

GEOPHYSICAL STUDIES ON DIWAK AND DEREKAN HOT SPRINGS

Udi Harmoko¹⁾, Sugeng Widada²⁾, Yusuf D.H.³⁾, Gatot Yulianto¹⁾, Sahid³⁾.

1) Geophysics Laboratory, Department of Physics, Faculty of Science and Mathematics, Undip
2) Department of Oceanography, Faculty of Fisherises and Marine Sciences, Diponegoro University
3) Department of Mechanical Engineering, Politeknik Negeri Semarang

Jl. Prof. Soedarto, Tembalang, Semarang, Central Java, Indonesia 50275

e-mail: udiharmoko@undip.ac.id

ABSTRACT

Geothermal activity is considerable in the Diwak and Derekan hot spring, Bergas Subdistrict, Semarang Regency, Central Java, Indonesia. Diwak hot spring is located at the Lutung riverside and Derekan at the Klampok riverside. Each of the main geothermal activities is used for tourists area proposes. The geological and shallow subsurface geophysical studies were carried out. Electrical surveys are conducted by 1D and 3D methods on the different sites to clarify the structure and shallow water aquifer. Alluvial well depth measurements have been conducted to predict the flow of shallow aquifer water. We also conducted CO₂ emissions and heat flow through soil surrounding the prospect areas to provide a suitable method for mapping out thermally active ground.

A description is given of hydrothermal manifestations in the area according to electrical data, CO₂ emission and shallow temperature anomaly. The geological structures of study area are summarized according to electrical data and CO₂ gas emission. The water level distribution could be interpreted that the shallow aquifer was flow from the western and southern part toward the geothermal spring. The evidence of high temperature anomaly shows that the heat source possibly at southern part of the geothermal hot springs.

PENDAHULUAN

Ditemukannya manifestasi air panas adalah sebagai salah satu indikasi keberadaan sistem panas bumi di suatu area. Setidaknya sebagai awal ketertarikan peneliti untuk mengeksplorasi lebih jauh konseptual model sistem panas bumi di suatu area.

Area prospek panas bumi Derekan, terletak di desa Derekan, Kecamatan Bergas, Kabupaten Semarang. Lokasi ini berjarak 8 km sebelah tenggara pusat kota Ungaran. Manifestasi panas bumi ini terletak pada koordinat 7° 11' 42,32" LS dan 110 26' 18,38 BT.

Mata air panas ini dikelola warga setempat secara konvensional dibuat sebagai kolam pemandian dan diberi nama sebagai "Pentirtaan Derekan". Dijumpai pula beberapa mata air panas di sekitar lokasi pemandian ini, dan tersebar di sekitar sungai Klampok dengan temperature mencapai 39 °C. Searah dengan aliran sungai Lutung, dijumpai juga kolam pemandian air panas Diwak. Secara administratif pemandian ini masuk dalam wilayah dusun Kalisori Desa Diwak, Kecamatan Bergas. Paper ini adalah merupakan hasil awal dari penelitian utama yang bertujuan untuk menentukan konseptual model dan potensi cadangan dari sistem panas bumi Diwak dan Derekan.

Sebagai tahap awal penelitian ini dikaji mulai dari metode geofisika untuk target bawah permukaan dangkal. Metode yang digunakan adalah metode resistivitas, pemetaan muka air tanah dangkal, pemetaan temperature dan emisi CO₂.



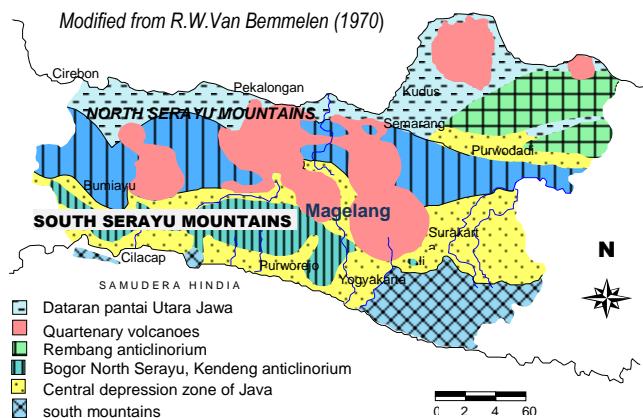
Gambar 1. Manifestasi panas bumi ditemukan di beberapa tempat tepi sungai area Derekan, dan Kalisori desa Diwak.

GEOLOGI REGIONAL DAERAH PENELITIAN

Van Bemmelen (1949) membagi pulau Jawa ke dalam beberapa bagian, diantaranya dataran aluvial Jawa bagian utara, Antiklin Serayu Utara dan Pegunungan Serayu Selatan, Depresi Tengah dan zona gunung api quarter dan Pegunungan Selatan (Kusumayudha, dkk, 2011).

Secara umum daerah penelitian berupa perbukitan bergelombang kuat hingga bergelombang lemah yang

merupakan bagian dari lereng perbukitan gunung api kuarter Gunung Ungaran. Secara fisiografi regional daerah studi termasuk dalam zona Gunungapi Quarter dan Zona Depresi Tengah yang merupakan bagian dari Fisiografi Cekungan Jawa Tengah Van Bemmelen (1949) sebagimana terlihat pada Gambar2.



Gambar 2: Peta Fisiografi Jawa Tengah (Bemmelen, 1949)

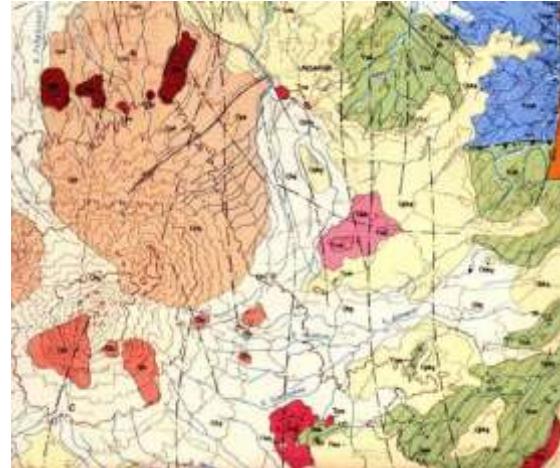
Zona Gunungapi Kuarter ini secara tektonik terbentuk setelah terjadi gunungapi daratan (Fore Arc Basin) pada akhir zaman Tersier, dimulai dengan munculnya G. Rogojembangan pada kala Pleistosen. Pada kurun waktu berikutnya (Holosen) terbentuk G. Merbabu, G. Dieng, G. Slamet, G. Sindoro dan G. Sumbing yang masih aktif hingga sekarang. Zona Depresi Tengah Jawa membentang pada lembah Sungai serayu yang memisahkan antara Pegunungan Serayu Utara dengan Pegunungan Serayu Selatan dan Gunungapi Kuarter.

Menurut Peta Geologi Magelang dan Semarang yang disusun oleh Thamden, dkk (1996) dari Pusat Penelitian dan pengembangan Geologi sebagimana terlihat seperti pada Gambar 3, maka tatanan stratigrafi daerah penelitian dan sekitarnya secara regional dapat dikelompokan menjadi beberapa formasi yang secara umum berupa kelompok batuan sedimen dan kelompok batuan vulkanik.

A. Kelompok Batuan Sedimen.

Kelompok batuan sedimen yang dijumpai di daerah Kota Semarang dan sekitarnya terdiri dari beberapa formasi, yaitu :

1. Formasi Kerek (Tmk)
2. Formasi Kalibeng (Tmfp)
3. Formasi Kaligetas (Qpk)
4. Formasi Damar (Qtd)
5. Endapan Aluvium (Qa)



Gambar 3. Peta Geologi Ungaran dan sekitarnya (Thanden dkk, 1996)

B. Kelompok Batuan Vulkanik

Kelompok batuan hasil kegiatan gunung api terdiri dari beberapa satuan yaitu :

a. Batuan Gunungapi Kaligesik (Qpk)

Batuan ini merupakan hasil aktivitas gunungapi berupa aliran basal olivin augit, tersingkap di lereng utara Gunung Ungaran.

b. Batuan Gunungapi Kemalon dan Sengku (Qks)

Batuan ini berwarna kelabu muda sampai tua, di Kemalon menunjukkan porfir plagioklas sampai kristalin halus. Sedang di Sengku berupa lava berongga, berbutir halus dengan feokrist horblende.

c. Batuan Gunungapi Gadjah Mungkur (Qhg)

Terdiri dari andesit hornblende augit yang umumnya berupa aliran lava dan tersingkap di puncak Gunung Ungaran serta mengelilingi sebaran Batuan Gunungapi Kemalon dan Sangku.

d. Batuan Beku Andesit (Tma)

Merupakan batuan terobosan batuan beku asam tipe andesit hornblende augit, tersingkap di sekitar Mangunsari, Gunung Turun dan Pudak Payung.

e. Batuan Beku Basalt (Tmb)

atuhan ini berupa basal augit dan ditemukan di G Klesem sebagai retas. Di Gunung Sitapel dijumpai berupa porfir plagioklas dan di Gunung mergi berupa basal andesitan olivin-augit.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini melingkupi area berdimensi 4000m x 2500m yang mencakup kedua manifestasi air panas. Dalam tahap awal penelitian ini diaplikasikan beberapa metode geofisika yang ditargetkan untuk mendapatkan pola struktur dan aliran fluida pada permukaan yang dangkal. Pengambilan data resistivitas 1D menggunakan sistem sounding, konfigurasi schlumberger dilakukan pada 5 titik

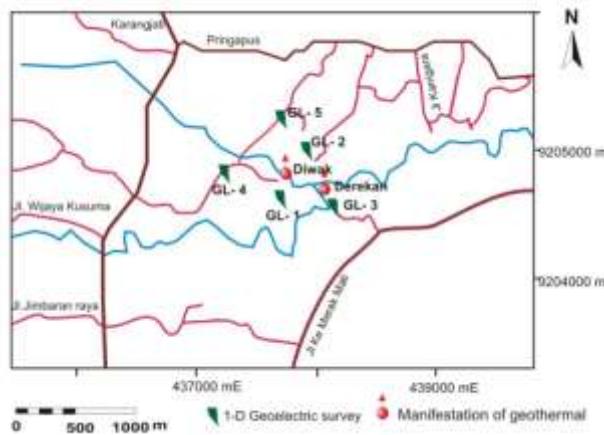
pengukuran (gambar 4). Digunakannya metode ini untuk mendapatkan gambaran litologi secara vertikal dibawah titik pengukuran. Penyebaran secara lateral suatu satuan litologi dapat diperoleh dengan korelasi satu titik sounding terhadap titik sounding yang lain. Berdasarkan data lapangan selanjutnya dilakukan interpretasi untuk mendapatkan gambaran tatanan litologi bawah permukaan daerah penyelidikan. Dari data lapangan dilakukan interpretasi dengan cara penyamaan lengkung (curve matching) terhadap kurva baku yang telah dikeluarkan oleh Schlumberger. Penyamaan lengkung ini dilakukan untuk menentukan parameter tahanan jenis secara matematis pada suatu model perlapisan batuan.

Pengukuran geolistrik 3 D menggunakan konfigurasi elektroda pole-pole, yaitu sumber arus tunggal dan potensial diukur hanya pada satu titik. Pengukuran di lapangan pengiriman/injeksi arus harus dilakukan dengan elektroda yang masing-masing dihubungkan ke kutub positif dan kutub negatif. Pengukuran potensial dilakukan dengan satu titik potensial relatif terhadap potensial titik potensial yang lain. Nilai resistivitas yang semu yang didapatkan dengan konfigurasi pole-pole ini adalah (Ridwan, dkk,):

$$\rho = 2\pi aR$$

ρ = resistivitas semu (apparent resistivity)
 a = spasi elektroda (jarak antara elektroda arus pertama dan potensial pertama)
 R = nilai resistivitas terukur di lapangan

Pengukuran resistivitas 3 D pada penelitian ini dilakukan pada sisi sebelah selatan manifestasi air panas Diwak, dengan tujuan untuk mendapatkan pola resistivitas rendah sebagai indikasi pola aliran fluida pada sisi sebelah selatan berdekatan dengan lokasi pengambilan data resistivitas 1 D.



Gambar 4. Lokasi pengambilan data geolistrik 1 D

Pemetaan muka air tanah dangkal dilakukan sebagai klarifikasi sederhana kedalaman aquifer dangkal di

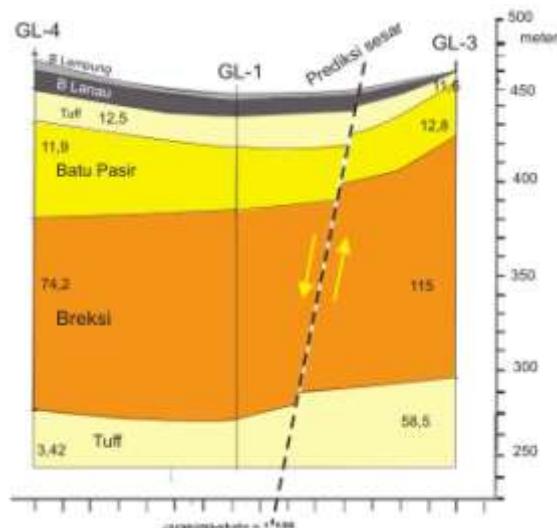
sekitar lokasi penelitian. Kedalaman aquifer ini diukur berdasarkan kedalaman sumur rumah tangga yang ada. Sehingga peralatan utama yang digunakan hanyalah portable GPS sebagai pointer koordinat dan topografi sumur rumah tangga dan kabel alarm sederhana untuk pengukur kedalaman muka air sumur (Harmoko, dkk, 2012).

Sedangkan pemetaan temperatur dekat permukaan dan emisi CO_2 dilakukan pada kedalaman 1 m dengan menggunakan sensor termokopel dan tabung detector gas (produk *Komyo-Kitagawa Instruments Co. Ltd.*) untuk mengukur kadar emisi CO_2 on site. Pengukuran temperatur dan kadar emisi CO_2 ini memerlukan waktu 10 – 15 menit untuk tiap titiknya, belum termasuk waktu pembuatan lubangnya. Lamanya waktu pengukuran untuk tiap titiknya ditentukan oleh seberapa cepat sensor thermokopel tersebut mulai stabil(Harmoko, dkk, 2013).

DATA DAN DISKUSI

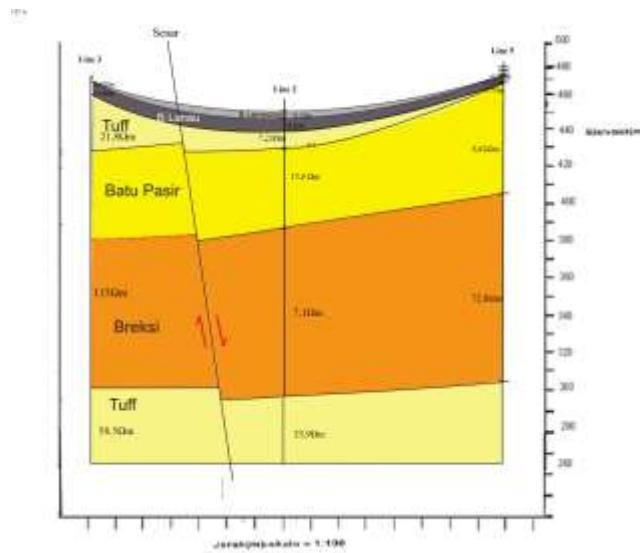
Geolistrik 1D

Data hasil pengukuran geolistrik 1 D hanya didapatkan nilai-nilai resistivitas vertical di bawah titik pengukuran, sehingga dugaan tahanan jenis batuan hanya menampilkan secara vertical saja dan diperlukan langkah interpretasi dengan cara mengkombinasikan satu titik pengukuran dengan lainnya untuk membuat penampangnya. Dari hasil pendugaan tahanan jenis dibuat tiga penampang tahanan jenis sebenarnya yaitu pada titik-titik GL4-GL1-GL3 membentuk penampang arah Barat-Timur (gambar 5), titik-titik GL3-GL2-GL5 membentuk penampang arah Tenggara-Barat Laut (gambar 6) dan

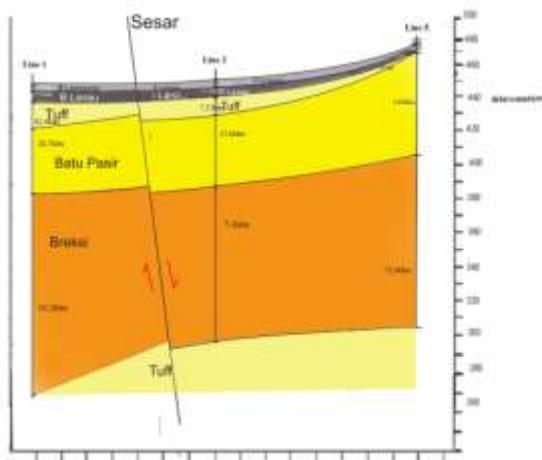


Gambar 5. Penampang resistivitas batuan untuk titik-titik GL4-GL1-GL3 (Barat-Timur)

titik-titik GL1-GL2-GL5 membentuk penampang arah Tenggara-Barat Laut.



Gambar 6 Hasil data geolistrik penampang titik-titik GL3-GL2-GL5 (berarah Tenggara-Barat Laut)

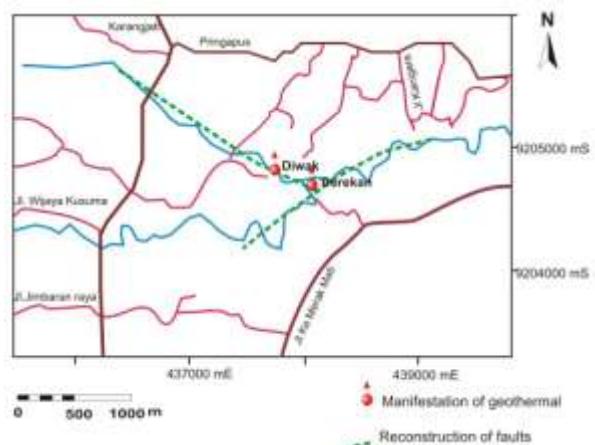


Gambar 7 Hasil data geolistrik penampang titik-titik GL1-GL2-GL5 (berarah Selatan-Utara)

Setiap data sounding dimodelkan melalui proses inversi, sehingga didapatkan kurva-kurva resistivitas yang sebenarnya berupa penampang-penampang 2D. Berdasarkan penampang-penampang resistivitas yang sebenarnya ini terlihat pola yang hampir sama yaitu pada perlapisan yang paling atas dengan ketebalan 1-5 meter berupa perlapisan lapuk yang terisi oleh batu lempung dan batu lanau. Selanjutnya dijumpai perlapisan tuff, dengan resistivitas 7Ωm-12,5Ωm. Perlapisan berikutnya adalah lapisan batu pasir dengan resistivitas antara 5Ωm-25Ωm dengan

ketebalan berkisar 50-80 meter. Lapisan selanjutnya dengan nilai resistivitas antara 60Ωm-115Ωm dan berketebalan 100-120 meter. Lapisan ini diinterpretasikan sebagai batuan breksi. Dan paling bawah dari model resistivitas ini adalah batuan tuff lagi.

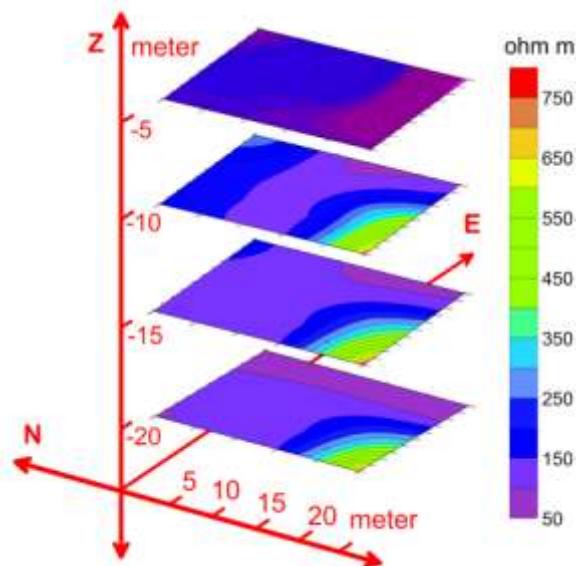
Berdasarkan hasil pemodelan resistivitas ini diinterpretasikan dua buah struktur yang saling berpotongan di dekat area manifestasi Derekan. Penampang resistivitas GL4-GL1-GL3 (gambar 5) menunjukkan dengan jelas adanya sesar turun pada area di antara titik-titik GL1 dan GL3. Struktur ini terkorelasi dengan baik oleh penampang GL3-GL2-GL5 (arah Tenggara-Barat Daya). Sedangkan struktur berikutnya adalah berdasarkan penampang GL1-GL2-GL5 arah selatan utara (gambar 7) yang juga berupa sesar turun. Rekonstruksi kedua struktur sesar tersebut dapat dilihat pada gambar 8.



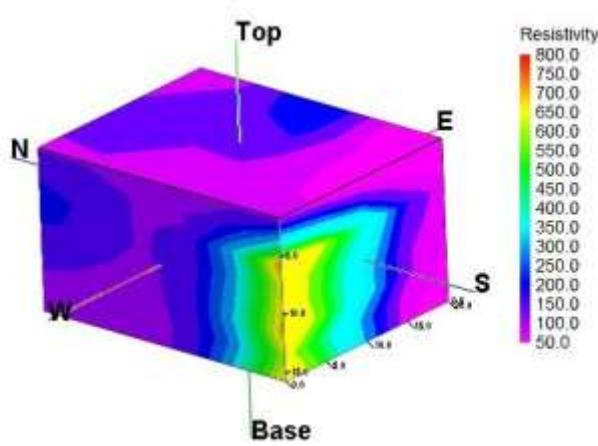
Gambar 8 Rekonstruksi sesar di area Diwak-Derekan (garis putus-putus warna hijau)

Geolistrik 3 D

Pengukuran resistivitas 3D digunakan konfigurasi pole-pole dengan lokasi pengukuran dekat titik G1 resistivitas 1D. Lokasi ini berada di sebelah selatan manifestasi mata air panas Diwak dengan beda topografi 40m lebih tinggi. Pengambilan data lapangan dilakukan dengan konfigurasi pole-pole dengan spasi 5 meter. Analisa data pengukuran menggunakan perangkat lunak Res3D dan dengan Rockworks untuk mengkonstruksi model 3 dimensinya. Gambar 8 dan gambar 9 menunjukkan hasil pemodelan resistivitas 3D masing-masing untuk penampang horizontal dan tampilan tiga dimensi. Penampang-penampang tersebut menunjukkan zona resistivitas rendah pada arah utara bagian bawah (gambar 9).



Gambar 8 Penampang horizontal pengukuran geolistrik 3D

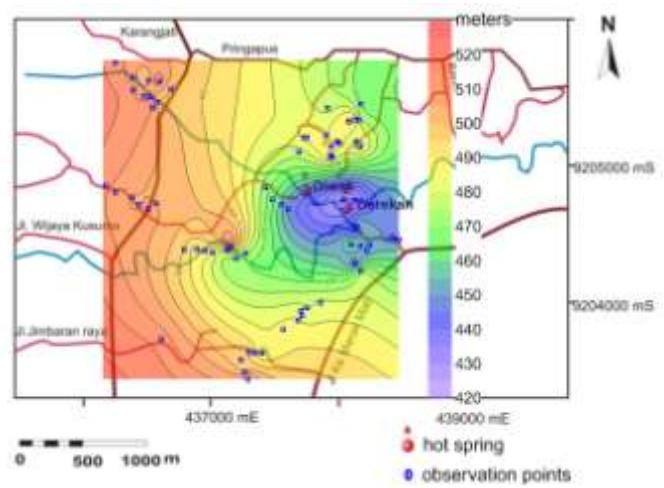


Gambar 9 Penampang pengukuran geolistrik 3D

Area dengan resistivitas rendah diinterpretasikan sebagai zona aliran fluida akuifer dangkal. Dengan demikian pengukuran resistivitas 3D memberikan informasi bahwa aliran fluida akuifer dangkal pada lokasi ini adalah berasal dari arah selatan menuju ke manifestasi.

Muka Air Tanah

Distribusi muka air tanah yang diukur pada 69 titik sumur dangkal ditampilkan pada peta (gambar 10). Pemetaan ini berdasarkan elevasi lokasi ukur (sumur warga) dikurangi kedalaman sumur. Sehingga koordinat dan elevasi tersebut merepresentasikan tinggi muka air tanah (akuifer dangkal).

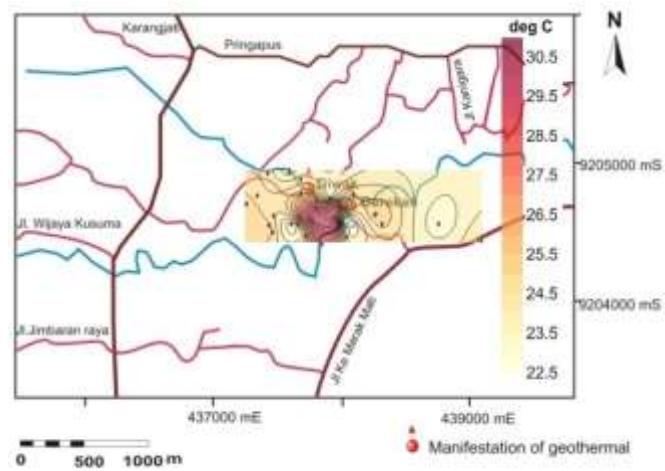


Gambar 10 Pola aliran muka air tanah akuifer dangkal

Gambar 10 menunjukkan bahwa pola aliran fluida akuifer dangkal berkecenderungan menunjukkan bahwa zona bagian barat dan selatan relatif lebih tinggi dan zona paling rendah adalah area manifestasi. Sehingga dapat diinterpretasikan bahwa pola aliran akuifer dangkal adalah didominasi dari arah barat dan selatan.

Temperatur Permukaan Dangkal

Sebagai tahap awal dari penelitian ini pengukuran temperatur permukaan dangkal dilakukan dengan memprioritaskan pada lokasi dekat area manifestasi dengan interval pengukuran yang relatif lebih rapat. Interval pengukuran dilakukan dengan interval 25m-50m sekitar manifestasi.

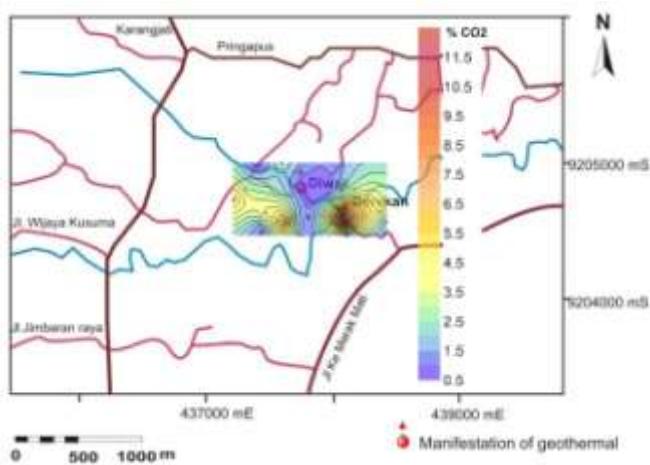


Gambar 11 Distribusi temperatur permukaan dangkal

Gambar 11 menunjukkan anomali temperatur pada area tepat di sebelah selatan diantara kedua manifestasi. Lokasi tersebut bersesuaian dengan keberadaan struktur hasil pengukuran resistivitas 1Dimensi.

Emisi CO₂

Hasil pengukuran CO₂ pada lokasi yang sebagian besar pada titik yang sama dengan pengukuran temperatur permukaan dangkal terdistribusi sebagaimana gambar 12. Pengukuran dilakukan pada kedalaman 100 cm.



Gambar 12 Distribusi pengukuran emisi CO₂

Distribusi konsentrasi emisi CO₂ menunjukkan hasil yang terkorelasi dengan baik dengan hasil rekonstruksi struktur pengukuran resistivitas 1D. Tingginya konsentrasi emisi CO₂ mengindikasikan adanya zona yang relatif lebih permeable sebagai lintasan keluarnya material geothermal berupa gas CO₂ bawah permukaan tanah.

KESIMPULAN

Hasil penelitian tahap awal yang bertujuan untuk membuat suatu konseptual model sistem panas bumi Diwak dan Derekan menunjukkan hasil yang saling berkorelasi antar metode yang berbeda. Pengukuran resistivitas 1Dimensi dan CO₂ merepresentasikan adanya struktur pada area yang sama. Sedangkan distribusi temperatur permukaan dangkal (1 meter) memberikan anomali pada area sebelah selatan kedua sumber mata air panas. Pola aliran fluida akuifer dangkal mengindikasikan arah aliran fluida berasal dari sebelah barat dan selatan area manifestasi.

PUSTAKA

Harmoko, U., Yulianto, G., dan Widodo, S., *Analisis Struktur dan Muka Air Tanah Sebagai klarifikasi Model Konseptual Sistem Panas Bumi Candi Umbul, Kartoharjo, Magelang*, Proceedings the 12th Annual Indonesian Geothermal Association Meeting & Conference, Bandung on 6-8 November 2012

Harmoko, U., Yulianto, G., Widada, S., 2013, *Updating Of The Geothermal Research On Candi Umbul Hot Springs, Magelang Central Java, Indonesia*, PROCEEDINGS, 2nd ITB Geothermal Workshop 2013, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia, March 4-8, 2013

Kusumayuda, S., B., Markam, A.,P., Rahmat, B., *Structure, Hydrogeology, And The Geothermal System Of Mount Ungaran Area, Central Java, Indonesia*, repository.upnyk.ac.id

Ridhwan, Warnana, D.D., Utama, W. (2011), "Penggunaan Metode Resistivitas 3-Dimensi untuk Mengetahui Bidang Longsor pada Daerah Rawan Longsor di Desa Kemuning Lor Kecamatan Arjasa Kabupaten Jember Sebagai Bagian Dari Mitigasi Bencana Longsor," Master thesis, Institut Teknologi Surabaya

Thaden, R. E., *Geologi Lembar Magelang dan Semarang*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. 1975

Van Bemmelen, R.W., 1949, *The Geology of Indonesia*, Vol IA, Martinus Nijhoff, The Hague, 792 p.