

Pendugaan struktur bawah permukaan zona semburan lumpur Sidoarjo “LUSI” berdasarkan data magnetotellurik

A B Mashuda^{1, a}, Sunaryo¹, dan A Susilo¹

¹Program Studi Magister Ilmu Fisika, Jurusan Fisika, Universitas Brawijaya Malang
Fakultas Ilmu Pengetahuan dan Matematika, Universitas Brawijaya Malang

^abay_yie@ymail.com

Abstrak. Pendugaan struktur bawah permukaan dalam Geofisika dapat diteliti dengan beberapa metode, salah satunya dengan metode *Magnetotellurik*. Metode ini menggunakan gelombang *elektromagnet* yang ditangkap sensor medan magnet dan medan listrik. Hasil akuisisi merupakan data mentah yang berupa *time series*, kemudian dirubah ke domain frekuensi dengan *software Mapros*. Titik pengambilan data berjumlah 13 yang dibagi menjadi 3 profil inversi, selanjutnya dilakukan pemodelan setiap profil inversi dengan menggunakan *software WinGlink* untuk mendapatkan penampang *resistivitas 2-D*. Hasil sebaran *resistivitas 2-D* dipotong setiap kedalaman 500 m hingga mencapai 5000 m dengan *software Surfer*. Struktur bawah permukaan zona semburan lumpur Sidoarjo terbagi atas 3 struktur lapisan, struktur bagian atas (lapisan 1) dari permukaan hingga mencapai kedalaman 1000 m dengan rentan nilai *resistivitas* 4 – 6 Ωm di duga batuan endapan yaitu endapan aluvium. Lapisan 2 di kedalaman 1500 hingga 3500 m dengan rentan nilai *resistivitas* 40 – 120 Ωm di duga batuan sedimen, yaitu batu pasir dan batu lempung. Lapisan 3 di kedalaman 4000 hingga 5000 m dengan rentan nilai *resistivitas* 250 – 1050 Ωm di duga batuan gunungapi, yaitu batu lava dan batu basal.

1. Pendahuluan

Kondisi bawah permukaan daerah lumpur Sidoarjo merupakan batu lempung [1]. Sebagai daerah lumpur, hasil data stratigrafi menunjukkan lapisan bagian atas merupakan endapan aluvium yang terdiri unsur batuan lempung dan lumpur [2].

Hasil survai Geofisika telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan metode Geolistrik (Setiyawan *et al.*, 2016) menunjukkan kondisi bawah permukaan hingga kedalaman 50 m jenis penyusun tanah dan batumannya adalah krikil, pasir, lempung dan serpih. Penelitian sebelumnya mendapatkan hasil hingga kedalaman 50 m, sehingga penelitian lebih lanjut perlu dilakukan untuk pendugaan struktur bawah permukaan sekitar semburan dengan metode *Magnetotellurik*.

Magnetotellurik merupakan metode yang memanfaatkan sumber arus *tellurik* dari alam yang merambat di ruang antara *ionosphere* dan permukaan bumi. Arus ini ditangkap oleh sensor medan listrik dan medan magnet kemudian dirubah menjadi gelombang *elektromagnet* yang terpolarisasi pada arah horizontal (arah xy) dan merambat pada arah vertikal (arah z) [3].

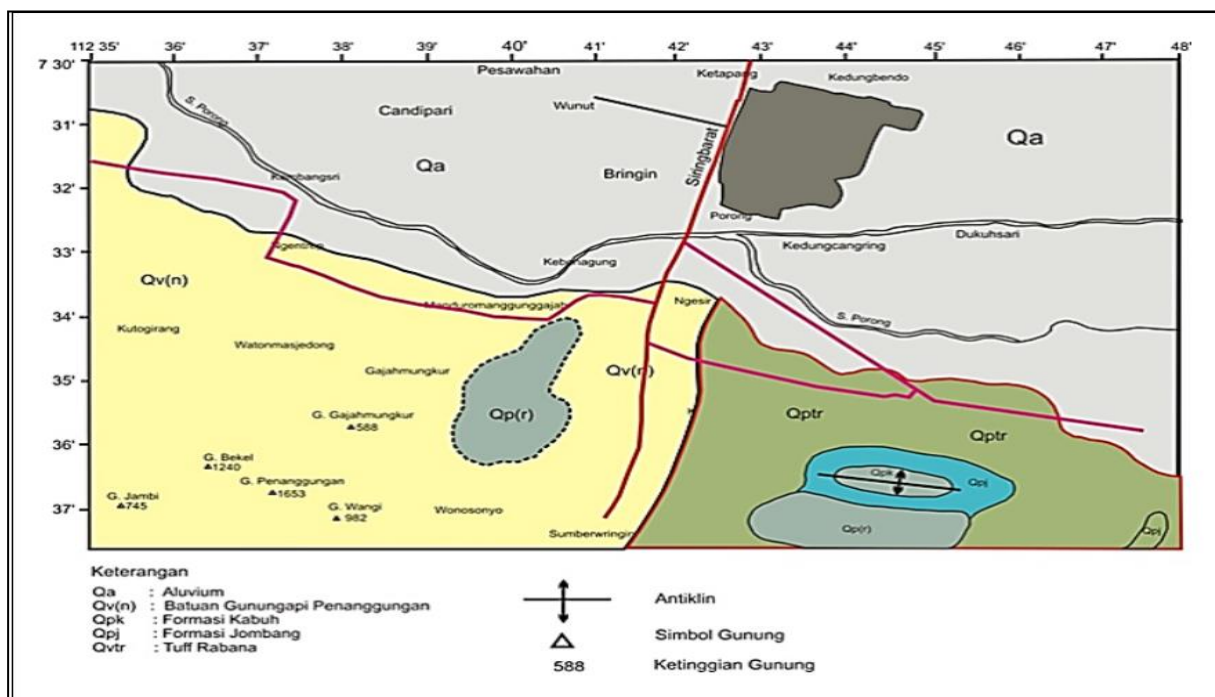
Nilai amplitudo komponen horizontal medan listrik dan medan magnet dengan nilai frekuensi yang bervariasi, maka akan dihasilkan variasi nilai *resistivitas* setiap kedalaman [3].

$$\rho = 0,2T \left| \frac{\vec{B}}{\vec{H}} \right|^2 \quad (1)$$

ρ : Resistivitas listrik (Ω m)
 T : Periode (s)
 $\vec{E}$: Medan listrik (V/m)
 $\vec{H}$: Medan magnet (T)

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan di daerah sekitar semburan lumpur, kecamatan Porong, kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Geologi daerah penelitian berdasarkan peta geologi Porong (Gambar 1) merupakan endapan aluvium

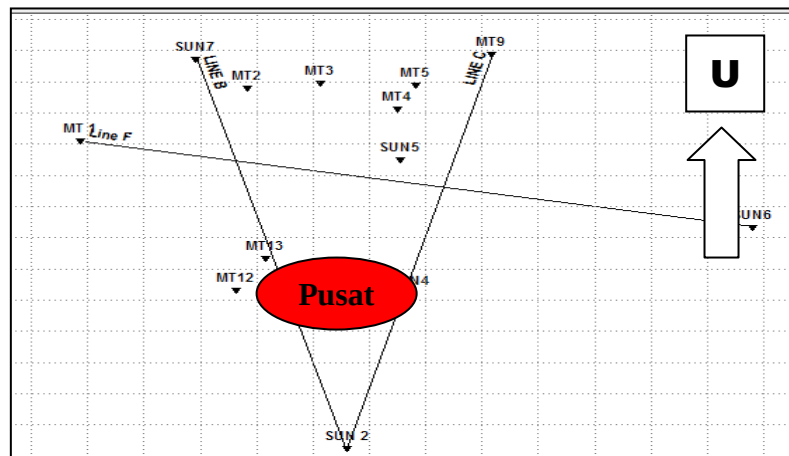


Gambar 1. Peta geologi daerah Porong [4]

Pengambilan data dilakukan di sekitar semburan lumpur, lebih tepatnya melingkupi pusat semburan dari utara, selatan, barat dan timur. Titik pengambilan data berjumlah 13 yang dibagi menjadi 3 profil inversi (Gambar 3). Akuisisi dilakukan dengan menggunakan 3 frekuensi energi, yaitu 65 kHz, 4 kHz dan 128 Hz.

Pengolahan awal dilakukan dengan merubah data mentah yang berupa time series ke domain frekuensi dengan menggunakan software Mapros. Pengolahan awal bertujuan untuk menggabungkan data yang dihasilkan oleh 3 frekuensi energi menjadi 1 data yang berdomain frekuensi untuk dilakukan pemodelan atau inversi 2-D. Pengolahan selanjutnya dilakukan pemodelan setiap profil inversi yang terdiri dari beberapa titik dengan menggunakan *software WinGlink* untuk mendapatkan sebaran *resistivitas* 2-D. Hasil sebaran *resistivitas* 2-D dipotong setiap kedalaman 500 m hingga mencapai 5000 m dengan menggunakan *software Surfer*.

Hasil ini kemudian dihubungkan dengan nilai *resistivitas* batuan (Tabel 1) bertujuan untuk mengetahui variasi nilai *resistivitas* batuan setiap kedalaman, sehingga dapat diinterpretasi untuk pendugaan struktur bawah permukaan.



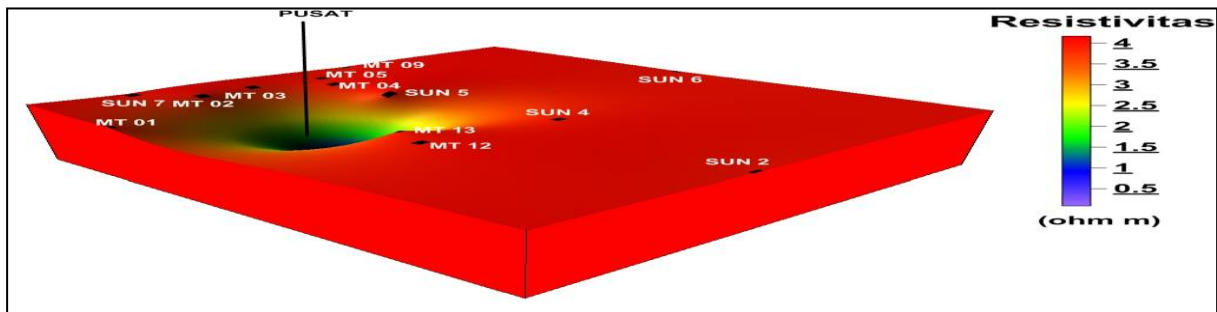
Gambar 3. Peta titik pengambilan data *magnetotellurik*.

Tabel 1. Nilai Resistivitas Batuan [3]

Jenis Batuan	Range Resistivitas (ohm m)
Lavas	$10^2 - 5 \times 10^4$
Gabbro	$10^3 - 10^6$
Basalt	$10 - 1,3 \times 10^7$ (kering)
Olivine Norite	$10^3 - 6 \times 10^4$ (basah)
Peridotite	3×10^3 (basah) – $6,5 \times 10^3$ (kering)
Hornfels	8×10^3 (basah) – 6×10^7 (kering)
Schist	$20 - 10^4$
Tuffs	2×10^3 (basah) – 10^5 (kering)
Graphite Schist	$10 - 10^2$
Slates	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$
Gneiss	$6,8 \times 10^4$ (basah) – 3×10^6 (kering)
Marble	$10^2 - 2,5 \times 10^8$ (kering)
Skarn	$2,5 \times 10^2$ (basah) – $2,5 \times 10^8$ (kering)
Quartzites	$10 - 2 \times 10^8$
Shales	$20 - 2 \times 10^3$
Argilites	$10 - 8 \times 10^2$
Conglomerates	$2 \times 10^3 - 10^4$
Sandstone	$1 - 6,4 \times 10^8$
Limestone	$50 - 10^7$
Dolomite	$3,5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
Wet clay	20
Marls	3 – 70
Oil sands	4 – 800

3. Hasil Penelitian dan Pembahasan

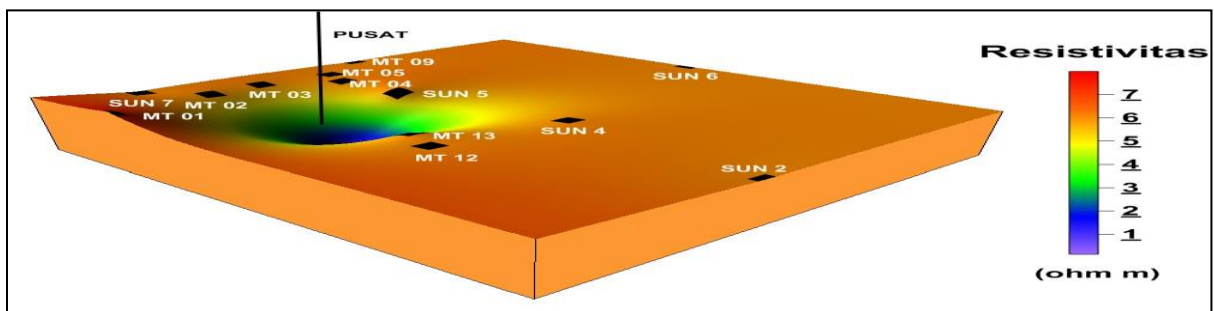
Hasil sebaran *resistivitas* (Gambar 4) dari 13 titik *sounding*, secara umum terlihat warna merah dengan nilai $4 \Omega m$. Hasil sebaran *resistivitas* diduga batuan penyusun struktur merupakan endapan aluvium.



Gambar 4. Sebaran *resistivitas* kedalaman 500 m

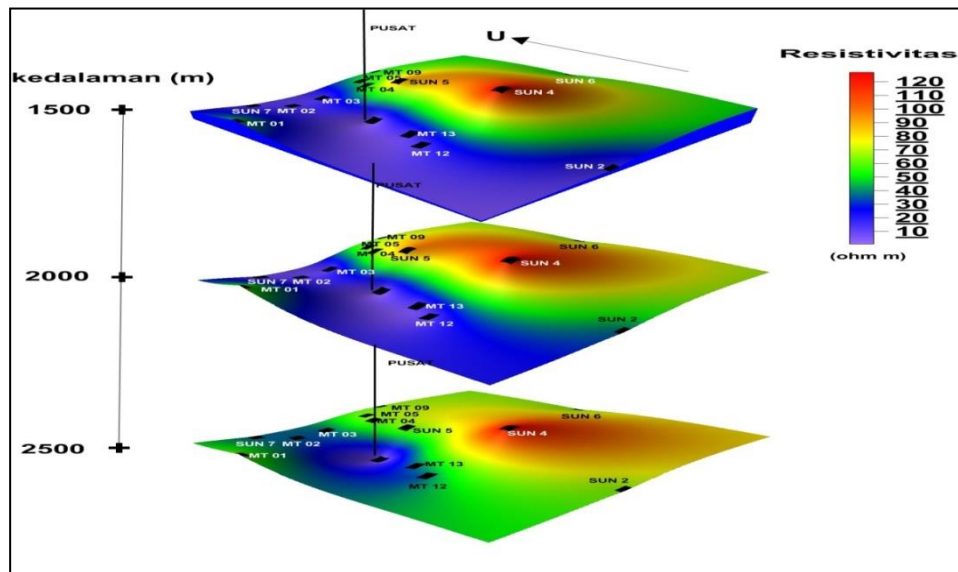
Hasil sebaran *resistivitas* (Gambar 5) menunjukkan warna kuning mendekati merah dengan nilai 6 Ωm , diduga batuan penyusun struktur merupakan endapan aluvium. Hasil sebaran *resistivitas* (Gambar 4) dan (Gambar 5) memiliki hasil yang hampir sama dengan rentang nilai 4 – 6 Ωm , sehingga dapat diduga batuan penyusun struktur endapan aluvium yang merupakan lapisan bagian atas.

Hasil sebaran *resistivitas* (Gambar 5) menunjukkan warna kuning mendekati merah dengan nilai 6 Ωm , diduga batuan penyusun struktur merupakan endapan aluvium. Hasil sebaran *resistivitas* (Gambar 4) dan (Gambar 5) memiliki hasil yang hampir sama dengan rentang nilai 4 – 6 Ωm , sehingga dapat diduga batuan penyusun struktur endapan aluvium yang merupakan lapisan bagian atas.



Gambar 5. Sebaran *resistivitas* kedalaman 500 m

Hasil sebaran *resistivitas* (Gambar 6) yang diawali di kedalaman 1500 – 2500 m secara umum memiliki 3 *resistivitas* utama, yaitu rendah, sedang dan tinggi. Sebaran *resistivitas* rendah (0 – 30 Ωm) ditunjukkan warna ungu hingga biru, sedangkan sebaran *resistivitas* sedang (30 - 80 Ωm) ditunjukkan warna hijau hingga kuning dan sebaran *resistivitas* tinggi (80 - 120 Ωm) ditunjukkan warna merah. Hasil sebaran *resistivitas* di kedalaman 1500 – 2500 m diduga batuan sedimen yang masih bercampur dengan endapan aluvium.

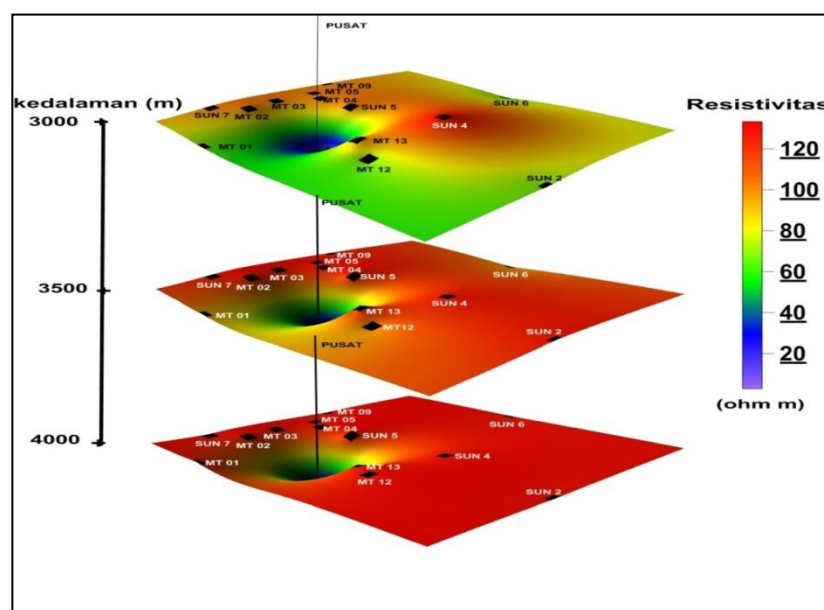


Gambar 6. Sebaran resistivitas kedalaman 1500 – 2500 m

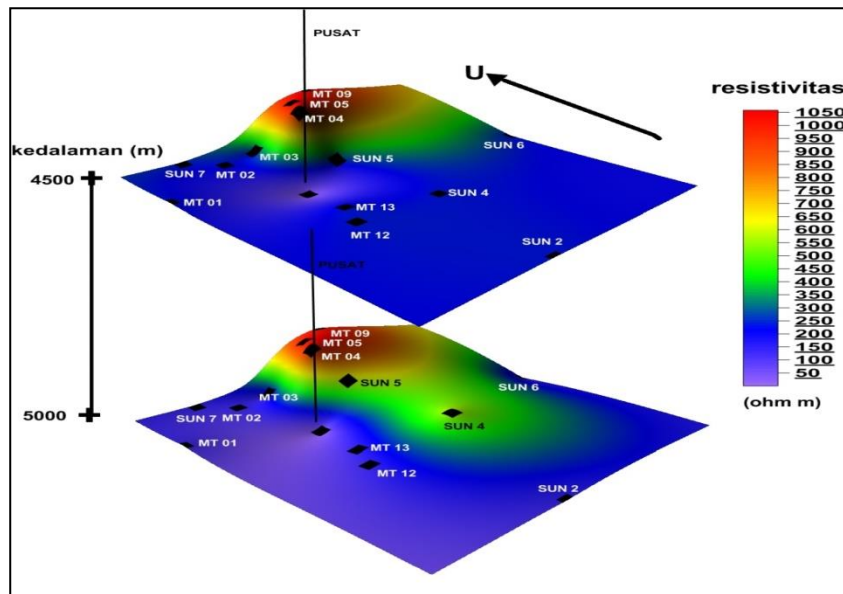
Hasil sebaran *resistivitas* (Gambar 7) yang diawali di kedalaman 3000 – 4000 m secara umum memiliki 2 *resistivitas* utama, yaitu sedang dan tinggi. Sebaran *resistivitas* sedang dengan rentang nilai 60 – 100 Ωm ditunjukkan warna hijau hingga kuning, sedangkan sebaran *resistivitas* tinggi dengan nilai 120 Ωm ditunjukkan warna merah.

Hasil sebaran *resistivitas* (Gambar 7) memiliki hasil yang hampir sama dengan rentang nilai 60 – 120 Ωm , sehingga dapat diduga batuan sedimen berupa batu lempung dan batu pasir yang merupakan lapisan bagian tengah.

Hasil sebaran *resistivitas* (Gambar 8) diawali di kedalaman 4500 – 5000 m secara umum memiliki rentang nilai 250 – 1050 Ωm diduga penyusun struktur merupakan batuan gunung api, yaitu batu lava dan batu basal. Hasil sebaran *resistivitas* (Gambar 8) memiliki nilai yang paling tinggi dibandingkan nilai lapisan diatasnya, sehingga dapat diduga lapisan ini merupakan lapisan bawah.



Gambar 7. Sebaran *resistivitas* kedalaman 3000 – 4000 m

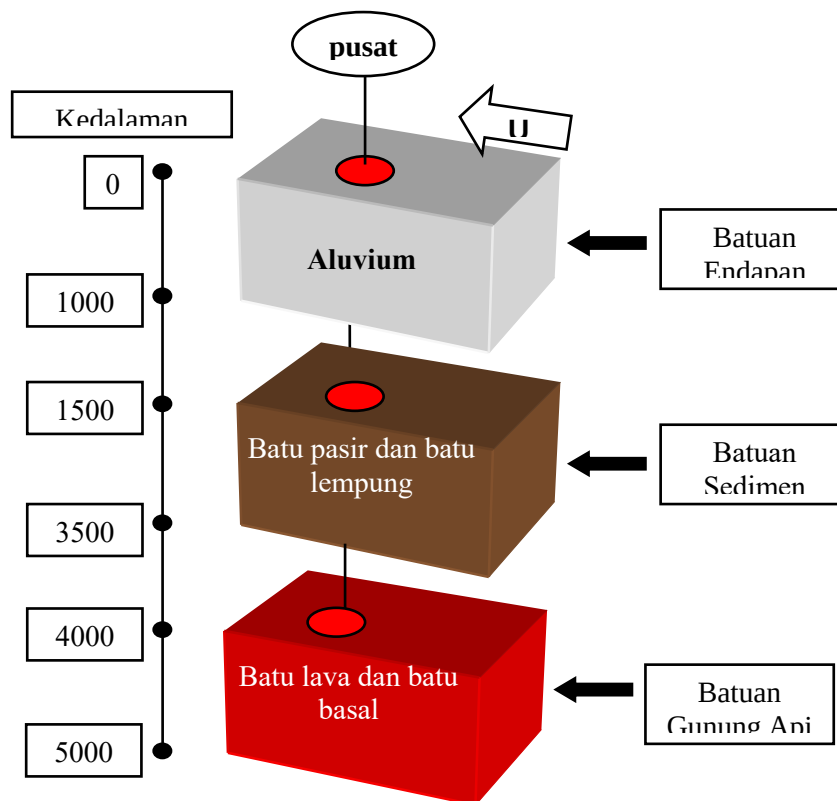


Gambar 8. Sebaran resistivitas kedalaman 4500 - 5000 m

4. Interpretasi struktur bawah permukaan

Pendugaan struktur bawah permukaan dapat dilakukan dengan melihat hasil sebaran *resistivitas* hingga kedalaman 5000 m yang di potong setiap 500 m secara umum struktur terbagi atas 3 struktur lapisan (Gambar 9). Struktur bagian atas (lapisan 1) dari permukaan hingga mencapai kedalaman 1000 m dengan rentang nilai *resistivitas* 4 – 6 Ωm ditunjukkan dengan warna abu-abu diduga merupakan batuan endapan, yaitu aluvium.

Struktur bagian tengah (lapisan 2) di kedalaman 1500 hingga 3500 m dengan rentang nilai *resistivitas* 60 – 120 Ωm ditunjukkan dengan warna coklat diduga merupakan batuan sedimen, yaitu batu pasir dan batu lempung. Struktur bagian bawah (lapisan 3) di kedalaman 4000 hingga 5000 m dengan rentang nilai *resistivitas* 250 – 1050 Ωm ditunjukkan dengan warna coklat diduga merupakan batuan gunung api, yaitu batu lava dan batu basal.



Gambar 9. Struktur bawah permukaan

5. Kesimpulan

Struktur bawah permukaan zona semburan lumpur Sidoarjo terbagi atas 3 struktur lapisan. Struktur bagian atas (lapisan 1) dari permukaan hingga mencapai kedalaman 1000 m diduga merupakan batuan endapan, yaitu aluvium. Struktur bagian tengah (lapisan 2) di kedalaman 1500 hingga 3500 m diduga merupakan batuan sedimen, yaitu batu pasir dan batu lempung. Struktur bagian bawah (lapisan 3) di kedalaman 4000 hingga 5000 m diduga merupakan batuan gunung api, yaitu batu lava dan batu basal.

Referensi

- [1] Setiadi I, Darmawan A, dan Marjiyono 2016 Pendugaan Struktur Geologi Bawah Permukaan Daerah Terdampak Lumpur Sidoarjo (Lusi) Berdasarkan Analisis Data Geomagnet *J. Lingk. Bencana Geologi* **7 (3)** 125
- [2] Indrawati R 2016 Analisa Struktur Bawah Permukaan Daerah Porong Sidoarjo Berdasarkan Data Gaya Berat (Lampung: Universitas Lampung)
- [3] Telford W M, Geldart L P, dan Sheriff R E 1990 *Applied Geophysics 2nd Edition* (Melbourne: Press Syndicate of the University of Cambridge)
- [4] Padmawidjaja T 2013 Analisis Data Gaya Berat Daerah Porong dalam Studi Kasus Struktur dan Deformasi Geologi Bawah Permukaan *J. Lingk. Bencana Geologi* **4 (3)** 237
- [5] Setiyawan T dan Utama W 2016 *Interpretasi Bawah Permukaan Daerah Porong Sidoarjo dengan Metode Metode Geolistrik Tahanan Jenis untuk Mendapatkan Bidang Patahan* Diambil dari: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:y6uA2smBNEQJ:digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-13448>