

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

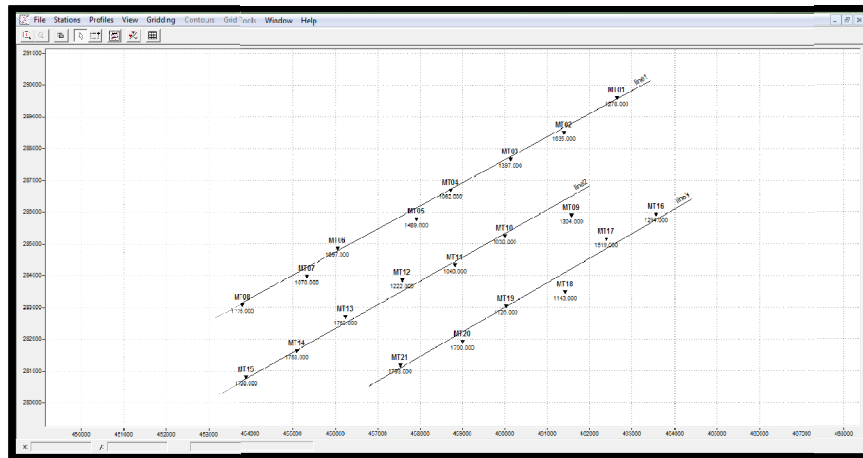
5. 1. Pengolahan Data 1 Dimensi

Dalam penelitian ini dilakukan pengolahan data terhadap 21 titik pengamatan yang tersebar pada tiga lintasan, yaitu Lintasan 1, Lintasan 2 dan Lintasan 3, yang membentang antara Timur Laut - Barat Daya. Kondisi geologi daerah ini berupa pegunungan dengan lintasan 1 (*Line 1*) terdiri dari 8 titik MT yang pengukurannya di mulai dari MT-01 s.d MT-08, *line 2* memiliki 7 titik pengukuran dan *line 3* dengan 6 titik pengukuran. Jarak masing-masing titik berkisar antara 1,5 km. Peta persebaran titik dapat dilihat pada Gambar 10.

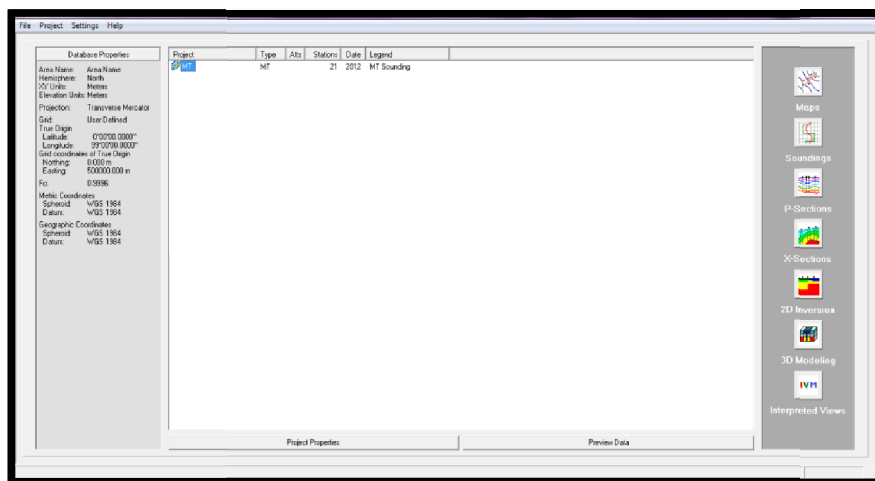
Pada penelitian ini data yang diolah berupa data dengan format (.EDI) yang sebelumnya telah dilakukan pengolahan awal dengan menggunakan *software*. Penelitian ini melanjutkan pengolahan data tahap kedua untuk mendapatkan model dari data pengukuran dengan menggunakan *software* geofisika yaitu, WinGLink.

Langkah pertama adalah dengan membuat lembar *project* dan *database* pada WinGLink. Pada tahap ini nama *single project* adalah MT dengan *database* dinamai dengan Tugas Akhir (lembar kerja Gambar 11). Kemudian dilanjutkan dengan *import* data MT berupa data dengan format (.EDI) dan *import* koordinat -

titik MT. Setelah proses *import* data selesai, dilanjutkan dengan pengolahan data yang dimulai dengan menghubungkan titik-titik MT sesuai dengan lintasannya seperti pada Gambar 10. Setelah pengaktifan ketiga lintasan maka pengeditan kurva *sounding* MT dapat dilakukan. Pengeditan ini dilakukan terhadap 21 titik MT yang tersebar pada tiga lintasan.



Gambar 10. Persebaran titik Magnetotellurik



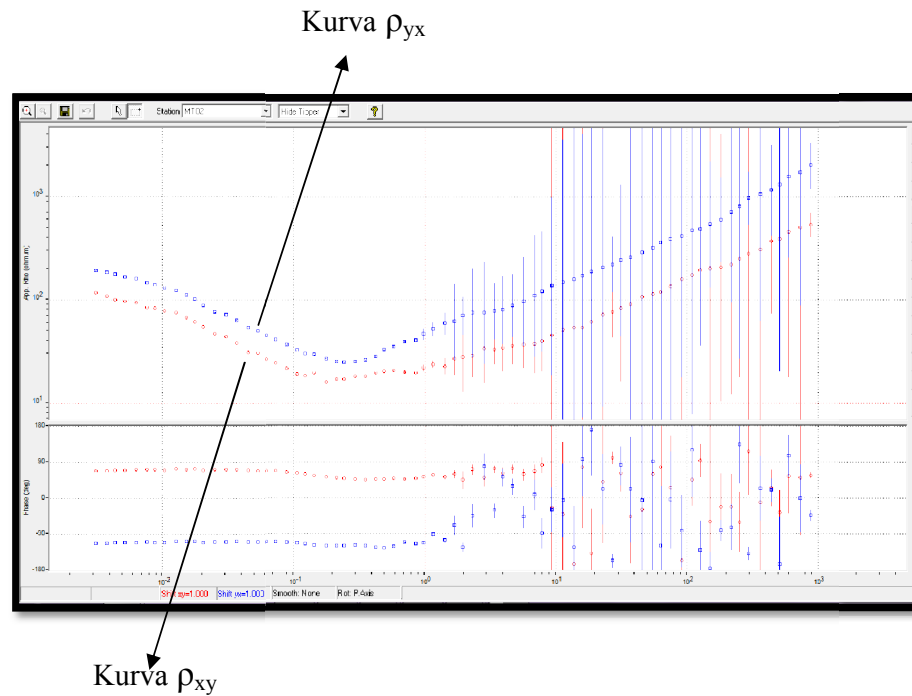
Gambar 11. Lembar database MT

Setelah kurva *sounding* MT01 sampai MT21 dibuka, terlihat bahwa kurva ρ_{xy} dan ρ_{yx} memiliki pergeseran ke arah vertikal atau disebut dengan pergeseran statik. Diperlihatkan pada Gambar 12 yang melampirkan satu titik MT yang mengalami pergeseran statik, yaitu MT02.

Dari kurva tersebut tampak kurva ρ_{xy} (merah) dan kurva ρ_{yx} (biru) mengalami *shift* (pergeseran). Hal ini terjadi karena data MT tidak begitu stabil pada lapisan dangkal karena perbedaan topografi yang mencolok yang disebut juga karena efek *galvanic* (*distorsi galvanic*).

Pergeseran vertikal kurva *sounding* MT pada skala logaritmik ekuivalen dengan perkalian harga resistivitas-semu dengan suatu konstanta $k > 1$ (pergeseran ke atas) atau $k < 1$ (pergeseran ke bawah). Pemodelan 1-D kurva *sounding* MT yang mengalami pergeseran vertikal sebesar k menghasilkan model 1D yang merupakan kelipatan k dan $k^{1/2}$ masing-masing untuk resistivitas dan ketebalan yang sebenarnya (Sternberg dkk., 1988; Hendro & Grandis, 1996).

Untuk mengatasi data yang mengalami *shift* tersebut dilakukanlah koreksi statik, dalam penelitian ini menggunakan data TDEM. Data TDEM merupakan hasil pengukuran pada titik yang sama saat dilakukan pengukuran data MT. sehingga untuk mengatasi masalah ini maka tahap selanjutnya adalah menginput data TDEM. Penetrasi kedalaman data TDEM yang digunakan adalah maksimal 500 meter.



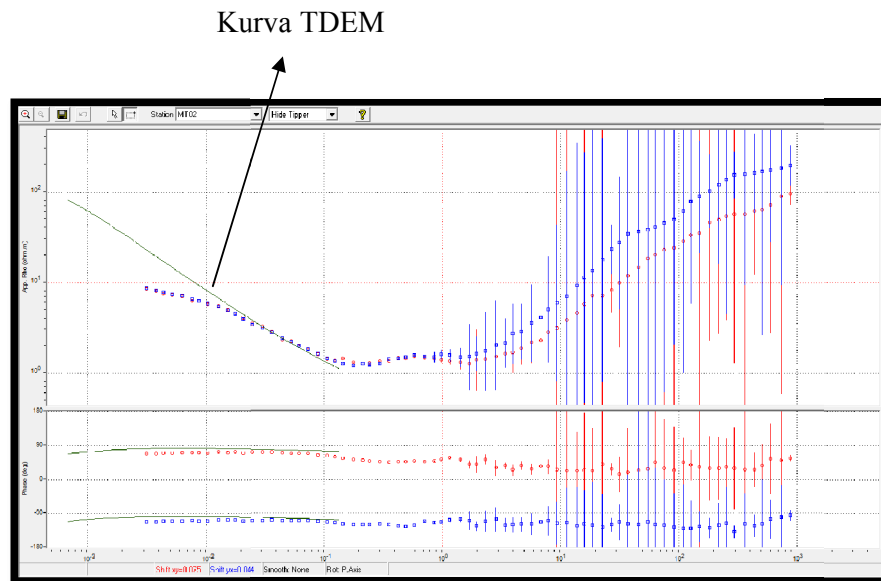
Gambar 12. Kurva sounding MT-02

Untuk mendapatkan kurva TDEM, dilakukan pembuatan *single* database yang di-*integrated* dengan data MT kemudian *import* data TDEM, sehingga pada saat pengeditan *sounding*, kurva TDEM dapat muncul bersama dengan kurva ρ_{xy} dan ρ_{yx} . Setelah proses *input* data TDEM, kemudian dilakukan pengeditan kurva *sounding* untuk dikoreksi dengan kurva TDEM yang telah ada. Seperti terlihat pada Gambar 13. Pengikatan terhadap kurva resistivitas dilakukan dengan menggeser secara vertikal kedua kurva tersebut sehingga berhimpit dengan kurva TDEM.

Salah satu contoh titik dapat dilihat pada Gambar 13 yang memperlihatkan kurva *sounding* yang telah dikoreksi dengan menggeser kedua kurva resistivitas - sehingga berhimpit dengan kurva TDEM yang disebut dengan proses pengikatan.

Setelah dilakukan koreksi dengan TDEM, maka dilakukan inversi 1D dengan menggunakan *inversi Bostick* dan *Occam* pada site 1D. Pada pengolahannya dilakukan pengeditan pada menu yang telah tersedia. Pada penelitian ini, mengambil 6 layer untuk setiap titik MT baik untuk model *Bostick* maupun model *Occam*.

Perlakuan yang sama untuk semua titik MT, sehingga mendapatkan model 1 dimensi yang selanjutnya dapat memerikan hasil yang bagus untuk pengolahan 2 dimensi.

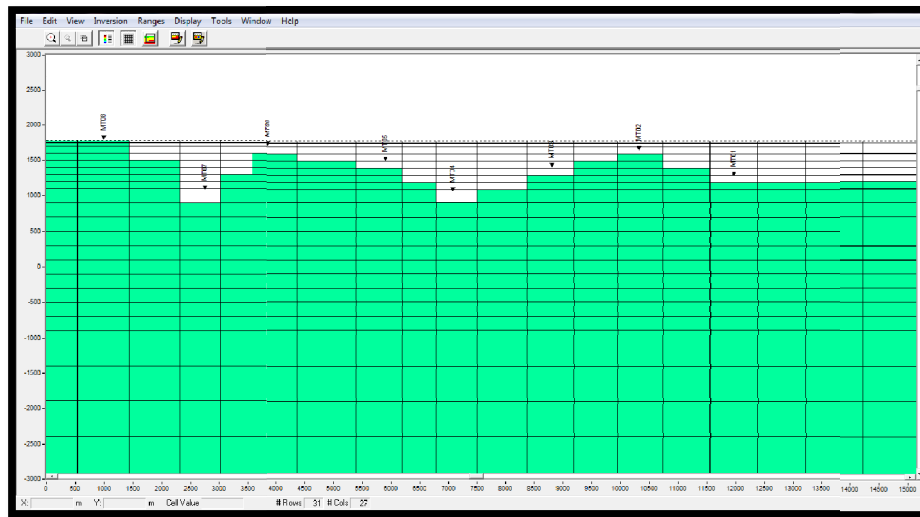


Gambar 13. Kurva Sounding MT02 dengan Koreksi Statik TDEM

5.2. Pengolahan Data 2 Dimensi (2D)

Setelah proses semua 1D untuk semua titik MT selesai maka tahapan selanjutnya adalah pembuatan model 2D. Langkah pertama memilih menu *2D Inversion* pada *project*. Pada lembar kerja 2D muncul 3 buah lintasan dari area penelitian yang kemudian memilih menu *new model* dengan menggunakan topografi.

Pembuatan model 2D dilakukan untuk masing-masing lintasan. Pertama dilakukan pada lintasan 1 (*Line 1*). Setelah *new model* dibuat maka akan muncul lembar kerja berupa *mesh*, seperti pada Gambar 14 sebagai pembantu dalam pengolahan inversi nantinya.

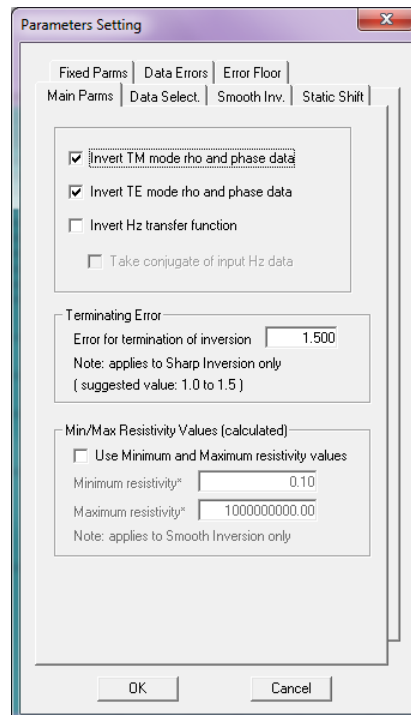


Gambar 14. *Mesh Line 1* sebelum pengolahan 2D

Kemudian pada menu *worksheet*, dipilih menu *inversion* → *setting*, akan muncul *sheet parameter setting* terlihat pada Gambar 15, kemudian pilih *Invert TE mode rho dan phase data* dan *Invert TM mode rho dan phase data*.

Kemudian edit *ranges* pada *range editor* untuk menentukan rentang nilai dari kurva resistivitas dengan memilih *range bound setting logaritmik*, simpan model kemudian pilih *run smooth inversi* dengan *iterasi* model 50.

Maka pada lembar kerja akan melakukan *running data*, sehingga diperoleh model 2D dari *Line 1*. Proses yang sama untuk kedua lintasan.



Gambar 15. Parameter *setting* inversi 2D

Pada pengolahan 2D terlebih dahulu menggunakan algoritma inversi *non linear conjugate gradient* (NLCG). Proses ini telah banyak dibahas oleh Rodi dan Mackie (2001). Algoritma ini membantu dalam proses pemodelan inversi dengan membuat fungsi sehingga dapat menyelesaikan masalah pemodelan dengan menggunakan model *smoothing* dari data MT terukur.

Data nilai resistivitas semu dan *phase* yang digunakan pada pemodelan ini adalah data dengan frekuensi 10^2 s.d 10^{-3} Hz, yang bertujuan untuk membuat model dua dimensi area penelitian yang pada umumnya berada pada kedalaman 1 - 3 km sehingga frekuensi tersebut dapat dimanfaatkan.

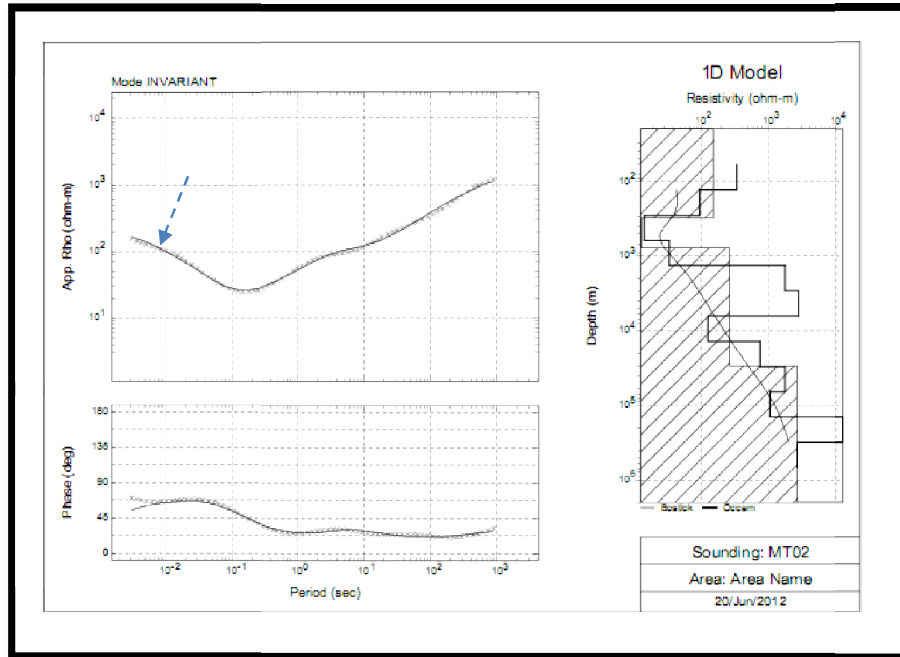
5.3. Interpretasi dan pembahasan

5.3.1. Model 1D

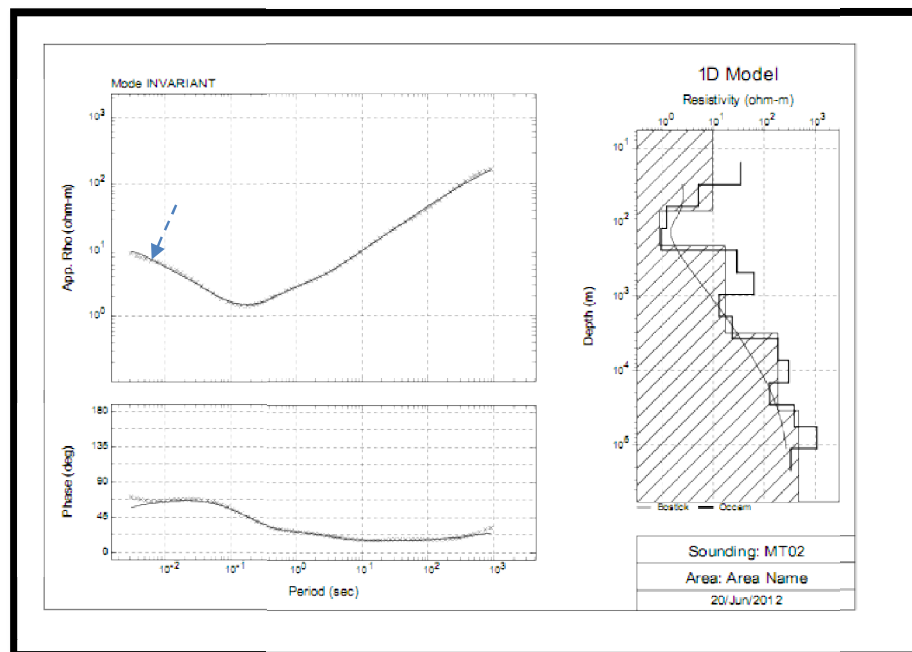
Setelah proses pengolahan data 1D maka akan diperoleh model 1D dari masing-masing titik MT. Pada pembahasan akan ditampilkan salah satu titik MT yaitu titik MT02 sebelum dan sesudah koreksi TDEM dan titik lainnya dapat dilihat pada Lampiran. Dari kedua model tersebut dapat kita perhatikan kurva *apparent resistivitas* nya. Pada Gambar 16a resistivitas semu dari kurva tersebut diawali dengan nilai lebih dari 10^2 ohm-m sedangkan pada Gambar 16b yang telah dikoreksi dengan TDEM dimulai dengan nilai resistivitas 10^1 ohm-m.

Dari kedua model tersebut dapat kita perhatikan pada kurva *apparent resistivitas* nya. Pada Gambar 16a resistivitas semu dari kurva tersebut diawali dengan nilai lebih dari 10^2 ohm-m sedangkan pada Gambar 16b yang telah dikoreksi dengan TDEM dimulai dengan nilai resistivitas 10^1 ohm-m. Nilai resistivitas lapisan awal lebih dari 100 (10^2) ohm-m menandakan lapisan tersebut sangat resistif (dominan resistif) karena pengaruh dari perbedaan topografi titik dengan daerah sekitar pengukuran. Perbedaan keheterogenitasan nilai resistivitas dari lapisan tersebut dan juga aktivitas permukaan baik dari aktivitas manusia maupun benda yang mempengaruhi gelombang elektromagnetik pada permukaan.

Pengaruh-pengaruh ini yang disebut pengaruh statik. Hal ini dapat mempengaruhi data yang diperoleh seperti tercermin pada model 1D tersebut yang mengalami pemusatan satu nilai resistivitas yang dominan pada lapisan dangkal atau yang disebut dengan *galvanik distorsi*.



(a)



(b)

Gambar 16. Model 1D titik MT02 (a) tanpa koreksi TDEM; (b) dengan Koreksi Statik (TDEM)

Model dengan pengaruh ini tidak dapat dipakai untuk interpretasi data karena kurang akurat untuk mendeskripsikan suatu lapangan panas bumi. Untuk mengatasi pengaruh ini maka dilakukan suatu koreksi, pada penelitian ini dilakukan koreksi dengan menggunakan *Time Domain Elektromagnetik* (TDEM) model 1D seperti ditunjukkan oleh Gambar 16b.

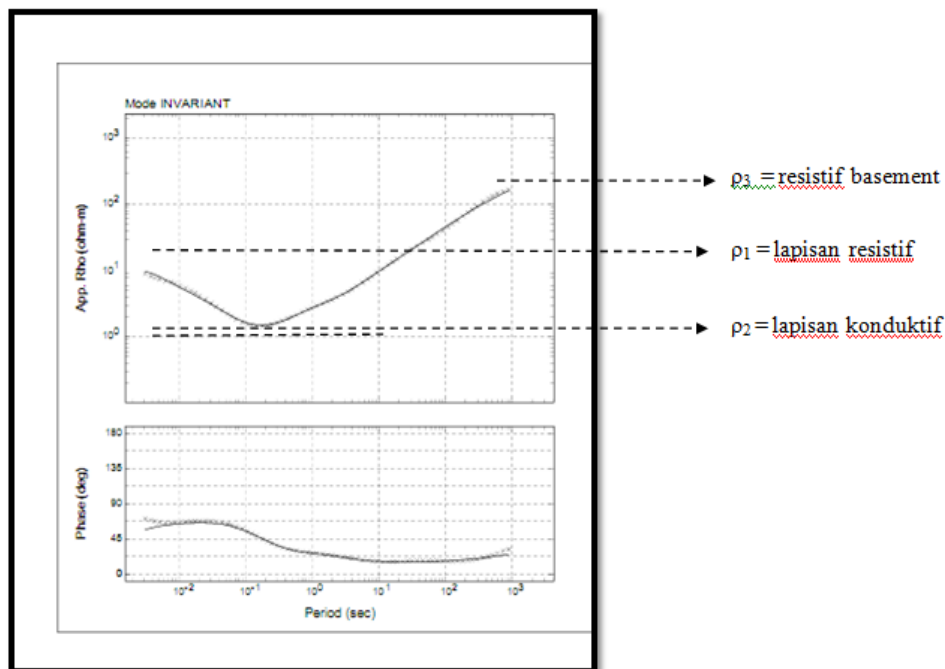
Pengukuran TDEM ini dilakukan pada titik-titik yang sama pada pengukuran MT. Keunggulan TDEM ini adalah penetrasi kedalaman pada daerah dangkal cenderung stabil tidak dipengaruhi oleh efek statik karena metode ini adalah metode aktif dengan injeksi arus yaitu *arus Eddy* untuk mendapatkan hasil berupa sinyal listrik maupun magnet. Berbeda dengan metode MT yang penetrasi kedalaman cukup dalam tetapi pada kedalaman dangkal cenderung tidak bagus.

Pada penelitian ini injeksi arus di *setting* untuk mendapatkan penetrasi kedalaman sampai 500 meter. Sehingga pada pengolahannya pengikatan kurva *sounding* MT dengan kurva TDEM sehingga ketiga kurva tersebut berhimpit, sehingga hasil yang telah terkoreksi statik ditunjukkan oleh Gambar 16b.

Pada pembahasan 1D ini dilakukan interpretasi terhadap model 1D yang telah dikoreksi TDEM. Pada kurva resistivitas model 1D baik tanpa maupun telah terkoreksi TDEM merupakan hasil pengolahan untuk titik MT02. Pada Gambar 16 ini, bagian sebelah kiri merupakan kurva resistivitas semu dan phase (vertikal) terhadap periode (horizontal) sedangkan sebelah kanan merupakan kurva resistivitas (vertikal) terhadap kedalaman (horizontal).

Pada Gambar 17 menunjukkan persebaran nilai resistivitas terhadap perioda setiap lapisan permukaan bumi yang dapat dibagi tiga berdasarkan persebaran nilai-resistivitasnya. Lapisan yang memiliki nilai resistivitas kecil atau biasa disebut dengan lapisan konduktif (ρ_2). Sedangkan lapisan yang mempunyai nilai resistivitas yang sedang dinamakan lapisan resistif (ρ_1).

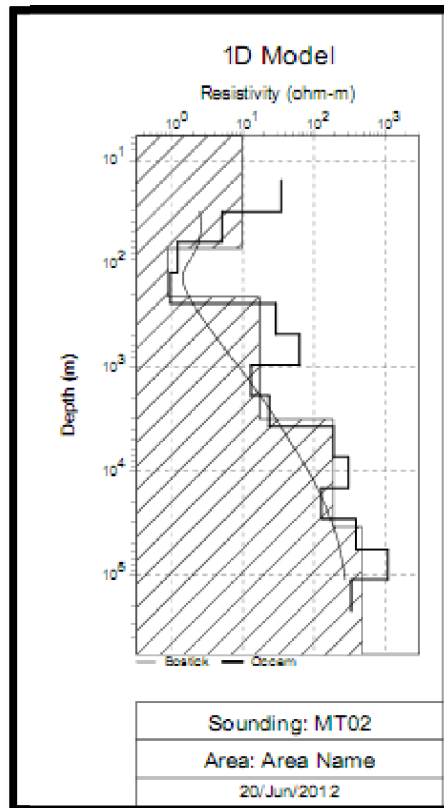
Lapisan terakhir, yaitu lapisan ρ_3 memiliki nilai resistivitas yang sangat tinggi. Biasanya pada sistem panas lapisan yang memiliki nilai resistivitas yang tinggi diduga adalah lapisan batuan dasar (*basement*).



Gambar 17. Kurva resistivitas titik MT02

Kurva nilai resistivitas terhadap kedalaman ditunjukkan pada Gambar 18. Kurva tersebut menunjukkan persebaran nilai resistivitas dari lapisan permukaan sampai kedalaman 10^4 m, tetapi yang menjadi titik pengamatan hanya sampai kedalaman 3 km. Daerah yang diarsir merupakan daerah pengamatan.

Persebaran nilai resistivitas pada lapisan dangkal pada kedalaman sampai 1 km berada pada nilai $1 - 10^1$ ohm-m yang merupakan lapisan konduktif dengan nilai resistivitas rendah. Semakin bertambah kedalaman nilai resistivitas semakin besar.



Gambar 18. Kurva Resistivitas (ohm-m) terhadap Depth (m).

Pada pemodelan 1D Gambar 17 yaitu kurva resistivitas terhadap kedalaman, merupakan hasil inversi, yaitu inversi *Bostick*. Inversi *Bostick* yang diterapkan merupakan suatu perkiraan yang digunakan untuk mendapatkan kurva resistivitas semu dan kedalaman. Kurva ini direpresentasikan oleh model berlapis horizontal yaitu terdiri dari beberapa lapisan dimana tahanan jenis tiap lapisan adalah homogen, sehingga nilai resistivitas yang dihasilkan hanya pada satu titik yang berubah terhadap kedalaman.

Metode Inversi Bostick (Jones,1983) merupakan cara yang cepat dan mudah untuk memperkirakan variasi tahanan jenis terhadap kedalaman secara langsung dari kurva sounding tahanan jenis semu. Metode merupakan metode pandahuluan untuk mendapatkan model 2D magnetotellurik.

5.3.2. Model 2D

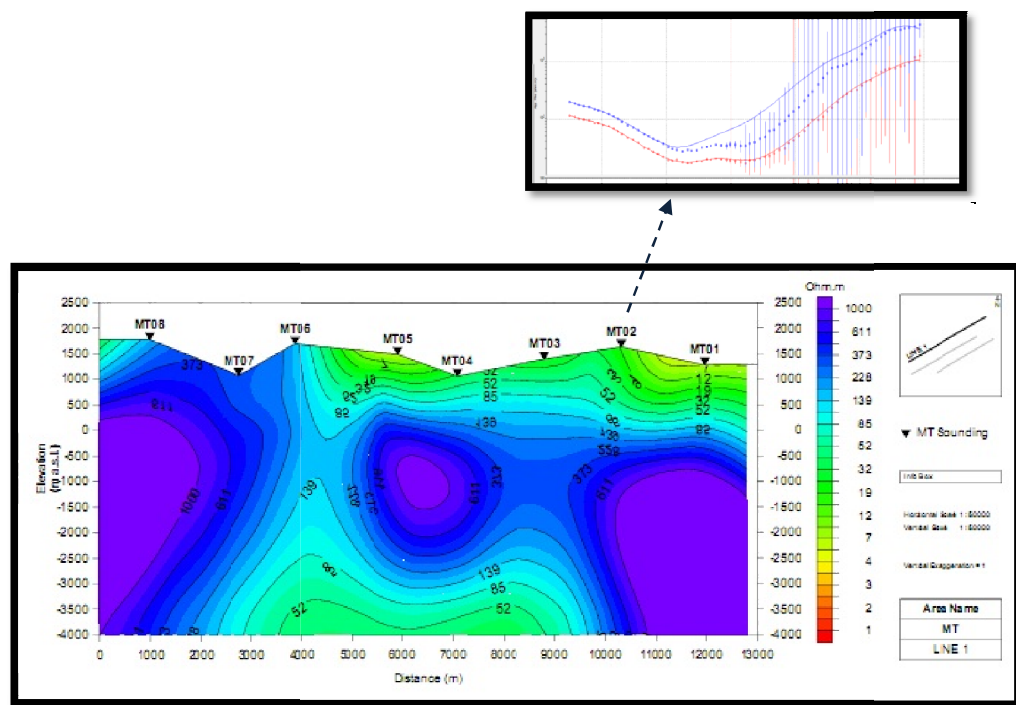
Dari pengolahan data yang dilakukan, dihasilkan model 2D yang memakai koreksi dan yang telah dikoreksi ditampilkan pada Gambar 19 dengan membandingkan hasil 2D dengan atau tanpa koreksi sebagai contoh adalah *Line 1*.

Pada Gambar 19a merupakan model 2D yang tidak dikoreksi statik. Pola dari nilai resistivitas rendah hanya terlihat sedikit dan tipis dari titik MT-01 sampai MT-05, sedangkan pada MT-06 sampai MT-08 hampir semua titik memiliki nilai yang diindikasikan sebagai lapisan resistif (resistivitas tinggi), sehingga hampir pada semua titik didominasi oleh resistivitas yang tinggi yang ditandai dengan warna kebiruan. Hal ini menandakan pemusatan satu nilai resistivitas saja hampir pada setiap lapisan seperti telah dijelaskan pada pembahasan model satu dimensi dibagian sebelumnya. Sedangkan Gambar 19b merupakan model 2D yang telah terkoreksi statik. Model inilah nantinya dapat diinterpretasi untuk mendapatkan analisis data yang baik untuk pencitraan bawah permukaan.

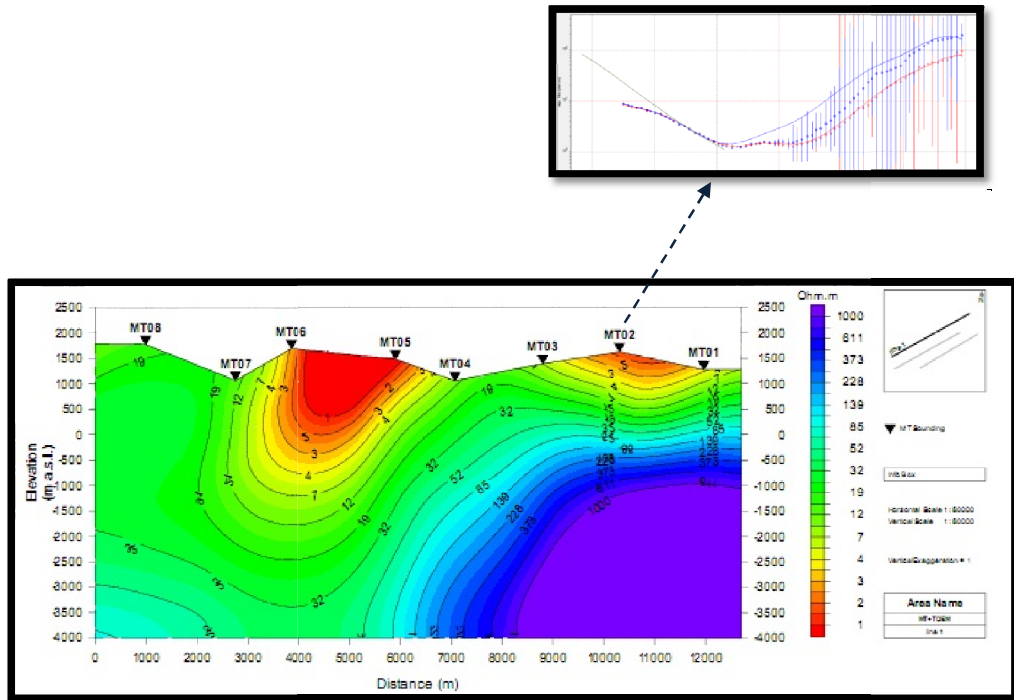
Kedua model diatas sangat kontras berbeda karena pergeseran kurva *sounding* yang cukup jauh. Sama halnya dengan *Line 2* dan *Line 3* juga memiliki hasil yang sama dan memiliki perbedaan kontras resistivitas yang sangat berbeda tetapi dengan pola yang mengarah pada nilai yang sama.

Salah satu titik yang dibahas sebelumnya yaitu titik MT-02 dapat diperhatikan pada model tanpa TDEM memiliki nilai yang sama pada lapisan permukaan. Seperti halnya yang telah dibahas pada bagian 1D tadi yang menjadi penyebab model memiliki persebaran nilai resistivitas yang tinggi.

Semua titik MT mengalami pergeseran statik yang disebabkan oleh perbedaan topografi antara satu titik dengan titik lainnya. Oleh karena pengaruh inilah yang menjadi dasar dilakukan koreksi TDEM, dan model tersebut yang akan diinterpretasi pada pembahasan penelitian ini. Selanjutnya akan dibahas ketiga model 2D yang terkoreksi TDEM yang ditunjukkan oleh Gambar 19.



(a)

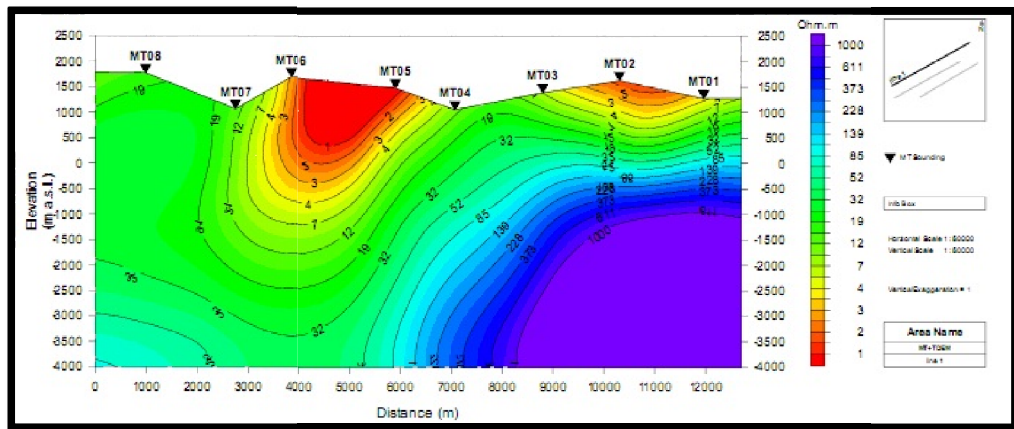


(b)

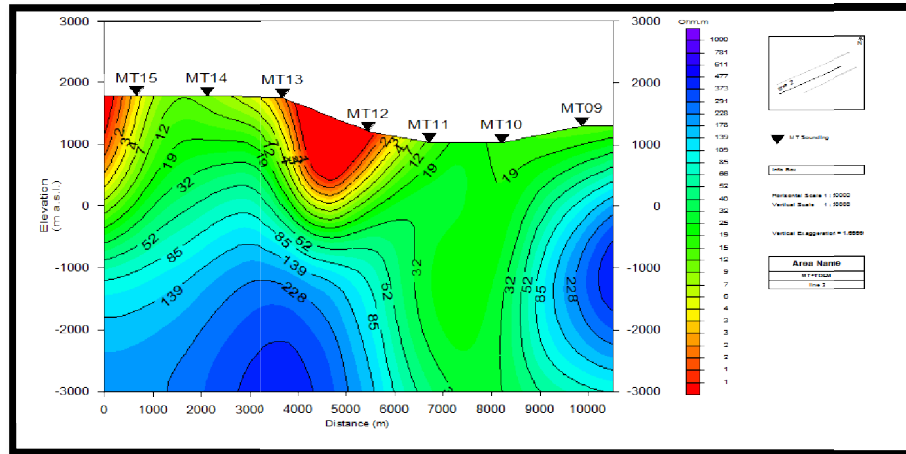
Gambar 19. Model 2 Line 1 (a) tanpa Koreksi TDEM ; (b) dengan Koreksi TDEM

Barat Daya

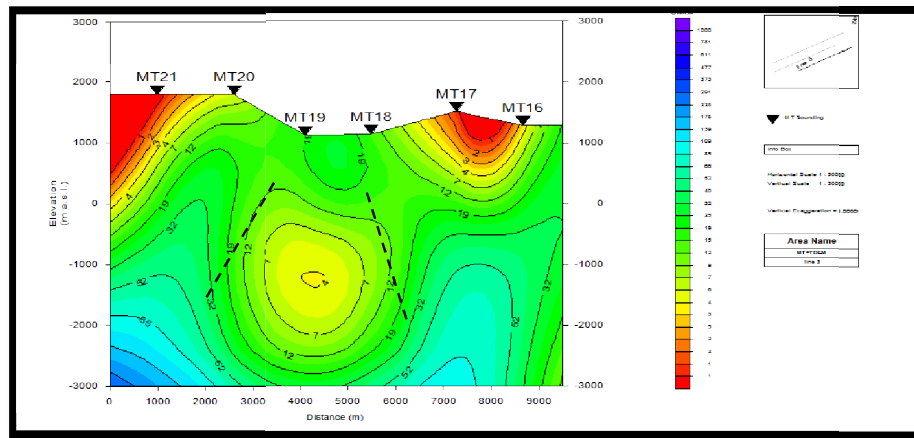
Timur Laut



(a)



(b)



(c)

Gambar 20. Model 2D (a) Line 1 ; (b) Line 2; (c) Line 3

Pada Gambar 20 (a, b dan c) terlihat tiga zona kontras dari gambar tersebut, yaitu zona dengan nilai resistivitas rendah yang ditandai dengan warna merah memiliki rentang nilai resistivitas 1 s.d 10 ohm-m pada elevasi yang relatif dangkal yaitu berkisar antara 500 m s.d 1000 m. Zona ini disebut juga dengan zona konduktif. Kemungkinan pada lapisan dangkal ini merupakan batuan yang memiliki nilai konduktivitas besar.

Zona yang memiliki nilai resistivitas sedang yang ditandai dengan warna kehijauan memiliki rentang nilai 12 s.d 100 ohm-m, pada umumnya tersebar pada elevasi 1000 s.d -1000 m dengan ketebalan yang bervariasi. Ketebalan zona ini sangat bervariasi bahkan ada yang muncul pada permukaan. Zona tersebut merupakan zona resistivitas sedang.

Zona terakhir adalah zona yang memiliki nilai resistivitas tinggi, biasanya disebut dengan lapisan resistif yang ditandai dengan warna kebiruan, memiliki nilai resistivitas berkisar dari >100 ohm-m. Zona ini tersebar pada elevasi dibawah 2000 m yang merupakan zona batuan sumber (*source rock*).

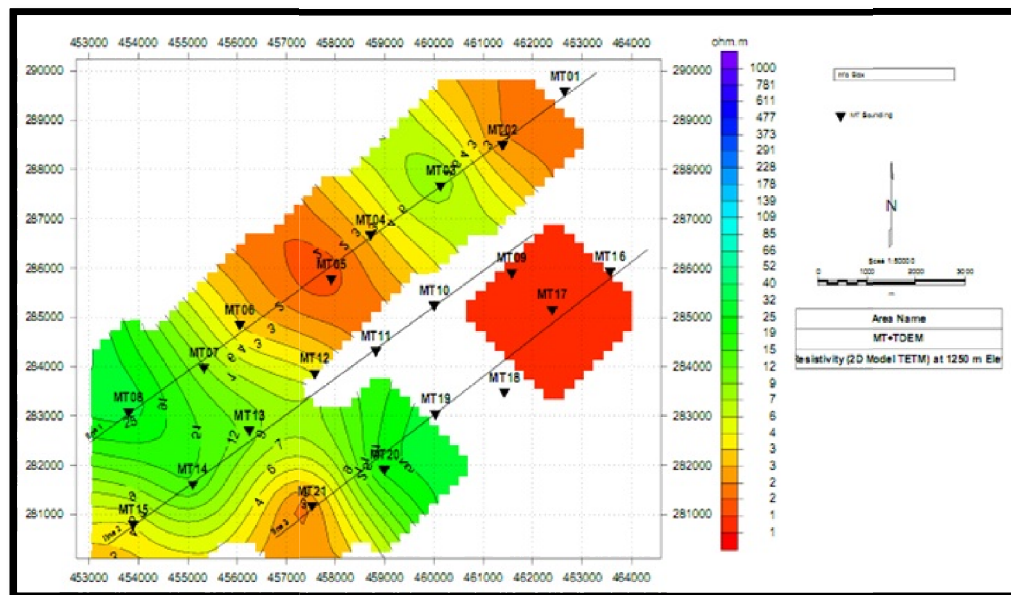
Namun pada ketiga model ini, nilai resistivitas pada setiap *line* dan setiap titik tidak tersebar secara merata. Berdasarkan kriteria panas bumi daerah Sumatera, zona *claycap* memiliki resistivitas yang rendah dengan kedalaman dangkal yaitu ± 1000 meter, maka model yang mengindikasikan zona *clay* itu adalah pada model 2D line 3, dimana daerah yang di duga “dome” diindikasikan sebagai *claycap*, yang berada pada kedalaman antara 1000 m sampai 1500 m, dapat dilihat pada model lateral pada Gambar 21 berikut.

Setelah memperoleh ketiga model maka ketiganya dibuat peta vertikal persebaran resistivitas berdasarkan *fix elevation* sampai kedalaman maksimum, pada penelitian ini adalah 3000 meter dari permukaan.

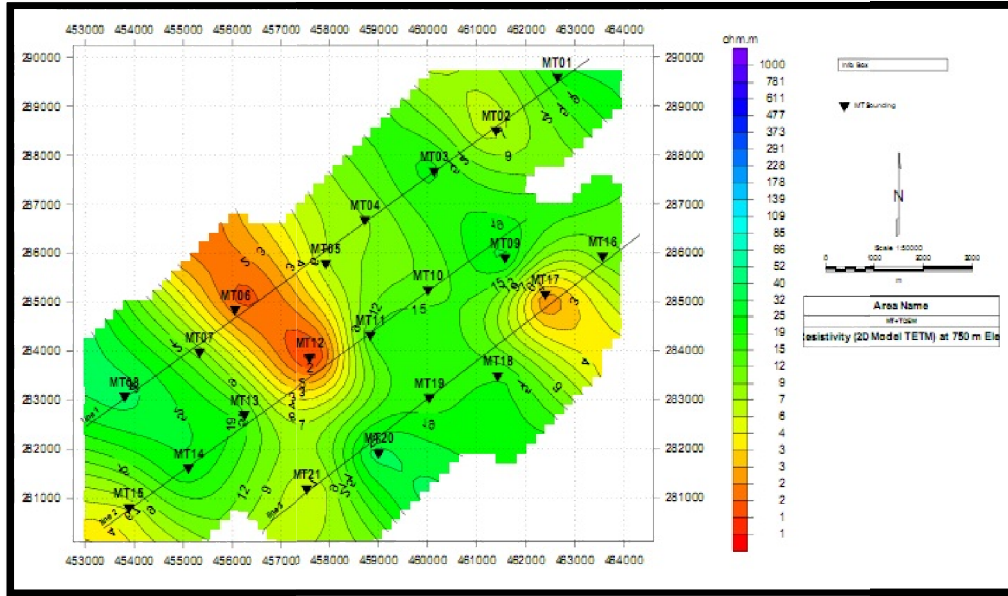
Peta persebaran resistivitas ditunjukkan pada Gambar 21. Pada peta ini menampilkan dari ketinggian 1250 m sampai kedalaman 2000 m dari *mean sea level* (msl), sehingga total kedalaman dari area ini adalah 3250 m.

Pada gambar ini kita dapat mengetahui kemenerusan dari persebaran nilai resistivitas baik lateral maupun vertikal. Pada peta persebaran, nilai resistivitas yang rendah dominan berada pada daerah lintasan 1 dan 2 kemudian menerus ke arah Timur pada lintasan 3.

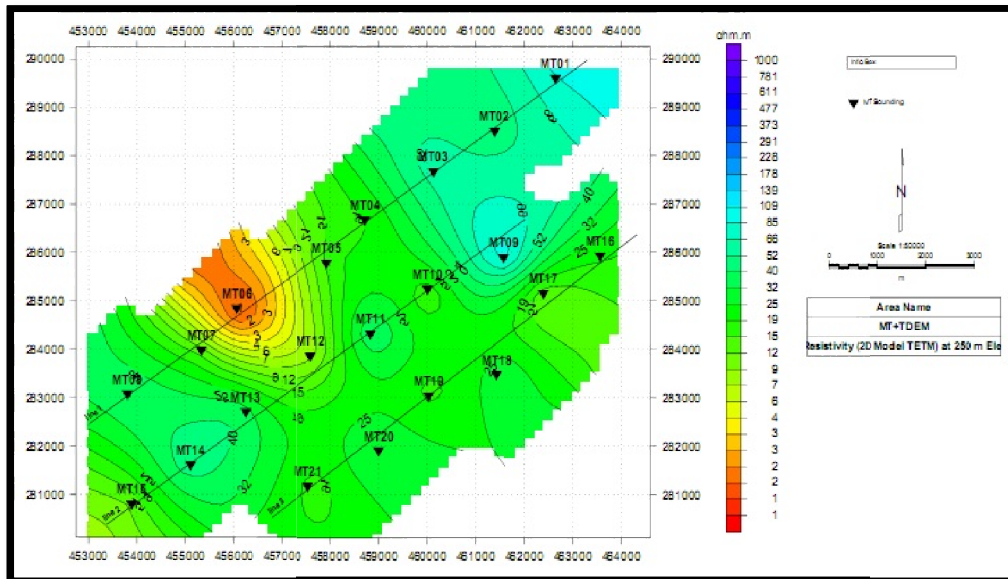
Nilai resistivitas rendah tersebut bukan diindikasikan sebagai *claycap* karena berada pada permukaan. Zona yang terduga *claycap* dapat dilihat pada line 3 dengan kedalaman sekitar 1000 meter dan perlahan menghilang pada kedalaman 2000 meter, yang ditandai oleh garis putus - putus berwarna merah. Zona ini yang diduga sebagai batuan penudungnya, yang terlihat pada titik sounding antara MT-18 dan MT-19.



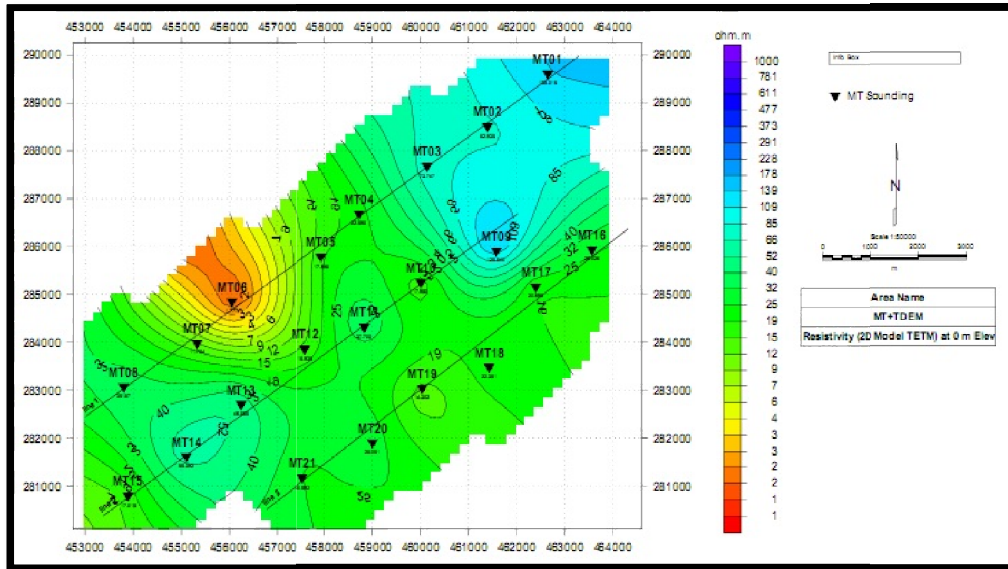
(a). Elevasi 1250 meter



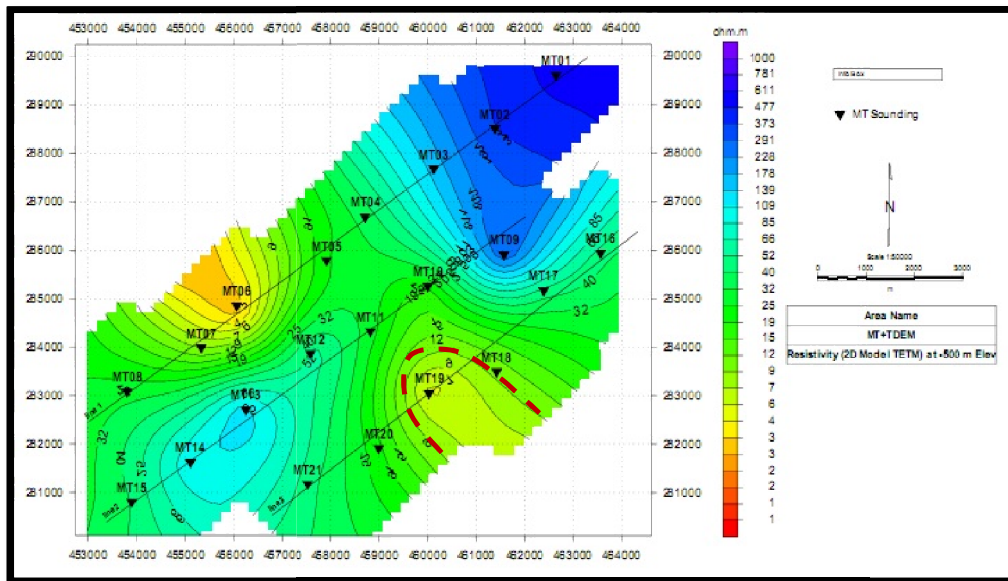
(b). Elevasi 750 meter



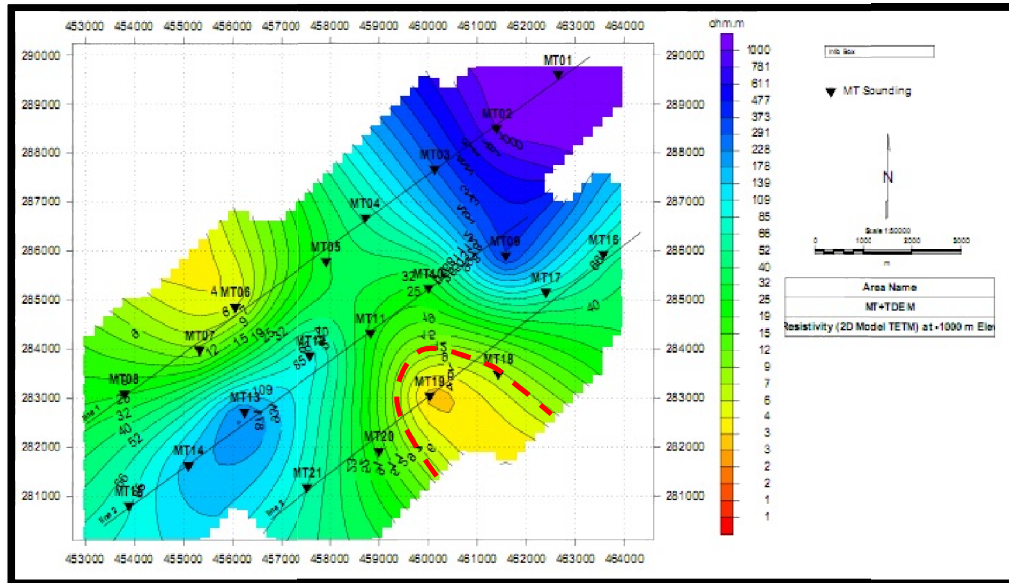
(c). Elevasi 250 meter



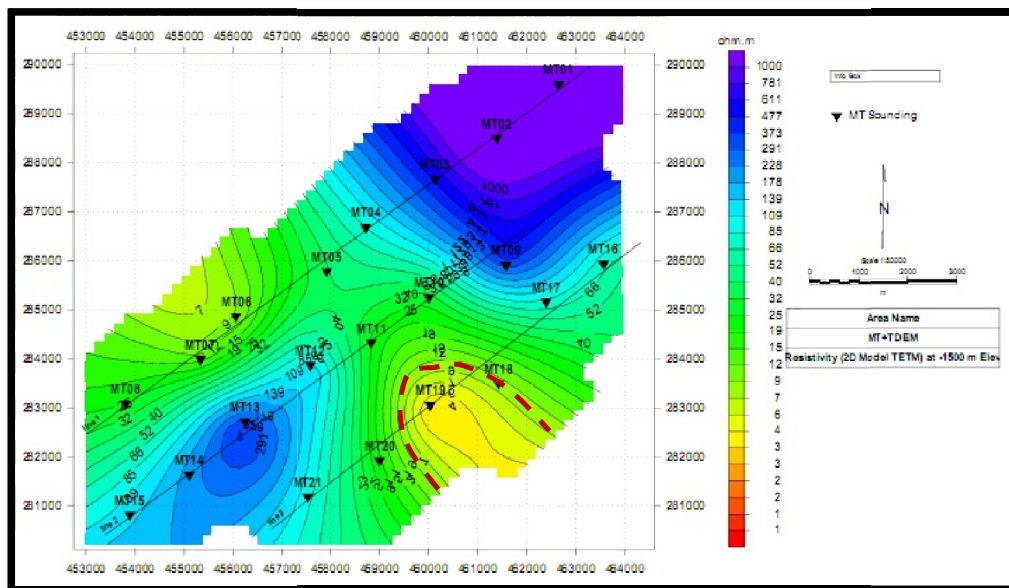
(d). Elevasi 0 meter



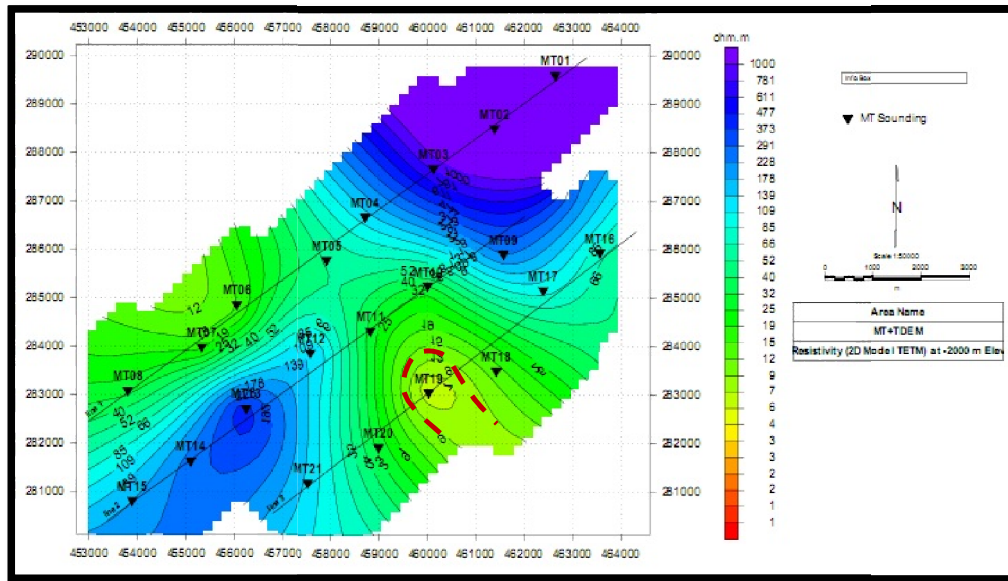
(e). Elevasi - 500 meter



(f). Elevasi – 1000 meter



(g). Elevasi -1500 meter

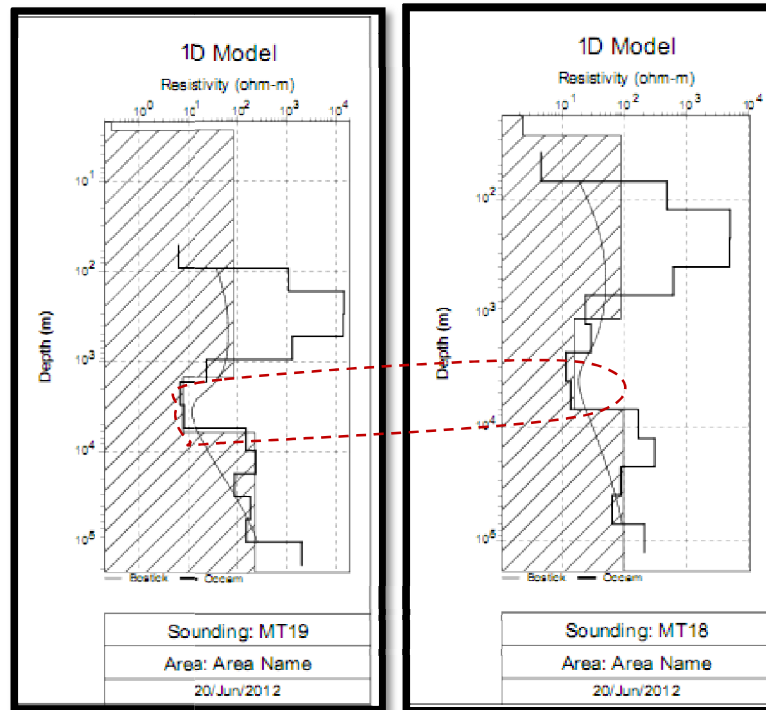


(h). Elevasi – 2000 meter

Gambar 21. Peta persebaran resistivitas berdasarkan *fixed elevation* dari ketinggian 1250 m sampai kedalaman 2000 m dari *msl*.

Daerah yang diduga zona *claycap* berada diselitar MT-19 dan MT-18, sehingga untuk lebih jelas maka ditampilkan kurva *sounding* dari titik MT-19 dan MT-18, yang ditunjukkan pada Gambar 22. Dari gambar *sounding* MT dibawah, bagian yang ditandai dengan garis putus-putus berwarna merah yang memiliki nilai resistivitas rendah yang diduga *claycap* dimulai dari kedalaman 1000 m sampai pada kedalaman 1500 m, yang memiliki nilai resistivitas < 10 ohm-m.

Jadi dari model dari hasil pengolahan data ini untuk mengetahui daerah persebaran resistivitas setiap lapisan permukaan. Data MT yang terukur tidak semuanya memiliki data yang bagus untuk diolah, oleh karena itu diperlukan beberapa tahapan agar data tersebut bebas dari *noise* dan bagus untuk diolah agar mendapatkan hasil yang maksimal.



Gambar 22. *Sounding* MT-19 dan MT-18

Data terukur tersebut pada kenyataan akan mengalami pergeseran statik akibat keheterogenitasan nilai resistivitas lapisan atas dan juga karena perbedaan topografi dari masing-masing titik pengukuran. Untuk itu diperlukan koreksi statik untuk memperbaiki dan menghilangkan *noise* tersebut. koreksi yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan koreksi *time domain elektromagnetik* (TDEM) .

Pada data penelitian nilai resistivitas rendah pada permukaan bukan merupakan batuan penudung karena pada daerah Sumatera, kriteria untuk kedalaman reservoir adalah ± 1000 m, maka dapat disimpulkan zona terduga *claycap* berada pada line 3, yang berada antara titik MT-19 dan MT-18 pada kedalaman 1000 m s.d 1500 meter.