

STUDI DISTRIBUSI TEMPERATUR PERMUKAAN DANGKAL, EMISI GAS KARBONDIOKSIDA DAN POLA ALIRAN FLUIDA UNTUK MENGLARIFIKASI SISTEM PANAS BUMI DI DAERAH MANIFESTASI DIWAK-DEREKAN, JAWA TENGAH

Imroatun Nikmah, Udi Harmoko

Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro, Semarang

Email : ini39mah@yahoo.com

ABSTRACT

The research on temperature, carbon dioxide emissions (CO_2) and fluid flow has been done at the site of geothermal manifestations Diwak-Derekan by using three methods: shallow surface temperature method, emissions of carbon dioxide (CO_2) and Advance Groundwater (water level). The purpose of this study is to determine the temperature distribution, the emission of carbon dioxide (CO_2) and fluid flow in the area Diwak-Derekan to get a conceptual model of the geothermal system.

The shallow surface temperature measurement, emissions of carbon dioxide (CO_2) and water table at the site of geothermal manifestations Diwak-Derekan has done with maps and put them in a third compiles data on height topography data.

The result of study, in the manifestation area obtained result distribution of shallow surface temperature is about $30,77^\circ C$ (Diwak) and $30,64^\circ C$ (Derekan) with emission of carbon dioxide (CO_2) is about 9%. And for water level measurement indicates that the flow of shallow ground water is coming from the west location of manifestations and mixed with hydrothermal fluids which then turn up to the surface as hot springs.

Keywords: shallow surface temperatures, emissions of carbon dioxide (CO_2), ground water, geothermal.

INTISARI

Penelitian tentang suhu, emisi gas karbondioksida (CO_2) dan aliran fluida telah dilakukan di lokasi manifestasi panas bumi Diwak-Derekan dengan menggunakan tiga metode, yaitu: metode temperatur permukaan dangkal, emisi gas karbondioksida (CO_2) dan Muka Air Tanah (water level). Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah untuk mengetahui distribusi suhu, emisi gas karbondioksida (CO_2) dan aliran fluida di daerah Diwak-Derekan untuk mendapat model konseptual sistem panas bumi.

Pengukuran temperatur permukaan dangkal, emisi gas karbondioksida (CO_2) dan muka air tanah di lokasi manifestasi panas bumi Diwak –Derekan dilakukan dengan menyusunnya dalam sebuah peta dan mengkompilasi ketiga data tersebut terhadap data ketinggian topografi.

Hasil penelitian muka air tanah menunjukkan bahwa aliran air tanah dangkal berasal dari arah barat lokasi manifestasi dan bercampur dengan fluida hydrothermal yang kemudian muncul ke permukaan sebagai mata air panas. Aliran air tanah permukaan dangkal ini sesuai dengan pergerakan air secara vertikal yang dipengaruhi oleh gerak gravitasi, yaitu berasal dari daerah yang mempunyai tekanan tinggi ke daerah yang mempunyai tekanan rendah. Dan pada daerah manifestasi diperoleh nilai distribusi temperatur permukaan dangkal $30,77^\circ C$ (Diwak) dan $30,64^\circ C$ (Derekan) dengan nilai emisi gas karbondioksida (CO_2) 9 %.

Kata kunci: temperatur permukaan dangkal, emisi gas karbondioksida (CO_2), air tanah, panas bumi.

PENDAHULUAN

Energi panas bumi merupakan energi alternatif terbarukan yang sangat potensial. Indonesia diperkirakan memiliki cadangan potensial energi panas bumi sebesar 19.657 Mwe yang tersebar di berbagai wilayah di

Indonesia, seperti Sumatera sebesar 9.561 Mwe, Jawa-Bali sebesar 5.681 Mwe, Sulawesi sebesar 1.565 Mwe dan tempat lainnya sebesar 2.850 Mwe. Meskipun energi panas bumi merupakan sumber energi yang terbarukan, tetapi masa produktifnya dipengaruhi oleh pengelolaan lapangan panas

bumi. Masalah yang sering dijumpai dalam pengelolaan lapangan panas bumi adalah penurunan tekanan uap dan penurunan temperatur reservoir.

Salah satu prospek panas bumi di Jawa Tengah berada di area Diwak dan Derekan, Kecamatan Bergas Kabupaten Semarang. Manifestasi panas bumi tersebut berupa mata air panas yang di olah oleh warga sebagai tempat pemandian air panas.

Perubahan suhu permukaan dangkal diduga akibat adanya aliran fluida yang berasal dari air bawah permukaan yang terpanasi oleh batuan beku panas. Fluida panas bawah permukaan yang membentuk sistem panas bumi berasal dari *magmatic waters (deep waters)* yang naik ke permukaan melalui rekahan-rekahan batuan dengan membawa unsur-unsur *volatil* (mudah menguap), misalnya CO₂. Sehingga untuk menklarifikasi sistim panas bumi tersebut perlu dilakukan penelitian dengan mengeksplorasi suhu permukaan dangkal dan emisi gas CO₂ yang didukung oleh data muka air tanah.

DASAR TEORI

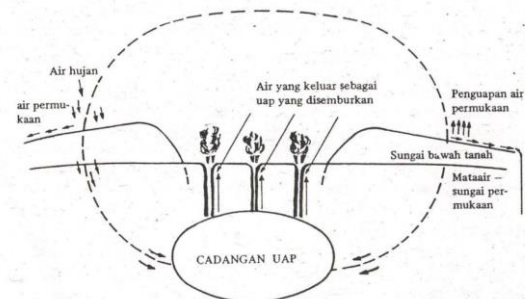
Panas Bumi

Panas bumi adalah energi yang tersimpan dalam bentuk air panas atau uap pada kondisi geologi tertentu pada kedalaman beberapa kilometer di bawah kerak bumi. Sistem panas bumi ini merupakan gabungan dari beberapa unsur, yaitu: sumber panas (*heat sources*), reservoir, batuan penudung (*cap rock*), dan fluida panas. Sistem panas bumi terbentuk sebagai hasil perpindahan panas dari sumber panas di 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 [1].

Reservoir merupakan batuan yang memiliki permeabilitas tinggi sehingga bisa menjadi tempat terakumulasinya fluida. Fluida panas ini tidak keluar atau bocor dikarenakan ditutupi oleh batuan penudung yang

merupakan batuan yang kedap air (*impermeable*). Adanya struktur geologi berupa patahan yang memotong reservoir, menyebabkan fluida panas ini dapat keluar. Keberadaan sistem panas bumi pada umumnya berkaitan dengan magmatisme yang terbentuk di suatu daerah. Posisi geografis Indonesia yang terletak pada jalur gunung api (*ring of fire*) merupakan wilayah yang memiliki suatu potensi panas bumi [1].

Kriteria Sumber Panas Bumi dan Daur Hidrologi



Gambar 1. Pola aliran fluida di lapangan panas bumi (Alzwar dkk, 1998)

Daur ini dimulai dari uap yang dikeluarkan dari cadangan uap sebagai uap yang disemburkan (fumarol, geiser), yang kemudian naik ke atas hingga mencapai titik kondensasi dan turun berupa titik-titik hujan. Air hujan yang jatuh sebagian akan mengalir ke permukaan dan sebagian meresap ke dalam tanah. Air permukaan berupa sungai, danau atau laut akan mengalami penguapan membentuk aliran sungai bawah tanah atau akuifer, jika melewati tubuh batuan panas akan terpanasi dan berubah ke fraksi uap. Uap ini akan naik ke permukaan, bercampur dengan penguapan dari air sungai, danau, dan laut, terkondensasi dan turun lagi menjadi air hujan dan seterusnya Gambar 1 [2].

Unsur pokok gas-gas Gunung Berapi

Gas-gas gunung berapi sejumlah unsur kimiawi seperti jenis molekuler. Unsur terbesar terdiri dari H, C, O, S, N, Cl, F dan B. Unsur terkecil terdiri dari gas He, Ne, Ar, Kr, dan Xe. Hidrogen sebagian besar muncul

sebagai air (H_2O). Dari jenis karbon, karbondioksida (CO_2) adalah yang dominan[3].

Air Tanah

Air tanah adalah air yang bergerak dalam tanah yang terdapat di dalam ruang-ruang antara pori-pori tanah dan di dalam retak-retak dari batuan. Untuk menjadi *aquifer*, batuan yang tersingkap harus porus dan bersifat meluluskan air sehingga memungkinkan air hujan meresap ke batuan di bawahnya. Apabila batuan yang tersingkap tersebut bersifat kedap air dan tidak meluluskan air, maka air hujan akan mengalir sebagai air permukaan dan sedikit sekali atau tidak meresap ke batuan di bawahnya. Demikian juga batuan dibawahnya yang bersifat sarang dan lulus air tadi harus berketebalan cukup dan luas, sebagai penyimpanan air dan bertindak sebagai *aquifer* [4].

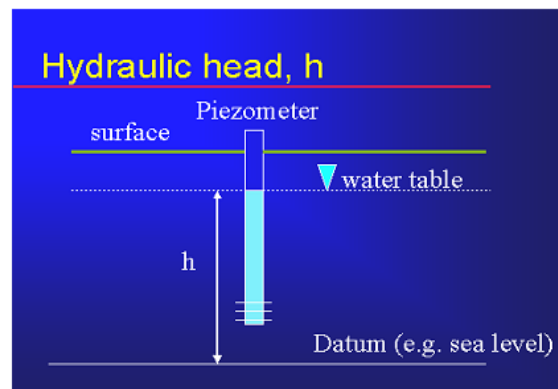
Terjadinya Air Tanah

Air tanah terbentuk berasal dari air hujan dan air permukaan, yang meresap (*infiltration*) mula-mula ke zona tak jenuh (*zone of aeration*) dan kemudian meresap makin dalam (*percolation*) hingga mencapai zona jenuh (*zone of saturation*) dan menjadi air tanah. Tergantung pada kedudukannya terhadap muka tanah setempat, air tanah dapat dikatakan air tanah dangkal ataupun air tanah dalam. Air tanah dangkal terletak dekat permukaan, sementara air tanah dalam terletak jauh di bawah permukaan. Dangkal dapat diartikan pada kedudukan kurang dari 40 m di bawah muka tanah setempat, sedangkan kedudukan dalam lebih dari angka tersebut [5].

Muka Air Tanah

Muka air tanah adalah batas antara zone jenuh dan zone tak jenuh. Secara sederhana muka air tanah adalah air yang kita temukan pertama kali ketika kita menggali sebuah sumur. Secara regional, notasi air tanah sering kali dinyatakan dengan suatu istilah yang

dikenal sebagai *hydraulic head* atau jumlah antara tekanan hidrostatik air tanah dan ketinggian tempat. Lebih mudahnya, nilai *hydraulic head* adalah nilai ketinggian tempat dikurangi ketinggian muka air tanah dari permukaan bumi, seperti yang disajikan pada Gambar 2. selanjutnya, peta garis yang menunjukkan tempat yang mempunyai nilai *hydraulic head* yang sama disebut peta kontur air tanah atau *equipotential map*. Jika peta tersebut dilengkapi dengan arah aliran air tanah maka dikenal sebagai *flownets* atau jaringan-jaringan air tanah. Karena air tanah mengalir dari tempat yang bernilai *hydraulic head* tinggi ke rendah, maka akan memiliki apa yang dikenal sebagai *hydraulic gradient* atau kemiringan muka air tanah [6].



Gambar 2. Hydraulic haed [6]

METODE PENELITIAN

Pengambilan data suhu permukaan dangkal ini dengan mengambil suhu yang ada pada kedalaman lubang 100 cm dari permukaan. Alat yang digunakan adalah sensor suhu *Thermocouple*. Sensor *thermocouple* yang telah dipasang ke besi penyangga, di masukkan ke dalam lubang yang disediakan. Proses pengambilan data dilakukan setelah suhu mengalami kestabilan, fungsinya agar sensor tersebut dapat mengukur nilai suhu bawah permukaan dengan benar.

Untuk pengambilan data emisi gas CO_2 dilakukan dengan menggunakan alat pengukur kadar CO_2 tanah. Alat pengukur kadar CO_2

tanah berfungsi jika dihubungkan dengan alat tabung hisap. Tabung hisap yang terhubung dengan pipa kecil dimasukkan ke dalam lubang penelitian. Kedalaman lubang tersebut 100 cm. Tabung hisap diaktifkan agar alat pengukur kadar CO₂ menyerap emisi gas karbondioksida (CO₂) tanah dalam lubang. Data Muka Air Tanah ini diambil dengan mengukur ketinggian air yang ada di sumur warga dengan memasukkan meteran ke dalamnya, kemudian data ini nanti akan digunakan sebagai pengurang dari nilai ketinggian topografi yang tercatat di GPS.

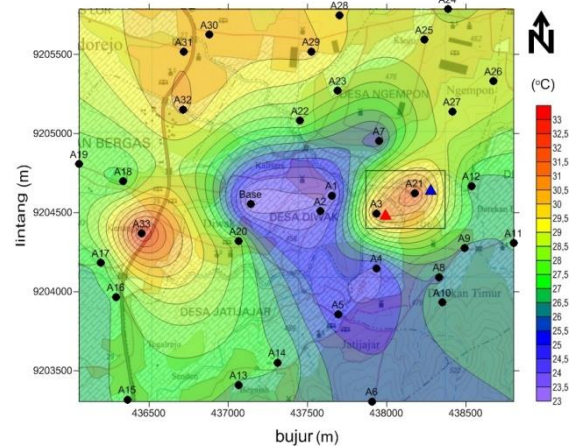
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan data temperatur permukaan dangkal

Temperatur permukaan dangkal merupakan data yang diperoleh dari sistem panas bumi yang ada dibawah permukaan, pada dasarnya perpindahan panas terjadi secara konduksi melalui batuan-batuan yang ada sehingga menghantarkan panas sampai dekat permukaan. Dalam penelitian ini penulis menghipotesakan bahwa tinggi atau rendahnya nilai temperatur permukaan tergantung pada ada tidaknya aktivitas magma dibawah permukaan. Aktivitas magma dapat berupa terobosan magma yang disebut dengan intrusi magma, atau berupa aliran fluida panas serta uap panas. Magma yang terletak di dalam lapisan mantel memindahkan panas secara konduksi suatu lapisan batu padat. Di atas batu padat terdapat suatu lapisan batu berpori, yaitu batu yang mempunyai permeabilitas yang cukup. Bila lapisan batu berpori ini berisi air, yang berasal dari air tanah, resapan air hujan atau resapan air danau, maka akan terbentuk reservoir yang berisi air panas atau uap panas.

Dari hasil penelitian diperoleh distribusi nilai temperatur antara 23,32°C hingga 32,21°C. Pada Gambar 4.1 di peroleh 2 klosur yang mempunyai nilai temperatur tinggi, 1 klosur dengan tanda segiempat menunjukkan tempat manifestasi Diwak-Derekan yang berupa air panas. Tanda segitiga merah menunjukkan

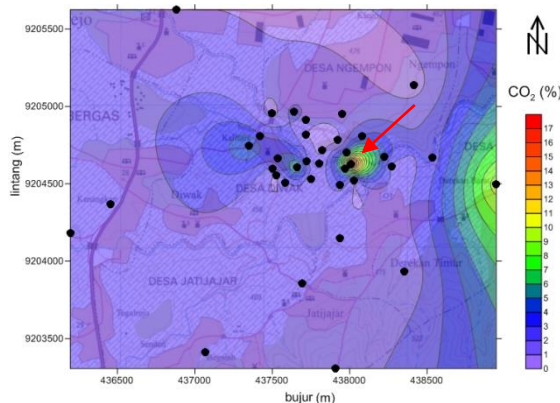
daerah Diwak (A3) dengan nilai temperatur 30, 77 °C dan tanda segitiga biru menunjukkan daerah Derekan (A21) dengan nilai temperatur 30, 64 °C.



Gambar 3. Peta kontur distribusi temperatur permukaan dangkal, tanda segiempat menunjukkan tempat manifestasi Diwak-Derekan yang berupa mata air panas. Segitiga biru (Derekan) dan segitiga merah (Diwak)

Pengolahan data emisi gas karbondioksida

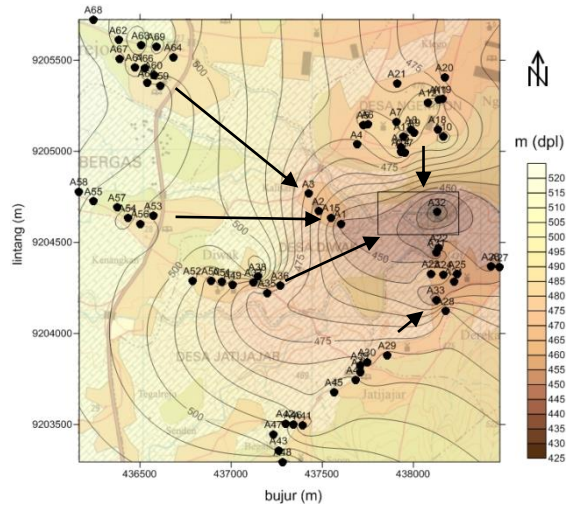
Karbondioksida (CO₂) merupakan suatu zat yang memiliki sifat volatil atau zat yang tidak mudah bereaksi/kurang memiliki daya larut dengan zat yang lain atau mudah menguap, sehingga gas karbondioksida (CO₂) akan dilepaskan terlebih dahulu dari sebuah terobosan atau rekahan yang ada disekitar. Gas karbondioksida (CO₂) berasal dari daerah reservoir yang menguap ke permukaan karena adanya zona permeabilitas yang tinggi. Kandungan emisi gas karbondioksida (CO₂) yang terukur pada daerah penelitian antara 0,5% hingga 9,7%. Daerah sekitar mata air panas ditunjukkan panah dengan nilai emisi gas karbondioksida sebesar 9,7% dengan ketinggian topografi 441 mdpl.



Gambar 4. Peta kontur distribusi emisi gas karbondioksida (CO₂) ditunjukkan dengan (%)

Pengolahan data muka air tanah

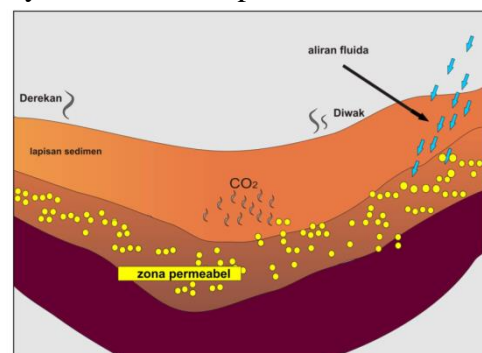
Muka air tanah merupakan nilai yang didapat dari pengukuran ketinggian topografi dikurangi dengan nilai ketinggian air. Pada dasarnya muka air tanah merupakan air yang pertama didapat pada saat membuat sumur. Data muka air tanah diambil pada sumur warga yang ada disekitar. Dari hasil penelitian Gambar 5 menunjukkan bahwa model aliran fluida mengalir dari tempat yang mempunyai nilai *hydraulic* tinggi ke tempat yang mempunyai nilai *hydraulic* yang rendah. Pergerakan Aliran air tanah mengalir dari arah barat menuju timur tempat manifestasi air panas Diwak-Derekan yang kemudian bercampur dengan fluida hydrothermal dan muncul ke permukaan sebagai mata air panas. Pergerakan aliran air tanah yang secara vertikal ini dipengaruhi oleh gerak gravitasi. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa kedalaman muka air tanah adalah berkisar antara 0,8 meter hingga 11,70 meter.



Gambar 4.5 Peta kontur Muka Air Tanah, tanda segiempat menunjukkan tempat manifestasi berupa air panas Diwak Derekan, tanda panah menunjukkan arah aliran air tanah yang berasal dari barat ke Diwak-Derekan

Model konseptual sederhana sistem panas bumi Diwak-Derekan

Dalam penelitian yang ditunjukkan Gambar 6 ini diperoleh bahwa air meteorik berasal dari arah barat yang berarah ke manifestasi. Fluida panas ini berupa air permukaan yang meresap ke dalam batuan berpori. Fluida panas yang berada dalam batuan berpori akan terpanasi oleh batuan panas yang ada dibawahnya sehingga fluida tersebut akan mengalami kenaikan temperatur dan massa jenisnya lebih kecil. Keadaan ini akan menyebabkan fluida panas naik ke atas.



Gambar 4.6 Model konseptual sederhana hubungan aliran fluida, temperatur dan emisi gas karbondioksida

Karbon dioksida (CO₂) merupakan salah satu kandungan gas yang dikeluarkan oleh magma. Air (H₂O) dan karbon dioksida (CO₂) merupakan unsur terpenting dari aktivitas magma. Temperatur magma yang sangat tinggi mengakibatkan perubahan fase H₂O menjadi uap panas. Uap panas akan keluar melalui rekahan-rekahan yang ada pada sekitarnya. Gas CO₂ akan naik ke permukaan bersamaan dengan naiknya uap panas melalui zona permeabilitas yang tinggi.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Distribusi nilai temperatur permukaan dangkal di peroleh nilai antara 23,32 °C hingga 32,21 °C. Pada daerah manifestasi panas bumi Diwak-Derekan yang berupa mata air panas diperoleh nilai temperatur sebesar 30,77 °C (Diwak) dan 30,64 °C (Derekan) pada ketinggian 441 mdpl.
2. Distribusi nilai emisi gas karbon dioksida yang tinggi diperoleh di area dekat manifestasi panas bumi Diwak-Derekan yaitu 9,7% pada ketinggian 441 mdpl.
3. Pola aliran air tanah permukaan dangkal berasal dari arah barat ke timur area manifestasi panas bumi mata air panas dengan kedalaman muka air tanah adalah berkisar antara 0,8 meter hingga 11,70 meter.
4. Model konseptual dari manifestasi panas bumi akan bercampur dengan air juvenil atau fluida hydrothermal dan muncul ke permukaan karena adanya zona permeabilitas yang tinggi.

Saran

Penelitian ini dapat dilakukan lebih lanjut dengan menggunakan metode geologi, geofisika dan geokimia agar didapatkan analisis yang lebih lengkap untuk mengklarifikasi adanya panas bumi di daerah Diwak-Derekan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Hermawan, D., Widodo S., Mulyadi E. 2012. *Sistem Panas bumi Daerah Candi Umbul-Telomoyo Berdasarkan Kajian Geologi dan Geokimia*, Buletin Sumber Daya Vol. 7 No. 1, hal. 1-6. Bandung.
- [2] Alzwar, M. Samodra, H and Tarigan, J.I. 1988. *Pengantar Dasar Ilmu Gunungapi*, Bandung: Nova.
- [3] Rittman, A. 1962. *Volcanoes and the activity*. New York: John Willey and Sons.
- [4] Sosrodarsono, S. 1987. *Hidrologi Untuk Pengairan*. PT. Pradnya Paramita : Jakarta.
- [5] Soetrisno. 2002. *Aspek Hukum dan Kelembagaan Pengelolaan Air Tanah dalam Penyelenggara Otonomi Daerah*.
- [6] Haryono, E dan Adji T.N. 2009. *Bahan Ajar: Geomorfologi dan Hidrologi Karst*. Fakultas Geografi – UGM. Yogyakarta.