bagian baratlaut dan di bagian utara seperti pada peta-peta sebelumnya. Sebaran tahanan jenis semu 20-60 Ohm-m makin luas bila dibandingkan dengan peta tahanan jenis semu sebelumnya, kontur tahanan jenis membuka ke arah timurlaut, utara dan baratlaut. Tahanan jenis semu >20

Ohm-m terdapat perbedaan yang cukup mencolok yaitu harga tahanan jenis semu ke arah tenggara menurun tajam.

- **Peta tahanan jenis semu $AB/2 = 1000$**

Kontur tahanan jenis semu >60 Ohm-m penyebarannya lebih mengecil bila dibandingkan pada betangan $AB/2=750$ m diarah baratlaut dan sedikit di arah utara. Kontur tahanan jenis semu $20 - 60$ Ohm-m penyebarannya mengikuti pola kontur tahanan jenis semu >60 Ohm-m dengan pola membuka ke arah timurlaut dan baratdaya. Di bagian tengah daerah penyelidikan terdapat satu buah pola kontur tertutup dengan nilai kontur berkisar 70 Ohm-m yaitu di antara titik amat C-4000.

Hasil geolistrik *Mapping* memperlihatkan daerah bertahanan jenis rendah makin meluas dengan bertambahnya kedalaman ke arah tenggara dengan kontras tidak terlalu besar. Sedangkan anomali bertahanan jenis tinggi cenderung melebar kebagian baratlaut. Secara geologi daerah bertahanan jenis rendah ditafsirkan sebagai batuan sedimen cenderung lebih tebal kearah tenggara, sedangkan batuan yang bertahanan jenis tinggi ditafsirkan sebagai batuan beku berupa granit yang tersebar dibagian baratlaut. Dengan demikian kondisi ini mencerminkan makin kearah tenggara batuan sedimen makin dalam dan secara tidak langsung mengindikasikan keberadaan reservoir.



Gambar 10 Peta tahanan jenis semu $AB/2 = 250$ s/d 1000 m

4.2. Penampang tegak tahanan jenis semu lintasan B, C dan D

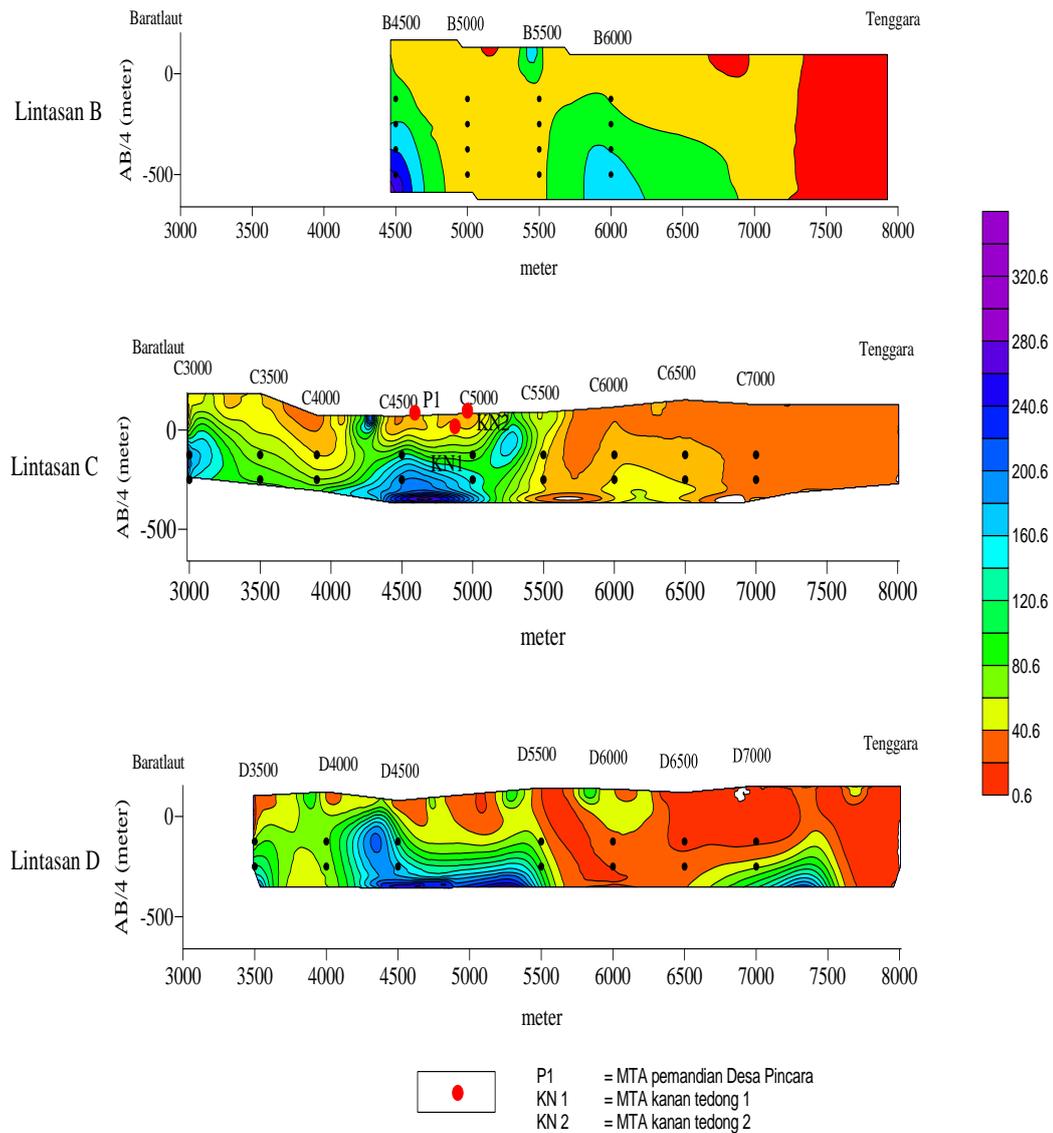
Penampang tegak tahanan jenis semu dibuat pada lintasan pengukuran dengan mengplotkan data *mapping* dan *sounding* dari tiap lintasan pada kedalaman AB/4 dengan asumsi bahwa penetrasi arus pengukuran mendekati AB/4. Arah lintasan pengukuran berarah baratlaut – tenggara. Penampang tegak tahanan jenis semu terdiri dari lintasan B, C dan D disajikan pada Gambar 11.

Pada lintasan B terlihat nilai tahanan jenis semu makin kedalam makin membesar dengan nilai kontur tertinggi (> 80 ohm m) dan nilai tahanan jenis semu rendah beradara di arah tenggara dengan nilai (< 40 ohm m).

Per lapisan pada lintasan C terlihat agak merapat dengan nilai tahanan jenis semu tinggi berada di baratlaut dengan nilai kontur tertinggi (>200 ohm m) terlihat pada titik C dan nilai kontur mulai rendah ke arah tenggara.

Pada penampang tahanan jenis semu lintasan D pada permukaan nilai tahanan jenis semu mulai bervariasi antara 0 – 80 ohm m disekitar titik D4000, D4500, D5500 dan D6000. Sedangkan nilai tahanan jenis tinggi pada kedalaman yang terdapat disekitar titik D4000-D5500, nilai tahanan jenis rendah berada di tenggara penyelidikan.

Dari ketiga lintasan penampang tahanan jenis semu tersebut terdapat perbedaan nilai resistivity yang sangat mencolok pada bagian baratlaut dan tenggara, diduga akibat adanya perbedaan lithologi antara batuan resistif (granit) di bagian baratlaut dengan batuan yang kurang resistif di bagian tenggara (batuan rombakan).

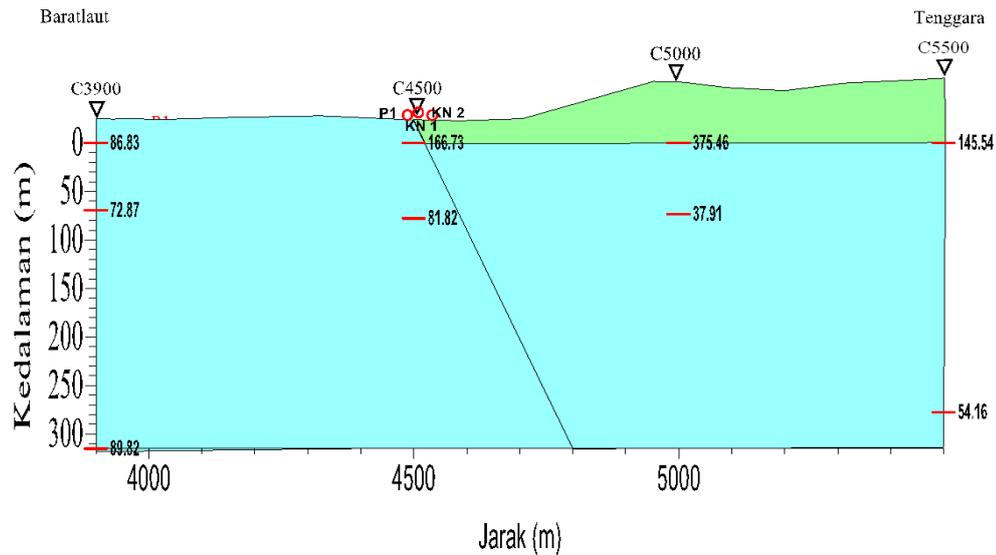


Gambar 11 Penampang tahanan jenis semu lintasan B, C, dan D

V. KESIMPULAN

Penampang tegak tahanan jenis sebenarnya, dibuat dari hasil pengukuran *sounding* yang dilakukan pada lintasan C. Terdapat empat titik *sounding*, masing – masing pada lintasan C/3900, C/4000, C/5000, dan C/5500.

Setiap data *sounding* telah dimodelkan menggunakan *forward modelling* 1-D (hasilnya dapat dilihat pada bab IV). Dari hasil pemodelan 1-D per titik *sounding* kemudian dibuat model penampang tahanan jenis 2-D seperti terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12 Penampang tahanan jenis sebenarnya lintasan C

Pemodelan yang telah dilakukan ini dimaksudkan untuk memberikan gambaran geologi bawah permukaan di daerah sekitar kenampakan mata air panas Pincara secara lebih jelas. Dari hasil pemodelan yang dibuat pada lintasan C yang terdapat lokasi mata air panas Pincara dengan empat titik sounding (C3900, C4000, C45000 dan C5000) diperkirakan adanya intrusi batuan andesit – basalt breksi gunung api dengan nilai resistivity 37,91 – 89,82 ohm m, batuan ini memotong batuan disekitarnya yang memiliki densitas yang lebih kecil. Diatas batuan intrusi berarah tenggara daerah penelitian ditutupi oleh batuan permeabel yaitu perselingan batupasir, konglomerat dari formasi Bonebone (dengan nilai resistivity antara 145,54 – 375,46 ohm m terletak dibagian tenggara daerah penyelidikan).

DAFTAR PUSTAKA

- Dickson, Mary H. and Mario Fanelli. 2004. *Geothermal Energy*. Istituto di Geoscienze e Georisorse, CNR, Pisa, Italy
- Fauzi D. A., 2005, Eksplorasi air bawah tanah di kampus UI Depok dengan metode Resistivitas Schlumberger, Universitas Indonesia.
- Hochstein, M. P., 1982 *Intruduction to Geothermal Prospecting*, Geothermal Institute, University of Auckland.
- Hochstein, M. P. and P. R. L. Browne. 2000. *Surface Manifestations of Geothermal Systems with Volcanic Heat Source*. Geothermal Institute, University of Auckland.
- Griffiths, David J. 1999. *Intruduction to Electrodynamics 3rd Edition*. New Jersey, Prentice Hall.
- Katili, J. A. 1978. Past and present geotectonic position of Sulawesi, Indonesia. Elsevier Scientific Publ. Co., Amsterdam.
- Loke, M.H. 2000. RES3DINV ver. 2.14 for Windows 98/Me/2000/NT/XP : Rapid & IP Inversion using the least-square method. Penang : Geotomo Software.
- Mussett, Alan E. and M. Aftab Khan. 2000. *Looking Into The Earth*, Cambridge : Cambridge University Press
- Simandjuntak, T. O., E. Rusmana, Surono & J. B. Supandjono. 1991. Peta Geologi Lembar Malili Sulawesi Selatan, PPPG, Bandung.
- Suhanto, Edi. dan Bakrun. 2003. Studi Kasus Lapangan Panas Bumi Non Vulkanik Di Sulawesi : Pulu, Mamasa, Parara dan Mangolo, Subdit Panas Bumi, Jakarta

- Suhanto, Edi. dan Bakrun. 2005. Penelitian Geolistrik Tahanan Jenis Di Daerah Panas Bumi Pincara, Masamba, Sulawesi Selatan, Subdit Panas Bumi, Jakarta
- Sumardi, Eddy. dan Herry Sundhoro. 2005. Geologi Daerah Pincara, Masamba, Kabupaten Luwu Utara, Sulawesi Selatan, Subdit Panas Bumi, Jakarta
- Telford, W. M., L. P. Geldart and Sherrif. R. E. 1990. *Applied Geophysics*. Cambridge : Cambridge University Press.
- Tonani. 1982. *Geothermic* Vol. 2, Cambridge : Cambridge University Press