

STUDI ALIRAN FLUIDA MANIFESTASI PANAS BUMI DESA DIWAK DAN DESA DEREKAN, KECAMATAN BERGAS, KABUPATEN SEMARANG MENGGUNAKAN METODE TAHANAN JENIS 3D.

Hotlan Simbolon⁽¹⁾, Udi Harmoko⁽¹⁾, Gatot Yulianto⁽¹⁾, Sugeng Widada⁽²⁾, Yusuf D.H⁽³⁾, dan Sahid⁽³⁾

⁽¹⁾ Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang

⁽²⁾ Jurusan Oseanografi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang

⁽³⁾ Jurusan Teknik Konversi Energi, Politeknik Negeri Semarang

E-mail:simbolon_love@yahoo.com

ABSTRACT

This research use geolistic method that aims to analyze the system of manifestation of fluida distribution geothermal on Diwak, Derekan Central Java, based on measurement of geolistic 3-D with pole - pole configuration, has been done. Data processing is performed using software Res3dinv and surfer which results in a horizontal and vertical cross-section. The results of the interpretation of 2D processed by software rockwork to obtain 3-D cross-section. The results showed that the measurement point 1, the direction of the fluid flow toward the east. Measurement point 2, the direction of flow of the fluid toward the northwest, the fluid flow direction to both of the points towards Lutung river.

Keywords : Fluida, pole-pole konfigurasi, Diwak, Derakan

ABSTRAK.

Telah dilakukan penelitian dengan menggunakan metode geolistrik yang bertujuan untuk mengetahui pola aliran fluida manifestasi panas bumi daerah Diwak Derekan Jawa Tengah berdasarkan pengukuran geolistrik tahanan jenis 3D, menggunakan konfigurasi pole –pole. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan software Res3dinv dan surfer yang hasilnya berupa penampang horizontal dan penampang vertikal. Hasil dari interpretasi 2D diolah dengan software RockWork sehingga diperoleh penampang 3-Dimensi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa titik pengukuran 1, arah aliran fluidanya menuju ke arah timur. Titik pengukuran dua, arah aliran fluidanya menuju arah barat laut, arah liran fluida dari kedua titik pengukuran menuju ke sungai Lutung

Kata kunci: fluida, konfigurasi pole pole, Diwak, Derekan

PENDAHULUAN

Kebutuhan manusia akan energi tiap tahun meningkat, sedangkan sumber cadangan energi semakin berkurang, hal ini membut manusia berusaha untuk mencari sumber alternatif baru yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhannya. salah satu cara untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah dengan memanfaatkan energi panas bumi sebagai energi alternatif pengganti [1].

Energi panas bumi sendiri merupakan energi panas yang terbentuk di bawah permukaan bumi secara alami, dimana energi panas alami yang berasal dari bumi terjebak cukup dekat dengan permukaan dan dapat dengan mudah untuk dimanfaatkan secara ekonomis [2].

Penelitian mengenai studi geofisika terpadu di lereng selatan gunung ungaran juga menyatakan Diwak dan Derekan merupakan salah satu lapangan panas bumi [3].Terdapatnya manifestasi air panas di desa Diwak dan desa derekan memicu untuk dilakukan penelitian tentang aliran fluida manifestasi panas bumi menggunakan tahanan jenis 3D.

DASAR TEORI

Sistem Panas Bumi

Sistem panas bumi merupakan perpindahan panas lami lam volume tertentu dri kerak bumi yang membawa panas dari sumber panas ke tempat pelepasan panas, yang umumnya adalah permukaan tanah [4]

Sistim geotermal mempunyai empat komponen utama, yaitu: (1) Sumber panas (*Heat Source*), (2) fluida, (3) reservoir panas bumi dan (4) batuan penutup (*Cap Rock*) [5]

Pada dasarnya sistem panasbumi terbentuk sebagai hasil perpindahan panas dari suatu sumber panas ke sekelilingnya yang terjadi secara konduksi dan secara konveksi. Perpindahan panas secara konduksi terjadi melalui batuan, sedangkan perpindahan panas secara konveksi terjadi karena adanya kontak antara air dengan suatu sumber panas. Perpindahan panas secara konveksi pada dasarnya terjadi karena gaya apung (*bouyancy*). Air karena gaya gravitasi selalu mempunyai kecenderungan untuk bergerak kebawah, akan tetapi apabila air tersebut kontak dengan suatu sumber panas maka akan terjadi perpindahan panas sehingga temperatur air menjadi lebih tinggi dan air menjadi lebih ringan. Keadaan ini menyebabkan air yang lebih panas bergerak ke atas dan air yang lebih dingin bergerak turun ke bawah, sehingga terjadi sirkulasi air atau arus konveksi [6].

Metode Geolistrik Resistivitas

Salah satu metode yang digunakan dalam eksplorasi geofisika adalah metode geolistrik hambatan jenis. Geolistrik hambatan jenis memanfaatkan sifat resistivitas listrik batuan untuk mendeteksi dan memetakan formasi bawah permukaan. Metode ini dilakukan melalui pengukuran beda potensial yang ditimbulkan akibat injeksi arus listrik ke dalam bumi. Sifat-sifat suatu formasi dapat digambarkan oleh tiga parameter dasar yaitu konduktivitas listrik, permeabilitas magnet, dan permitifitas dielektrik [7]. Sifat konduktivitas batuan berpori dihasilkan oleh sifat konduktivitas dari fluida yang mengisi pori, interkoneksi ruang pori dan sifat konduktivitas dari interfase butiran dan fluida pori [8]. Berdasarkan pada harga resistivitas listriknya, suatu struktur bawah permukaan bumi dapat diketahui material penyusunnya. Metode geolistrik dapat dimanfaatkan untuk studi aliran fluida, yaitu untuk mendeteksi kontras resistivitas medium akibat aliran fluida di bawah permukaan

yang sering diasosiasikan sebagai fluida konduktif[9]. Sehingga metoda geolistrik dapat digunakan secara efektif untuk mengidentifikasi aliran fluida. Namun untuk keperluan tersebut diperlukan perangkat dan teknik pengukuran yang dapat menghasilkan citra konduktivitas (atau *resistivitas*) bawah permukaan. Aliran fluida dapat dilakukan dengan metoda geolistrik, ini dilakukan dengan menggunakan arus listrik searah yang diinjeksikan melalui dua buah elektroda arus ke dalam bumi, lalu mengamati potensial yang terbentuk melalui dua buah elektroda potensial yang berada di tempat lain. Perbedaan potensial yang terukur merefleksikan keadaan di bawah permukaan bumi. Pada dasarnya metoda ini didekati dengan menggunakan konsep perambatan arus listrik di dalam medium homogen isotropis, dimana arus listrik bergerak kesegala arah dengan nilai yang sama besar. Berdasarkan asumsi tersebut, maka bila terdapat anomaly yang membedakan jumlah rapat arus yang mengalir diasumsikan diakibatkan oleh adanya perbedaan akibat anomaly tahanan jenis. Anomali ini nantinya digunakan untuk merekonstruksi keadaan geologi di bawah permukaan. Perbedaan konfigurasi elektroda, variasi tahanan jenis spesifik yang diselidiki, prosedur memperoleh data sangat menentukan dalam pemakaian. Metoda tahanan jenis mempunyai dua macam pendekatan, yaitu pendekatan horisontal dan pendekatan vertikal, kedua pendekatan ini mempunyai prosedur kerja dan interpretasi yang berbeda antara satu sama lainnya. Metoda tahanan jenis pendekatan horisontal dimaksudkan sebagai eksplorasi metoda tahanan jenis untuk mendeteksi lapisan atau formasi batuan yang mempunyai kedudukan stratigrafi bidang lapisan yang membentang secara horisontal. Sedangkan eksplorasi dilakukan untuk mempelajari urutan stratigrafi batas lapisan secara vertical dari atas sampai bawah [10].

METODE PENELITIAN

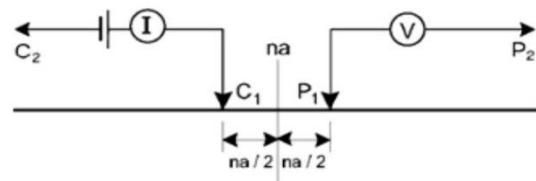
Resistivitas 3-D untuk menentukan kedalaman pada bantuan sebagai alas, yang diharapkan bahwa endapan-endapan yang tidak menyatu dengan batu pasir akan menyediakan sesuatu yang cukup jelas di dalam keterhambatan yang disebabkan karena perbedaan-perbedaan di dalam porositas dan kejenuhan [11].

Kedalaman batuan yang dangkal antara 1 dan 2 meter, sehingga *resistivitas* 3-D dengan suatu pengaturan jarak elektroda yang sempit akan menyediakan suatu resolusi yang lebih tinggi. Metode *resistivitas* 3-D mampu memberikan gambaran 3-dimensi dari bawah permukaan tentang tahanan jenis lebih detail dibandingkan dengan *resistivitas* 2-D, oleh karena itu tidak hanya memberikan citra distribusi *resistivitas* dalam penampang vertikal saja tetapi juga dalam bentuk penampang horizontal. Metode *resistivitas* 3-D tidak sering dipakai dalam survei penelitian geofisika, namun *resistivitas* 3-D hanya digunakan dalam pengembangan metode *resistivitas* itu sendiri. Faktor yang menyebabkan jarang digunakan adalah besarnya faktor biaya, banyak tenaga yang dibutuhkan terutama pada area yang luas. Pada saat ini terdapat dua jenis solusi yang sedang dikembangkan untuk dapat mengatasi permasalahan tersebut. Pertama pengembangan *resistivimeter* dengan *multi-channel* yang diharapkan mampu membaca hasil terhadap sekali menginjeksi arus, dengan demikian waktu, biaya dan tenaga yang diperlukan tidak banyak. Kedua mengembangkan teknologi mikro komputer berkecepatan tinggi yang disiapkan untuk melakukan proses inversi data dalam skala besar dengan petak survei lebih luas dalam waktu yang singkat [11].

Konsep pengukuran geolistrik sebagaimana dijelaskan sebelumnya menggunakan konfigurasi elektroda paling elementer, yaitu sumber arus tunggal dan potensial diukur hanya pada satu titik. Pada kenyataannya pengiriman/injeksi arus harus dilakukan menggunakan dua elektroda yang masing-masing dihubungkan ke kutub positif (sebagai *current source*) dan kutub negatif sumber arus (sebagai *current sink*). Demikian pula dengan pengukuran potensial pada dasarnya adalah

pengukuran beda potensial, yaitu potensial pada suatu titik relatif terhadap titik yang lain.

Konfigurasi pole-pole merupakan konfigurasi elektroda yang paling sering digunakan untuk survei resistivitas 3-D. Pada dasarnya konfigurasi pole-pole ini hanya memanfaatkan dua elektroda saja, yaitu elektroda arus (C1) dan elektroda lainnya berupa elektroda potensial (P1) seperti diperlihatkan pada gambar Gambar 1. Konfigurasi *pole-pole* berikut. Nilai *resistivitas* semu yang didapatkan dengan konfigurasi *pole-pole* ini adalah:



Gambar 1 Konfigurasi pole-pole

$$p = 2\pi aR \quad (1)$$

dengan :

$\rho =$ resistivitas semu (*apparent resistivity*) (Ωm)

$a =$ spasi elektroda (jarak antara elektroda C1 dan P1) (m)

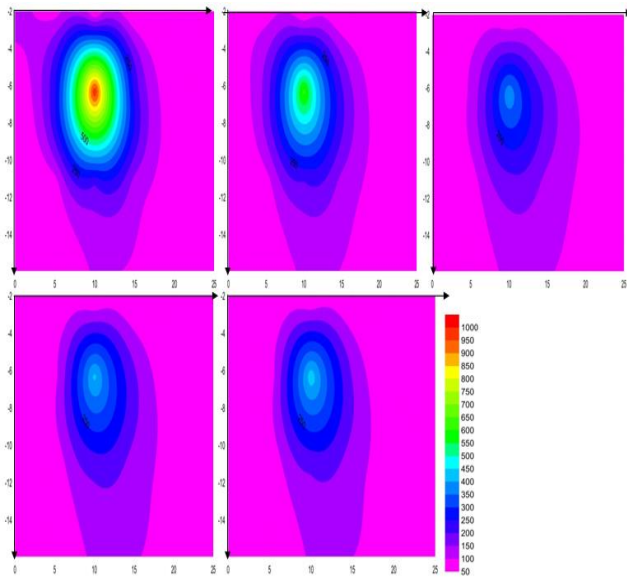
$R =$ resistivitas yang terukur langsung dilapangan (Ω)

Dari persamaan (2.1), $2\pi a$ merupakan faktor geometri dari konfigurasi *pole-pole*

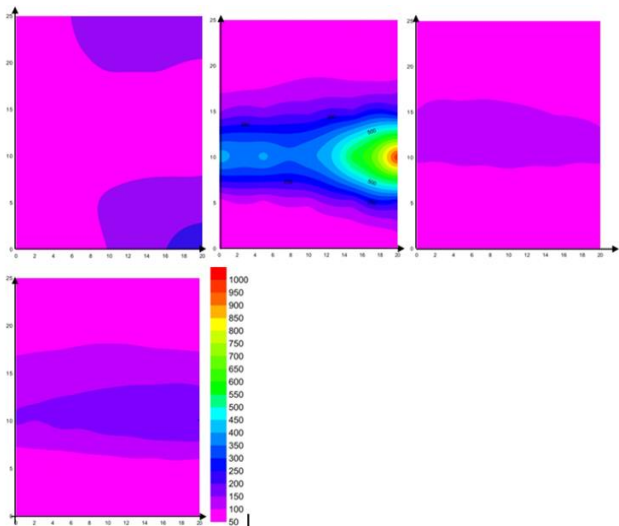
HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah Pengukuran Titik 1

Dari hasil pengolahan dengan perangkat lunak *software surfer* didapatkan distribusi nilai tahanan jenis bawah permukaan berupa itra warna baik dalam penampang vertikal maupun penampang horizontal yang ditunjukkan pada gambar 2 dan 3



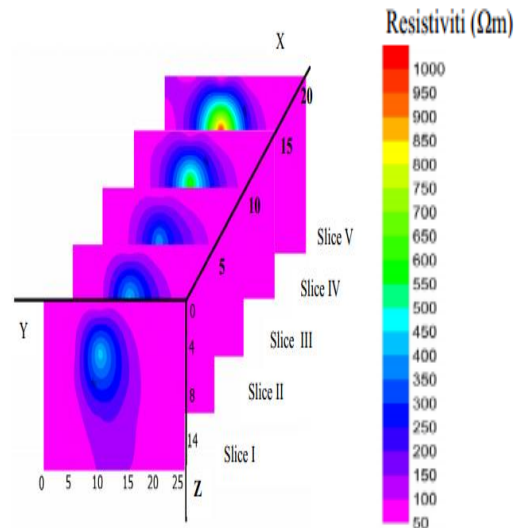
Gambar 2. Penampang vertikal titik 1 tegak lurus terhadap sumbu -x dari pengolahan data menggunakan *software surfer 10* secara berurutan dari barat ke timur (I) pada slice 0,0-0,0 m; (II) pada slice 0,00-5,0 m; (III) pada slice 5,0-10,0 m; (IV) pada slice 10,0-15,0 m; (V) pada slice 15,0-20.



Gambar 3. Penampang horizontal dari pengolahan data menggunakan *software surfer 10*, dari kiri ke kanan (I) pada kedalaman 0,0-2,0 m; (II) pada kedalaman 2,0-6,3 m; (III) pada kedalaman 6,3-11,25 m; (IV) pada kedalaman 11,25-15,95 m

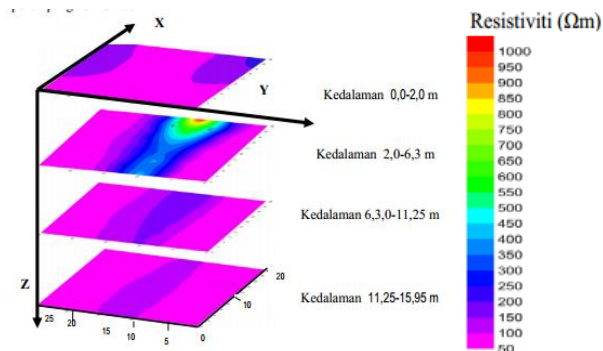
Untuk mempermudah persepsi dalam penggambaran susunan lapisan horizontal dan vertikal tersebut hasil pengolahan pada gambar 2 dan 3 tersebut ditunjukkan dalam perspektif

penampang vertikal dan penampang perspektif horizontal dengan bantuan perangkat lunak pengolahan grafik (*corel x4*). Gambar 4 merupakan perspektif penampang vertikal dan gambar 5 perspektif penampang horizontal



Gambar 4. Susunan lapisan bawah permukaan arah sumbu-y dan sumbu -z pada penampang vertikal titik 1

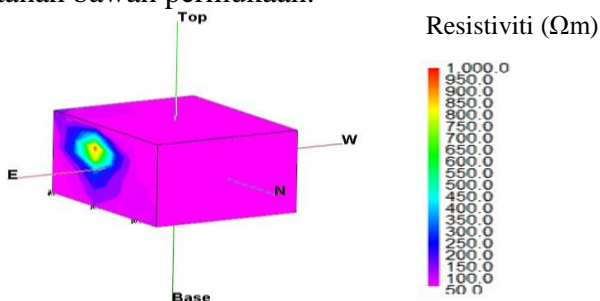
Pada gambar 4 menunjukkan bahwa sebaran harga tahanan jenis pada penampang vertikal tegak lurus terhadap sumbu-x. Sumbu-x dan sumbu-y menginterpretasikan luasan permukaan serta sumbu-z menunjukkan kedalaman yang terjangkau dari konfigurasi pole-pole. Pada slice 0,00 m sampai dengan 5,00 m memiliki nilai resistivitas dari 50,0 Ωm hingga 300 Ωm , pada slice 5,00 m sampai dengan 10,0 m mempunyai nilai resistivitas dari 50,0 Ωm hingga 450 Ωm , pada slice 10,0 m sampai dengan 15,0 m memiliki nilai resistivitas 50,0 Ωm hingga 650 Ωm , pada slice 15,0 m sampai dengan 20,0 m memiliki resistivitas 50 Ωm hingga 1000 Ωm . Pada slice 5,0 m sampai 10,0 m memiliki nilai resistivitas yang hampir sama



Gambar 5. Susunan lapisan bawah permukaan arah sumbu-y dan sumbu-z pada penampang horizontal

Penampang horizontal pada gambar 4.4 sejajar dengan arah sumbu-z. Pada kedalaman 0,0 m sampai dengan 2,0 m memiliki nilai resistivitas dari 50,0 Ωm hingga 300 Ωm , pada kedalaman 2,0m sampai dengan 6,3 m mempunyai nilai resistivitas dari 50 Ωm hingga 100 Ωm , pada kedalaman 6,3 m sampai dengan 11,25 m memiliki nilai resistivitas 50,0 Ωm hingga 250 Ωm , pada kedalaman 11,25 m sampai dengan 15,95 m memiliki resistivitas 50,0 Ωm hingga 250 Ωm .

Pengabungan penampang perspektif horizontal dan penampang perspektif vertikal memberikan suatu bentuk perspektif 3-dimensi berupa blok citra warna yang berbeda-beda antara arah selatan dengan arah utara. Berdasarkan data hasil inversi dengan menggunakan *software Res3div* kemudian dimasukkan dan diolah dengan menggunakan *software RockWork* maka diperoleh gambar 3-Dimensi, seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.5. Distribusi warna tersebut merepresentasikan penyebaran resistivitas tanah bawah permukaan.

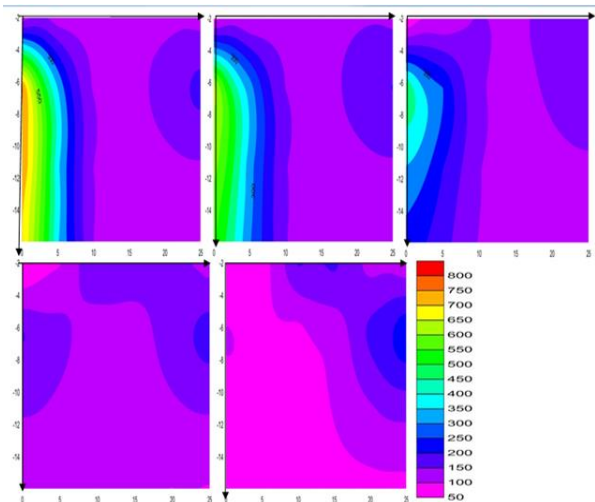


Gambar 6. Penampang perspektif 3-Dimensi tahanan jenis bawah permukaan. dilihat dari sisi utara dan timur

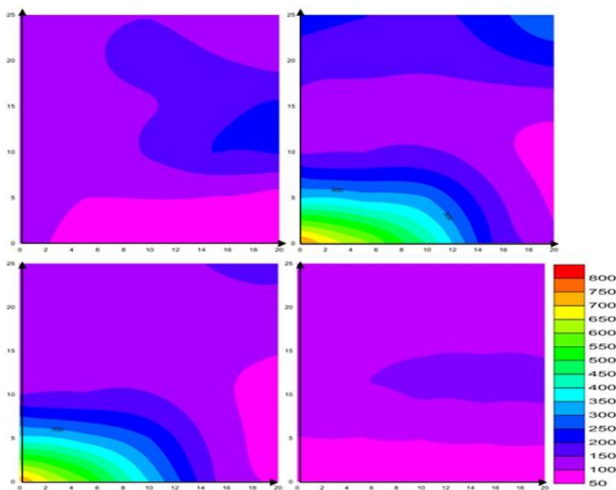
Pada gambar 4 dan gambar 6 terlihat jelas bahwa memiliki litologi yang sama, tetapi di tengahnya terdapat anomali dengan pecitraan warna biru dan nilai resistivitasnya 100-300 Ωm . Anomali tersebut diperkirakan sebagai fluida. Fluida bersifat konduktif, sehingga memiliki nilai resistivitas yang kecil. Dimana, semakin ke arah timur terdapat anomali, hal ini ditunjukkan dengan pencitraan warna biru. Dengan demikian, aliran fluida pada daerah titik 1 adalah menuju ke arah timur, yaitu ke arah sungai Lutung. Jika dilihat dari nilai resistivitasnya, maka jenis batuan di daerah penelitian adalah batu pasir.

Daerah Pengukuran Titik 1

Dari hasil pengolahan dengan perangkat lunak *software surfer* didapatkan distribusi nilai tahanan jenis bawah permukaan berupa itra warna baik dalam penampang vertikal maupun penampang horizontal yang ditunjukkan pada gambar 7 dan 8.

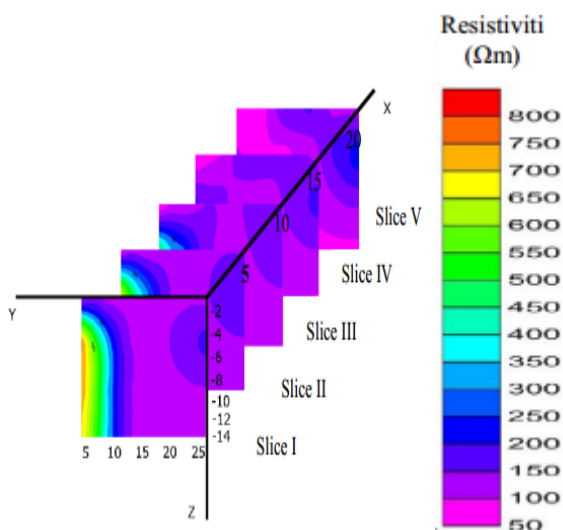


Gambar 7. Penampang vertikal titik tegak lurus terhadap sumbu -x dari pengolahan data menggunakan *software surfer 10* secara berurutan dari barat ke timur (I) pada slice 0,0-0,0 m; (II) pada slice 0,0-5,0 m; (III) pada slice 5,0-10,0 m ; (IV) pada slice 10,0-15,0 m; (V) pada slice 15,0-20,0 m.



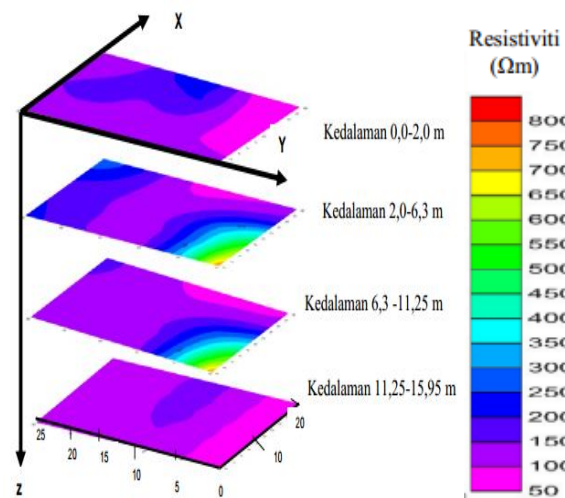
Gambar 8. Penampang horizontal dari pengolahan data menggunakan *software surfer 10*, dari kiri ke kanan (I) pada kedalaman 0,0-2,0 m; (II) pada kedalaman 2,0-6,3 m; (III) pada kedalaman 6,3,0-11,25 m ; (IV) pada kedalaman 11,25-15,95 m

Untuk mempermudah persepsi dalam penggambaran suunan lapisan horizontal dan vertikal tersebut hasil pengolahan pada gambar 2 dan 3 tersebut ditunjukkan dalam perspektif penampang vertikal dan penampang perspektif horizontal dengan bantuan perangkat lunak pengolahan grafik (*corel x4*). Gambar 9 merupakan perspektif penampang vertikal dan gambar 10 perspektif penampang horizontal



Gambar 9. Susunan lapisan bawah permukaan arah sumbu-y dan umbu -z pada penampang vertikal titik 2

Pada kelima penampang vertikal terdapat anomali tinggi yang ditunjukkan pada pencitraan warna merah dengan nilai resistivitas berada pada range 750-800 Ωm dan terdapat anomali rendah dengan pencitraan warna ping dengan resistivitas 50-100 Ωm . Pada slice 0,0m sampai 5m terdapat anomali tinggi dengan pencitraan warna merah



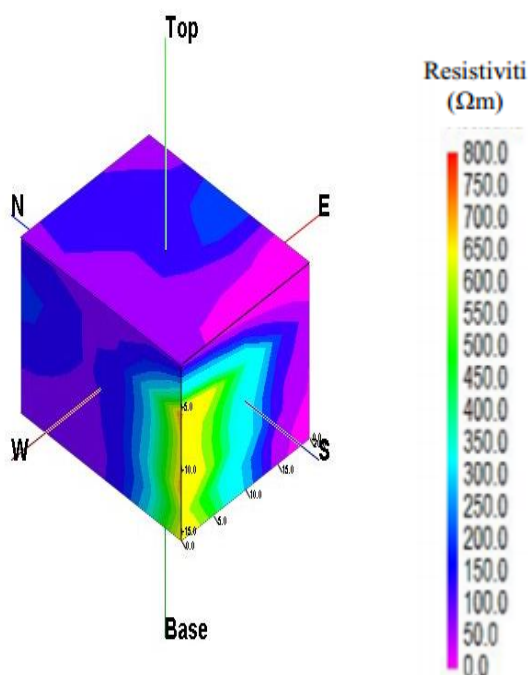
Gambar 10. Susunan lapisan bawah permukaan arah sumbu-y dan sumbu-z pada penampang horizontal

Penampang horizontal juga memperlihatkan adanya anomali. Hal ini ditunjukkan pada pencitraan warnanya, untuk anomali tinggi ditunjukkan pada pencitraan warna merah dengan nilai resistivitas berada pada range 750-800 Ωm sedangkan untuk anomali rendah ditunjukkan pada pencitraan warna ping dengan harga tahanan jenisnya sebesar 50,0 Ωm .

Pengabungan penampang perpektif horizontal dan penampang perspektif vertikal memberikan suatu bentuk perspektif 3-dimensi berupa blok citra warna yang berbeda-beda antara arah selatan dengan arah utara. Berdasarkan data hasil inversi dengan menggunakan *software Res3dinv* kemudian dimasukkan dan diolah dengan menggunakan *software RockWork* maka diperoleh gambar 3-

Dimensi. Distribusi warna tersebut merepresentasikan penyebaran resistivitas tanah bawah permukaan.

Pada gambar 11 terlihat jelas bahwa arah barat laut yang ditunjukkan warna biru memiliki nilai resistivitas yang rendah sekitar 100- 250 Ω m diperkirakan sebagai fluida. Sedangkan pada arah utara yang ditunjukkan warna merah dan hijau memiliki nilai resistivitas yang tinggi.



Gambar 11. Penampang perspektif 3-Dimensi tahanan jenis bawah permukaan dilihat dari sisi selatan dan barat.

Dengan memperhatikan gambar 9 dan 11 semakin ke barat, nilai resistivitasnya semakin kecil, hal ini menggambarkan bahwa aliran fluidanya menuju barat laut, yaitu ke arah sungai Lutung. Jenis batuan di daerah penelitian berdasarkan nilai resistivitas yang diperoleh adalah batuan pasir.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengolahan data hingga pemodelan dapat diperoleh kesimpulan:

- 1) Aliran fluida pada daerah pengukuran titik 1, fluida mengalir menuju arah timur. Titik pengukuran dua, arah aliran fluidanya

menuju arah barat laut, arah liran fluida dari kedua titik pengukuran menuju ke sungai Lutung.

- 2) Jenis batuan di daerah penelitian adalah batu pasir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Minarto, Eko, 2007, *Pemodelan Inversi Data Geolistrik Untuk Menentukan Struktur Perlapisan Bawah Permukaan Daerah Panasbumi Mataloko*, jurnal geofisika, Surabaya.
- [2] Bodvarsson, G.S. and Witherspoon, P.A., 1989, "Geothermal reservoir engineering - Part I, Geothermal Science and Technology, 2 (1), 1-69.
- [3] Gaffar, E.Z., Dadan, D.W. dan Djedi, S.W., 2007, Studi Geofisika Terpadu di Lereng Selatan G. Ungaran Jawa Tengah, dan Implikasinya Terhadap Struktur Panasbumi, *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, Vol. 8, No.2, 98-118.
- [4] Hochstein, M.P. dan Browne, P.R.L., 2000, *Surface Manifestation of Geothermal System with Volcanic Heat Source*, In Encyclopedia of Volcanoes, H. Sigurdson, B.F. Houghton, S.R. McNutt, H. Rymer dan J. Stix (eds.), Academic Press
- [5] White, D.E., 1967, *Some Principles of Geyser Activity, Mainly from Steamboat Springs*. Nevada nmmm
- [6] Budiardjo, B., Nugroho dan Budihardi, M., 1997, "Resource Characteristics of the Ungaran Field, Central Java, Indonesia," *Proceedings of National Seminar of Human Resources Indonesian Geologist*, Yogyakarta
- [7] Williams, R.E. 1986. *Schlumberger, Formation Evaluation Conference*, Indonesia
- [8] Revil, A. 1998. *Nature of Surface Electrical Conductivity in Natural Sand*,

Sandstones, and Clays. Geophysical Research.

- [9] Telford, W.M., Sheriff, R.E., Geldart, L.P.1990. *Applied Geophysics*. 2nd ed. New York, Cambridge University Press
- [10] Suhendra, 2006. *Pencitraan Konduktivitas Bawah Permukaan dan Aplikasinya untuk Identifikasi Penyebaran Limbah Cair Dengan Menggunakan Metode Geolistrik Tahanan Jenis 2 D*. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Bengkulu.
- [11] Loke, M.H.(2000), *Electrical Imaging Surveys For Environmental And Engineering Studies: A Practical Guide To 2-D and 3-D Surveys*, <http://www.geometrics.com>.