

**Penyelidikan Geolistrik Daerah Panas Bumi Sipoholon-Tarutung
Kabupaten Tapanuli Utara, Provinsi Sumatera Utara
Oleh : Ario Mustang, Sri Widodo, Edi Purwoto, Iyus Rustama**

Sari

Penyelidikan geolistrik telah dilakukan di daerah Sipoholon-Tarutung dimana terdapat beberapa manifestasi panas bumi seperti antara lain di Ria-Ria, Hutabarat dan Tapan Nauli.

Kegiatan ini dilakukan untuk mendapatkan gambaran tentang potensi panas bumi berdasarkan nilai resistiviti (tahanan jenis) dari lapisan-lapisan batuan dibawah permukaan daerah tersebut.

Fluida air panas di daerah Sipoholon-Tarutung ini terbagi menjadi tiga tipe yaitu : tipe-tipe air panas klorida, bikarbonat dan sulfat.

Hasil pendugaan temperatur bawah permukaan (reservoir) menunjukkan kisaran antara 142 – 230 °C dan 189 °C.

Pada kedalaman antara 200 – 800 m di bagian barat terdapat resistiviti rendah $< 8 \Omega\text{m}$ yang diduga berupa endapan danau Toba. Lapisan konduktif bawah dengan nilai resistiviti antara 12 – 30 Ωm dengan batas atasnya terdapat pada kedalaman antara 300 m (di bagian timur) sampai ± 1200 m pada bagian barat diduga merupakan claycap dari sistem panas bumi daerah ini. Reservoir dimungkinkan berada di bawah lapisan ini yaitu pada lapisan resistif dengan nilai resistiviti $> 30 \Omega\text{m}$ di bawah kedalaman 500 m (di bagian timur) dan 1400 m (di bagian barat).

Luas daerah sebaran panas bumi diperkirakan mencapai kurang lebih 12 km².

PENDAHULUAN

Daerah Tarutung dan Sipoholon berdasarkan manifestasi panas buminya merupakan daerah yang cukup kaya akan sumberdaya panas bumi. Tetapi sampai saat ini energi tersebut belum dimanfaatkan secara maksimal terbukti bahwa potensi panas bumi daerah ini baru digunakan untuk obyek wisata pemandian air panas. Mengacu pada Instruksi Presiden tentang penggunaan energi panas bumi untuk pemenuhan kebutuhan listrik di Indonesia, maka daerah ini dapat menjadi salah satu pemasok energi yang cukup besar bila sudah dieksploitasi dan dimanfaatkan.

Daerah penyelidikan berlokasi di wilayah desa Hansaran, kecamatan Sipoholon yang jaraknya ± 8 Km di sebelah utara Kota Tarutung. Pada penyelidikan ini lebih diarahkan pada daerah pemunculan manifestasi panas bumi Ria-Ria, Hutabarat dan Tapan Nauli. yang secara administratif berada di dalam 2 wilayah kecamatan yaitu Sipoholon dan Tarutung, Kabupaten Tapanuli Utara, Sumatera Utara. Luas daerah yang dilakukan

penyelidikan berkisar 16 x 16 km², dengan posisi geografis antara 10 56' 00" - 20 06' 00" lintang utara dan 98o 54' 00"- 99o 01'30" bujur timur atau 488.000 mT -504.000 mT dan 215.600 mU – 232.100 mU pada sistem UTM zone 47, belahan bumi utara.

HASIL PENYELIDIKAN GEOLISTRIK

Penyelidikan pemetaan (mapping) geolistrik dilakukan pada bentangan AB/2 = 250, 500, 750 dan 1000 m, dan pendugaan geolistrik (sounding) yang dilakukan sebanyak 10 titik ukur di lintasan B, C, D dan E. Resistiviti semu hasil pengukuran pada lintasan A, B, C, D, E, F dan G diplot ke dalam peta resistiviti semu pada setiap bentangan. Nilai resistiviti semu juga diplot pada peta dasar dengan variasi bentangan AB/2 = 250, 500, 750 dan 1000 m. Pendugaan resistiviti dilakukan pada lintasan B, C, D dan E yang terdiri dari 3 buah titik amat di lintasan B yaitu B-3100, B-4000, dan B-4500, kemudian di lintasan C terdiri dari 3 buah titik amat yaitu C-2000, C-3000, dan C-4050, sedangkan di lintasan D terdapat

3 buah titik amat yaitu D-2000, D-3000, dan D-4800 serta titik amat pada lintasan E, yaitu pada E-3950.

Pengukuran Head-On terdiri dari dua lintasan dengan panjang lintasan 2.2 km, interval titik amat adalah 100 meter, hasil yang diperoleh dari pengukuran ini adalah penampang resistiviti dan struktur untuk masing-masing lintasan. Lintasan pertama terdapat pada lintasan B yaitu antara B-2700 dengan B-4300, sedangkan lintasan kedua terdapat pada lintasan F di antara F-3800 dan F-4500.

Head-On

a. Kurva dan interpretasi struktur head on Lintasan B

Pada lintasan B (lihat Gambar 3-30) ditemukan beberapa struktur yang diduga yaitu :

Di bawah titik B-2900, B-3000 s.d B-3200, B-3300 untuk bagian barat.

bagian timur ditemukan di bawah titik ukur B-3600, B-3700 s.d B-3800 dan B-4000.

Struktur yang berada antara B-2900 s.d B-3200 dapat dikelompokkan menjadi satu kelompok struktur dengan kemiringan rata-rata 40° ke arah barat. Kelompok lain adalah yang terdapat di sekitar titik ukur B-3600 s.d B-3800 dengan kemiringan rata-rata 10° ke arah barat. Kelompok ketiga adalah yang terdapat di sekitar B-4000, tetapi struktur ini hanya terdapat di dekat permukaan dan tidak menerus ke bawah. Disini ditunjukkan adanya suatu bentuk kontur tertutup (di bawah B-3000 s.d B-3300) dengan nilai resistiviti sedang – tinggi ($>50 \Omega\text{m}$) yang kemungkinan merupakan batuan yang cukup kompak.

Kurva dan interpretasi struktur head on lintasan F

Struktur head on pada lintasan F ditemukan sebanyak empat buah yang diuraikan di bawah ini. (Lihat Gambar 3-32). Struktur yang tergolong dalam bentuk sesar/patahan di lintasan F ini dapat ditemukan di bawah F-4100, F-4600 s.d F-4750. Selain dapat ditemukan suatu batas litologi di bawah titik ukur antara F-5000 s.d F-5300 yang memperlihatkan suatu bentuk kontur tertutup

dengan nilai resistiviti sedang – tinggi ($>50 \Omega\text{m}$), diduga merupakan batuan yang kompak. Lihat Gambar 3-30. Struktur pertama yang berada di bawah titik ukur F-4100 dengan kemiringan 20° ke arah barat. Struktur ini kemungkinan juga memotong lintasan G sehingga menghantar air panas muncul di permukaan sebagai mata air panas Hutabarat.

Penyelidikan resistiviti

Penyelidikan geolistrik (resistiviti) terdiri dari hasil pengukuran pemetaan (mapping) resistiviti semu pada bentangan $AB/2 = 250, 500, 750$ dan 1000 m , dan pendugaan resistiviti (sounding) yang dilakukan di lintasan B, C, D dan E. Resistiviti semu hasil pengukuran pada lintasan A, B, C, D, E, F dan G diplot ke dalam peta resistiviti semu pada setiap bentangan, untuk pendugaan resistiviti dilakukan pada lintasan B, C, D dan E yang terdiri dari 3 buah titik amat di lintasan B yaitu B-3100, B-4000, dan B-4500, kemudian di lintasan C terdiri dari 3 buah titik amat yaitu C-2000, C-3000, dan C-4050, sedangkan di lintasan D terdapat 3 buah titik amat yaitu D-2000, D-3000, dan D-4800 serta titik amat pada lintasan E, yaitu pada E-3950.

A. Peta resistiviti semu

Pada setiap bentangan $AB/2$ terdapat nilai resistiviti semu yang berkorelasi terhadap gambaran batuan bawah permukaan. Disini anomali resistiviti semu dibagi menjadi tiga kelompok pada setiap bentangan $AB/2$ dapat dilihat pada peta sama resistiviti semu yaitu 1) kelompok resistiviti rendah $<30 \Omega\text{m}$ yang disini akan disebut anomali rendah, 2) kelompok resistiviti sedang antara $30 - 100 \Omega\text{m}$ (disebut anomali sedang) dan 3) kelompok resistiviti tinggi $> 100 \Omega\text{m}$ yang disebut anomali tinggi.

Bentangan $AB/2=250 \text{ m}$

Pada bentangan ini anomali rendah muncul di ujung barat dari lintasan B, C dan D (memanjang dengan arah barat laut – tenggara), selain itu juga dijumpai antara titik

ukur (t.u) B-2000 dan B-3500. Kearah lebih selatan anomali ini hanya ditemui di C-3500. Anomali sedang terdapat memotong seluruh lintasan dengan arah barat laut – tenggara di bagian tengah sampai timur setiap lintasan. Anomali tinggi, pada bentangan ini dijumpai di seluruh titik ukur lintasan A, kemudian memanjang ke tenggara yaitu ke ujung timur lintasan B (B-6000) dan memotong F-6500.

Bentangan AB/2 = 500 meter

Pada bentangan ini, anomali rendah meluas di bagian barat daya lintasan B, C, D dan E, yang dijumpai pada titik ukur B-1500 s.d B-3500, C-1500 s.d. C-3500, D-1000 s.d D-1500, E-1000 serta antara E-3950 s.d. E-4500.

Kemunculan anomali sedang tidak banyak berubah hanya bergeser semakin ke arah timur laut. Anomali tinggi dijumpai sebagai kontur yang menutup di sekitar E-2500 s.d E-3500. Pada lintasan A anomali tinggi juga bergeser ke arah timur laut dengan luas yang juga berkurang yaitu antara A-3600 ke arah timur laut. Lihat Gambar 3-35.

Bentangan AB/2 = 750 meter

Anomali rendah (diduga endapan danau) yang dijumpai pada bentangan AB/2 = 500 m penyebab rendahnya nilai resistiviti disini adalah:

akibat kandungan air yang cukup banyak, dicirikan dengan luasnya rawa di daerah ini. Aktivitas struktur di daerah penyelidikan sehingga membentuk rekah-rekah pada bagian bawah permukaan, hal ini juga ditandai dengan seringnya terjadinya gempa berkekuatan rendah – sedang di daerah ini. Perlu diketahui bahwa lokasi penyelidikan ini terletak tidak terlalu jauh dari Sibolga dan P. Nias.

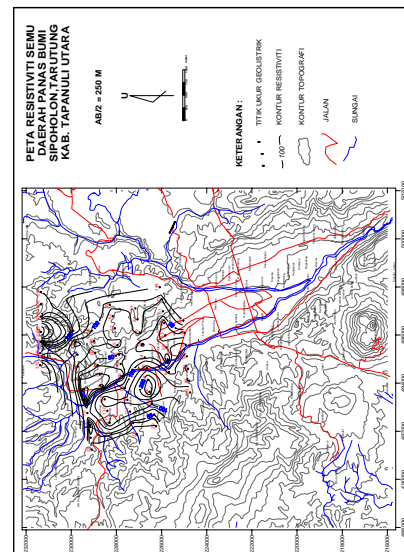
Endapan danau yang bersifat lempungan mengisi rekah-rekahan di atas, sehingga nilai resistiviti menjadi rendah.

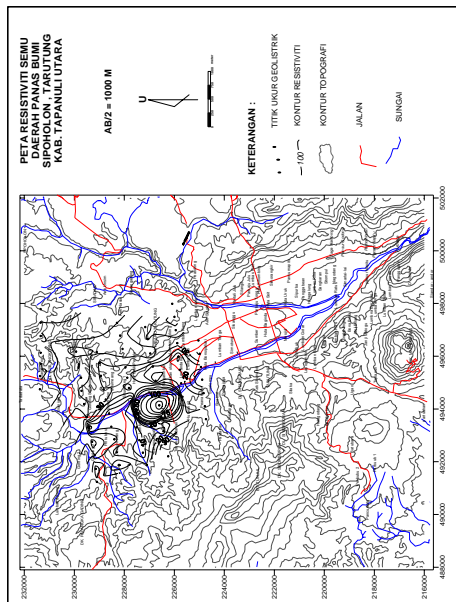
bertambah luas lagi dalam bentangan AB/2 = 750 m ini, terutama memenuhi wilayah bagian barat daya daerah penyelidikan geolistrik. Areal anomali rendah yang berada di bagian barat daya ini hanya disela oleh anomali tinggi di titik ukur E-2500 s.d E-3500.

Bentangan AB/2 = 1000 meter

Seperti pada bentangan AB/2 = 750 m, anomali rendah masih mendominasi wilayah barat daya, kecuali E-2500 s.d E-3500 yang diisi oleh anomali tinggi. Keberadaan anomali tinggi yang konsisten di sekitar titik ukur E-2500 s.d E-3500 kemungkinan berhubungan erat dengan suatu masa (batuan) padat yang kompak di bawahnya. Bisa jadi suatu bentuk lava yang terbentuk pada kedalaman tertentu yang aktivitas panasnya masih berpengaruh terhadap keberadaan sistim panas bumi di wilayah ini. Lihat Gambar 3-37. Hal ini ditunjang dengan adanya alterasi di sekitar E-1400 s.d E-1500.

Secara umum keberadaan anomali resistiviti rendah dengan nilai <30 Ω m ini berhubungan erat dengan endapan danau akibat aktivitas di danau Toba. Faktor-faktor yang mungkin jadi





Gambar 3-37 Peta Resistiviti Semu AB/2 = 1000 m

B. Penampang resistiviti semu

Nilai tahanan jenis semu atau resistiviti semu dalam penggambaran penampang resistiviti semu ini dibagi menjadi tiga kelompok seperti dalam pemetaan resistiviti yaitu 1) kelompok resistiviti rendah $< 30 \Omega m$, 2) kelompok resistiviti sedang antara $30 - 100 \Omega m$ dan 3) kelompok resistiviti tinggi $> 100 \Omega m$.

Penyebaran nilai resistiviti semu juga dipetakan secara vertikal, yaitu dibuat penampang pada masing-masing lintasan yang hasilnya sebagai berikut :

Lintasan A

Lintasan yang berada di paling utara ini didominasi oleh resistiviti tinggi $> 100 \Omega m$ terutama pada bagian atas atau khususnya di sekitar titik ukur (t.u) A-3000. Di bagian bawah pada kedalaman sekira 500 m baru dijumpai nilai resistiviti sedang sedangkan resistiviti rendah tidak didapati disini. Lihat Gambar 3-38.

Lintasan B

Pada lintasan ini nilai resistiviti tinggi didapati di permukaan, terutama antara B-3100 ke arah timur sampai dengan B-6000, sedangkan di bagian barat dijumpai resistiviti rendah karena pengaruh kandungan air yang besar (banyak terdapat rawa-rawa).

Pada bagian bawah nilai rendah didapati hampir seluruh lintasan kecuali di antara B-3500 sampai dengan B-4000 yang resistivitinya sedang.

Lintasan C

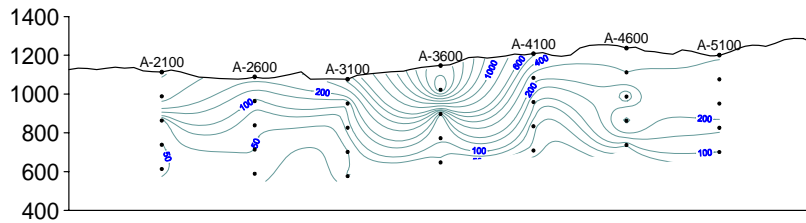
Kebalikan dari lintasan B pada lintasan C ini bagian barat relatif lebih rendah dari bagian timur. Di bagian barat antara B-1000 s.d B-2500 dari permukaan sampai kedalaman sekitar 250 m diisi oleh masa batuan beresistiviti sedang - tinggi ($> 50 \Omega m$) dan pada kedalaman $> 250 m$ dijumpai resistiviti rendah antara C-2000 s.d C-3500. Bagian timur lintasan ini didominasi oleh resistiviti sedang $> 30 \Omega m$ nilai ini dijumpai sampai kedalaman 450 m. Lihat Gambar 3-40

Lintasan D

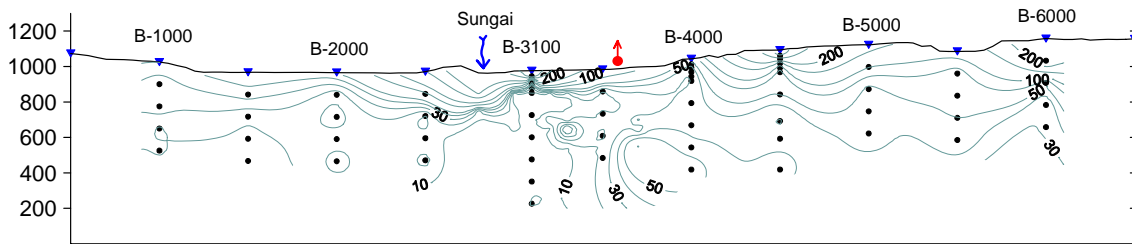
Lintasan D bagian bawah wilayah barat terdapat nilai rendah $< 20 \Omega m$, sedang di dekat permukaan sampai kedalaman 250 m dijumpai nilai resistiviti sedang - tinggi. Wilayah timurnya didominasi resistiviti sedang ($> 30 \Omega m$). Lihat Gambar 3-41.

Lintasan E

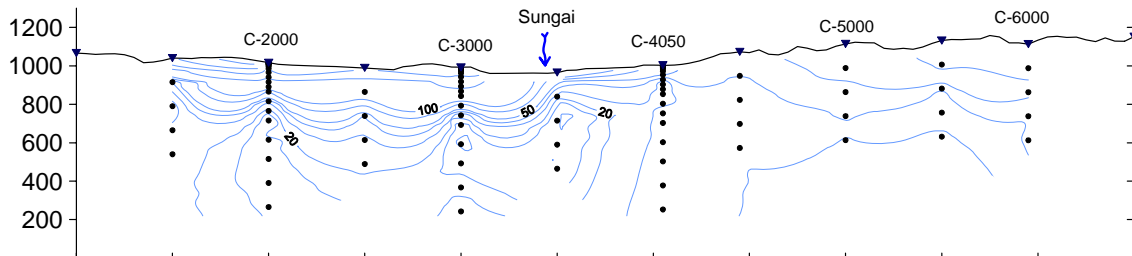
Terdapat kemiripan pola variasi resistiviti di lintasan E ini dengan lintasan lainnya, yaitu bagian bawah wilayah barat selalu rendah dan bagian atasnya sedang - tinggi. Wilayah timur selalu didominasi oleh resistiviti sedang. Hanya saja nilai resistiviti rendahnya mengisi hampir seluruh bagian bawah lintasan, kecuali E-5000 s.d E-6000. Resistiviti tinggi hanya didapati dekat permukaan antara E-2000 s.d E-3500.



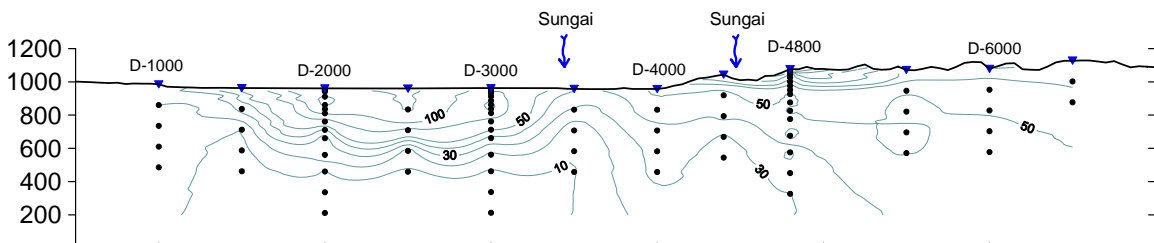
Gambar 3-38. Profil Resistiviti semu Lintasan A



Gambar 3-39. Profil Resistiviti semu Lintasan B



Gambar 3-40. Profil Resistiviti semu Lintasan C



Gambar 3-41. Profil Resistiviti semu Lintasan D

Lintasan F
 Nilai resistiviti tinggi $>100 \Omega\text{m}$ hanya dijumpai di titik F-6500 dari permukaan sampai kedalaman sekitar 200 m. Bagian

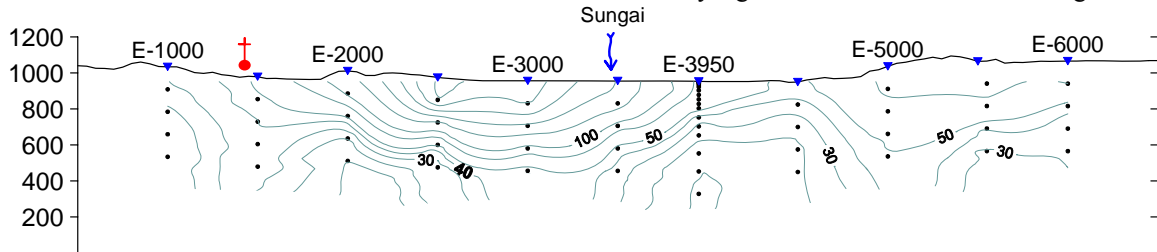
lainnya di dekat permukaan diisi dengan resistiviti sedang, sedang bagian bawah (kedalaman $> 400\text{m}$) didapati resistiviti rendah $< 30 \Omega\text{m}$. Lihat Gambar 3-43.

Lintasan G

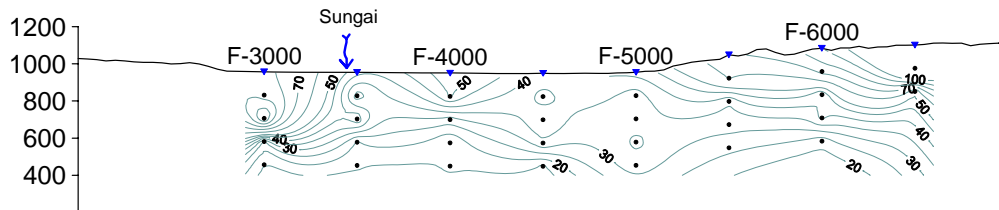
Pada lintasan ini bagian atas hampir semua ditutupi oleh batuan resistiviti tinggi sampai kedalaman lebih kurang 150 m ($>100 \Omega\text{m}$). Antara kedalaman 150 – 400 m diisi oleh batuan resistiviti sedang (30 – 100 m), dan bagian paling bawah adalah resistiviti rendah. Lihat Gambar 3-44.

Hasil pengolahan data sounding berupa kurva satu dimensi yang menghasilkan nilai resistiviti sebenarnya (true resistivity) pada kedalaman tertentu. Lihat Lampiran 3.

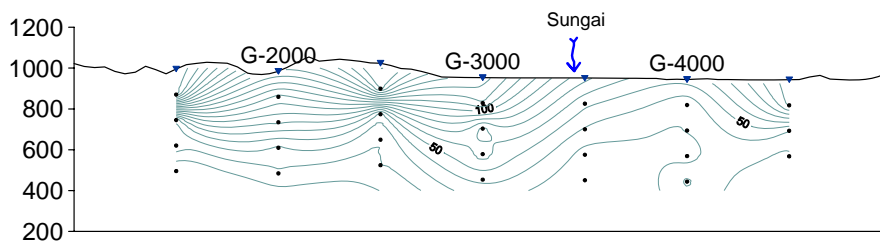
Pola umum kurva sounding di daerah penyelidikan ini mempunyai sudut penunjaman yang cukup tajam s.d sangat tajam. Hal ini menunjukkan perbedaan sifat batuan yang mencolok antara satu dengan



Gambar 3-42. Profil Resistiviti semu Lintasan E



Gambar 3-43. Profil Resistiviti semu Lintasan F



Gambar 3-44. Profil Resistiviti semu Lintasan G

C. Kurva model 1 Dimensi

Dalam penyelidikan kebumihan terpadu di Sipoholon ini dilakukan pengukuran sounding pada 10 titik ukur, yang terdistribusi sebagai berikut. Pada lintasan B dilakukan pengukuran sebanyak 3 titik ukur (t.u), kemudian 3 t.u di lintasan C, 3 t.u di lintasan D dan 1 t.u di lintasan E.

lainnya. Penunjaman tidak terlalu tajam terjadi pada titik ukur C-4050 dimungkinkan karena batuan di permukaan dengan batuan dibawahnya hampir seragam, hal ini disebabkan terdapat di sekitar lokasi manifestasi yang tersusun oleh batuan yang telah mengalami ubahan dan pelapukan di permukaan.

D. Penampang tegak resistiviti sebenarnya

Secara umum perlapisan batuan di lintasan B ini dibagi menjadi empat yaitu lapisan 1, 2, 3 dan 4 (lihat Tabel 3-4). Lapisan ke 1 terdiri dari permukaan (soil) oleh batuan dengan nilai resistiviti tinggi antara 200–650 Ωm sampai kedalaman 35 m (tetapi diantaranya terdapat paket lapisan tipis bernilai resistiviti 25 Ωm), dibawahnya terdapat lapisan bernilai resistiviti sedang (70–90 Ωm) antara B-3100 dan B-4000 yang mencapai kedalaman 60 m. Lapisan 2 juga terdiri dari lapisan konduktif atas dengan nilai resistiviti 3 – 25 Ωm dan lapisan resistif sedang dengan nilai 90 – 100 Ωm . Kedalaman lapisan ini berkisar antara 120 m (batas atas) sampai dengan 600 (batas bawah). Lapisan 3 adalah lapisan dengan nilai resistiviti rendah antara 15 – 25 Ωm pada kedalaman batas bawah antara 350 – 560 m. Lapisan 4 merupakan lapisan resistif dengan nilai 150 – 200 Ωm yang kedalamannya tidak diketahui dengan metode ini.

Pola variasi pada lintasan C hampir sama dengan lintasan B, disini lapisan juga dibagi menjadi empat yaitu lapisan 1, 2, 3 dan 4, dengan lapisan soil yang didominasi dengan nilai resistiviti tinggi 150 – 6000 Ωm , kecuali di sekitar titik C-4050 yang bernilai sedang (30 – 60 Ωm) karena berada di sekitar lokasi manifestasi. Kedalaman soil ini mencapai 32 m. Bagian terbawah dari lapisan 1 ini diisi oleh kelompok resistiviti sedang (30 – 99 Ωm) sehingga kedalaman 300 m. Di sela-sela terdapat sisipan batuan dengan resistiviti rendah 12 – 30 Ωm . Lapisan 2 terdiri dari kelompok resistiviti rendah 6 – 7 Ωm dengan kedalaman 220 – 720 m (atas), bagian bawahnya diisi oleh kelompok resistiviti sedang 60 – 90 Ωm dengan batas bawah yang tidak diketahui. Lapisan 3 mempunyai resistivitas rendah 18 Ωm sampai kedalaman 700 m, sedangkan lapisan 4 bernilai resistiviti 70 Ωm . Kedua lapisan 3 dan 4 ini hanya dapat dibaca pada titik amat C-4050.

Pada lintasan D perlapisan batuan penyusun juga dibagi menjadi 4 lapisan seperti pada lintasan B dan C (lihat Tabel 3-6). Lapisan 1

ditutupi soil dengan nilai resistiviti sedang – tinggi antara 90 – 650 Ωm sampai kedalaman 6 m. Di bawah soil terdapat lapisan dengan nilai resistiviti sedang – tinggi (40 – 800 Ωm) sampai kedalaman 190 m di titik D-3000. Lapisan 2 terbagi lagi atas dua lapisan, bagian atas mempunyai resistiviti sedang antara 50 – 90 Ωm , sedangkan bagian bawah terisi kelompok resistiviti rendah 3.5 – 5.2 Ωm . Kedalaman lapisan ini mencapai 780 m. Diantara lapisan 1 dan dua terdapat sisipan lapisan dengan nilai resistiviti 22 Ωm . Lapisan 3 berupa lapisan dengan resistiviti 12 – 30 Ωm (rendah – sedang). Kedalaman maksimum yang dapat dideteksi adalah 760 m. Lapisan 4 hanya dapat ditemukan di titik ukur D-4800 dengan nilai resistiviti 100 Ωm dan kedalaman batas bawahnya tidak diketahui.

E. Lapisan Konduktif

Lapisan konduktif yang terdapat di daerah ini ada dua lapisan yaitu lapisan konduktif atas dengan nilai yang sangat rendah (<9 Ωm) diduga merupakan endapan danau Toba yang menyebar mengikuti graben ke arah selatan. Lapisan ke-2 adalah lapisan konduktif bawah yang bernilai resistiviti antara 12 – 30 Ωm dengan batas atasnya terdapat pada kedalaman antara 300 (bagian timur) sampai \pm 1200 m pada bagian barat. Lapisan ke-2 inilah yang dimungkinkan merupakan claycap (penudung) dari sistem panas bumi daerah ini. Reservoir dimungkinkan berada di bawah lapisan ini yaitu pada lapisan resistif dengan nilai resistiviti > 30 Ωm .

F. Lapisan Resistif

Lapisan resistif dijumpai pada lapisan permukaan dan pada lapisan ke-1 bagian bawah hingga kedalaman 220 m dengan nilai resistiviti tinggi > 60 Ωm . Selain itu juga dijumpai pada lapisan ke-2 bawah sampai kedalaman 300 m, dan yang terakhir adalah pada lapisan ke-4 (70 – 100 Ωm) yang hanya muncul di sebelah timur dengan kedalaman batas atasnya 700 – 760 m dari permukaan, sedang pada bagian barat tidak terdeteksi tetapi dengan ekstrapolasi diduga berada mulai pada kedalaman 1400 m.