

KEPROSPEKAN PANAS BUMI GUNUNG UNGARAN BERDASARKAN ANALISIS GEOSAIN TERPADU

Oleh:

Ahmad Zarkasyi, Yuanno Rezky, Mochamad Nurhadi
Pusat Sumber Daya Geologi
Jl. Soekarno Hatta No. 444, Bandung.

SARI

Survei geosain dan pemboran empat sumur landaian suhu di daerah Gunung Ungaran dilakukan secara terpisah dan dikerjakan oleh konsultan yang berbeda, akibatnya tidak ada laporan hasil survei yang terpadu. Hasil kompilasi pengolahan, analisis dan interpretasi ulang data survei terdahulu menunjukkan tiga kelompok daerah panas bumi di sekitar Ungaran yaitu Gedongsongo, Nglimut dan Kendalisodo. Laporan terdahulu memperkirakan potensi Ungaran 100 MWe. Hasil review data survei memperlihatkan prospek panas bumi Gunung Ungaran berada di sekitar daerah Gedongsongo dan Nglimut dengan total luas prospek 10 km² dan perkiraan potensi terduga 110 MWe.

Kata Kunci: Panas bumi, Gunung Ungaran, Geosain, Gedongsongo

ABSTRACT

Geoscientific survey and drilling four gradient temperature bor holes in Ungaran Mountain had been carried out independently and excuted by different consoultants. Consequently, there is no integrated report. Compilation of re-processing, re-analysis, and re-interpretation of survey data reveal three groups geothermal area in Ungaran: Gedongsongo, Nglimut and Kendalisodo. The previous surveys estimated energy potential of Ungaran of 100 MWe. The result of survey data review shows that Ungaran Mountain geothermal prospect is located around Gedongsongo and Nglimut area with prospect coverage of 10 km² and has possible energy potential of approximately 110 MWe.

Key words: Ungaran Mountain, Geothermal, Geo science, Gedongsongo

PENDAHULUAN

Gunung ungaran merupakan salah satu area bersistem panas bumi yang ditandai dengan mata air panas, fumarol, tanah panas, endapan travertin dan batuan teralterasi. Secara administratif Gunung Ungaran termasuk dalam Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Lokasi manifestasi panas bumi terutama terletak di lereng barat-laut, baratdaya dan tenggara Gunung Ungaran

Untuk memanfaatkan potensi panas bumi suatu area dibutuhkan suatu proses penelitian yang bertujuan mengidentifikasi sistem panas buminya. Pertamina pada periode 1983 sampai dengan 1988 telah melakukan survei pendahuluan geosain dengan metode geologi, geokimia, geofisika dan pengeboran landaian suhu untuk mengetahui keprospekan panas bumi di daerah Gunung Ungaran.

Semua kegiatan survei di atas dilakukan secara terpisah dan dikerjakan oleh konsultan yang berbeda sehingga tidak ada laporan hasil kegiatan yang terpadu. Sebagian besar laporan hasil survei tersedia dalam bentuk fotokopi,

gambar, peta dan grafik masih dalam format analog. Penulis mencoba mengintegrasikan dan menginterpretasikan kembali data yang ada yang meliputi data geologi, geokimia dan geofisika (gaya berat, geolistrik dan magnetotellurik) untuk mendeskripsikan sistem panas bumi daerah ini.

Metode yang dilakukan penulis adalah menganalisis data mentah yang terdapat pada laporan terdahulu, memproses ulang data dan meinterpretasi hasil dari proses ulang tersebut. Maksud dan tujuan dari me-review data tersebut adalah meidentifikasi karakteristik sistem panas bumi dan mendeliniasi luas prospek serta menghitung perkiraan potensi energinya.

Karakteristik sistem panas bumi meliputi sumber panas, lapisan resevoir, lapisan penudung dan fluida panas. Untuk mengidentifikasi sistem panas bumi maka diperlukan informasi kegeologian dan analisis manifestasi panas bumi yang ada di daerah tersebut. Untuk mendeliniasi daerah prospek maka dilakukan analisis anomali-anomali dari berbagai metode yang kemudian dikompilasi

secara terpadu. Sedangkan untuk penghitungan potensi panas bumi, digunakan data hasil geotermometer manifestasi yang dikombinasikan dengan hasil identifikasi sistem dan deliniasi area prospek panas bumi.

TINJAUAN PUSTAKA

Gunung Ungaran merupakan salah satu area bersistem panas bumi yang ditandai dengan mata air panas, fumarol, tanah panas, endapan travertin dan batuan teralterasi. Secara administratif Gunung Ungaran termasuk dalam Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Lokasi manifestasi panas bumi terutama terletak di lereng barat laut, barat daya dan tenggara Gunung Ungaran

Untuk memanfaatkan potensi panas bumi suatu area dibutuhkan suatu proses penelitian yang bertujuan mengidentifikasi sistem panas buminya. Pertamina pada periode 1983 sampai dengan 1988 telah melakukan survei pendahuluan geosain dengan metode geologi, geokimia, geofisika dan pengeboran landaian suhu untuk mengetahui keprospekkan panas bumi di daerah Gunung Ungaran.

Semua kegiatan survei di atas dilakukan secara terpisah dan dikerjakan oleh konsultan yang berbeda sehingga tidak ada laporan hasil kegiatan yang terpadu. Sebagian besar laporan hasil survei tersedia dalam bentuk fotokopi, gambar, peta dan grafik masih dalam format analog. Penulis mencoba mengintegrasikan dan menginterpretasikan kembali data yang ada yang meliputi data geologi, geokimia dan geofisika (gaya berat, geolistrik dan magnetotellurik) untuk mendeskripsikan sistem panas bumi daerah ini. Metode yang dilakukan penulis adalah menganalisis data mentah yang terdapat pada laporan terdahulu, memproses ulang data dan meinterpretasi hasil dari proses ulang tersebut. Maksud dan tujuan dari me-review data tersebut adalah meidentifikasi karakteristik sistem panas bumi dan mendeliniasi luas prospek serta menghitung perkiraan potensi energinya.

Karakteristik sistem panas bumi meliputi sumber panas, lapisan resevoir, lapisan penudung dan fluida panas. Untuk mengidentifikasi sistem panas bumi maka diperlukan informasi kegeologian dan analisis manifestasi panas bumi yang ada di daerah tersebut. Untuk mendeliniasi daerah prospek maka dilakukan analisis anomali-anomali dari berbagai metode yang kemudian dikompilasi secara terpadu. Sedangkan untuk penghitungan potensi panas bumi, digunakan data hasil geotermometer manifestasi yang dikombinasikan dengan hasil identifikasi sistem dan deliniasi area prospek panas bumi.

Geologi

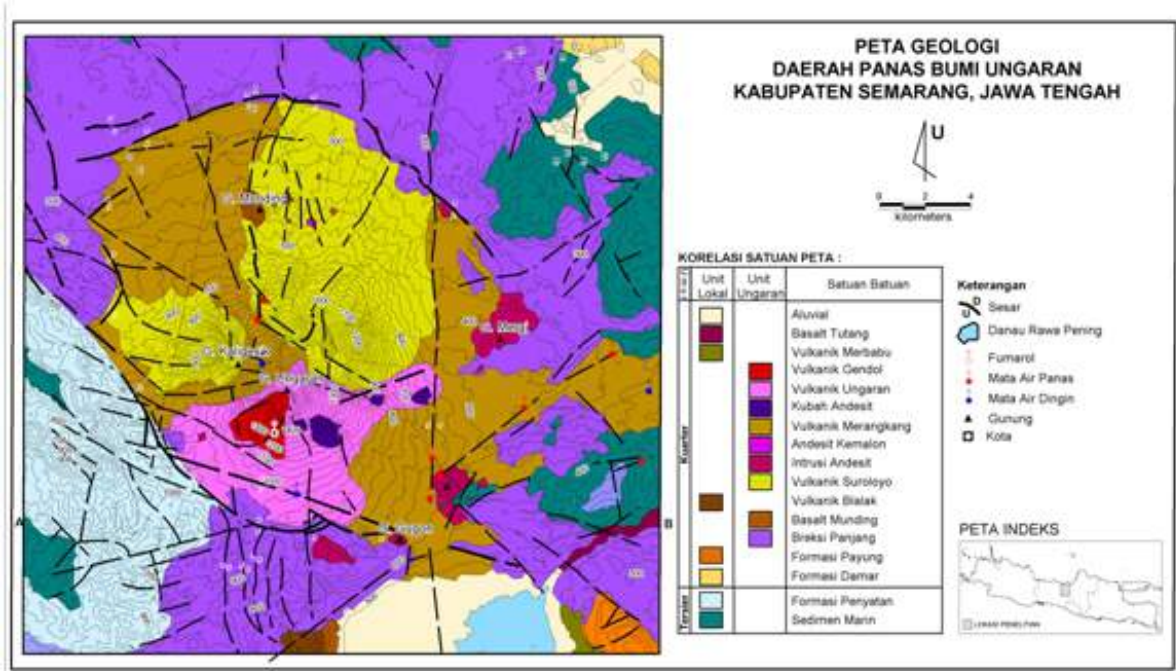
Geologi permukaan Gunung Ungaran didominasi oleh batuan vulkanik berumur Kuartar (Gambar 1). Sistem panas bumi yang berkembang di Gunung Ungaran berada di zona depresi. Di zona depresi tersebut muncul kerucut-kerucut muda seperti Gunung Gugon dan Gunung Mergi. Struktur ini merupakan collapse structure yang di sebelah selatan dan barat Gunung Ungaran, berbentuk melingkar dan saling memotong. Struktur tersebut berkaitan dengan kegiatan vulkanisme dari Gunung Ungaran yang terbentuk di atas batuan sedimen laut berumur Tersier. Hasil analisis citra dapat menampilkan (Gambar 1) struktur sekunder yang berkaitan erat dengan sistem panas bumi Ungaran.

Geokimia

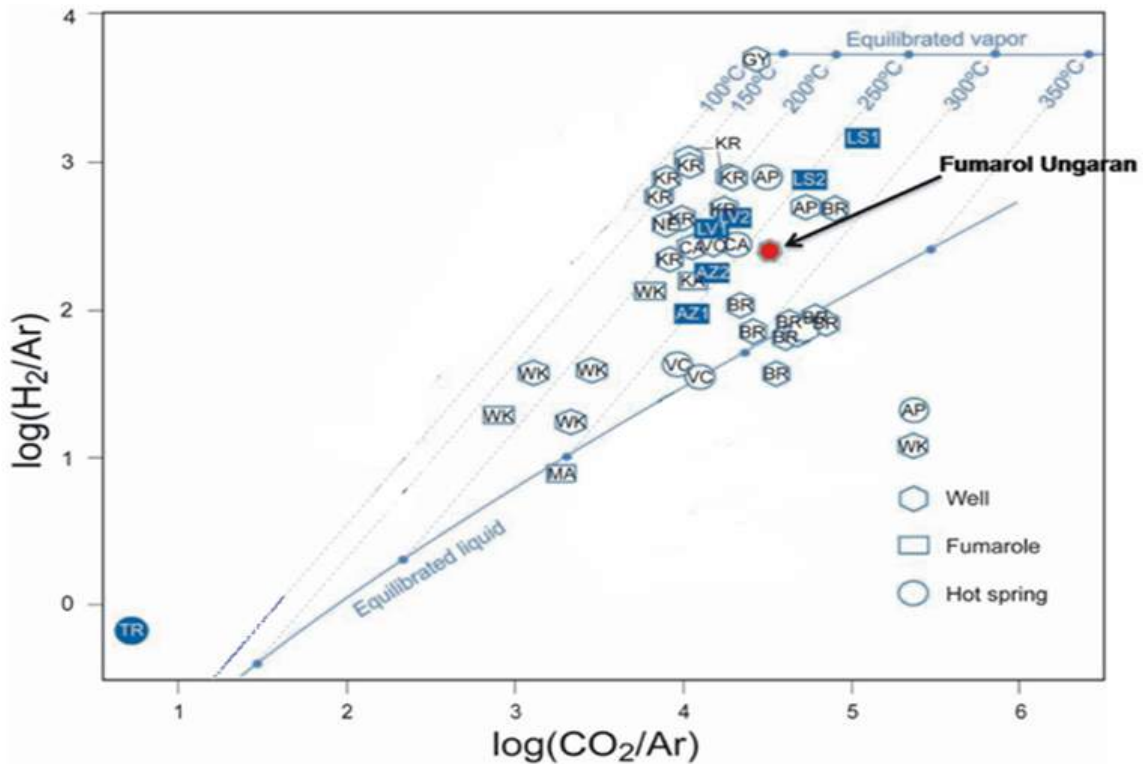
Jenis manifestasi panas bumi yang muncul dan berasosiasi dengan Gunung Ungaran berupa mata air panas, fumarol, tanah panas, endapan travertin dan batuan teralterasi. Berdasarkan lokasi pemunculan manifestasi, terdapat 3 kelompok manifestasi panas bumi yaitu Komplek manifestasi panas bumi Gedongsongo terdiri dari fumarol, yang memiliki suhu paling tinggi, bertemperatur 86°C, mata air panas bertemperatur 50°C, tanah panas dan batuan teralterasi. Kelompok manifestasi Ngilimut dengan manifestasi berupa mata air panas bertemperatur 47°C dan Kelompok Kendalisodo dengan manifestasi berupa mata air panas bertemperatur 40°C.

Hasil kajian data kimia air panas, tanah, isotop dan gas diperkirakan bahwa Gedongsongo merupakan daerah upflow sistem panas bumi Gunung Ungaran. Perkiraan tersebut diperkuat oleh keterdapatannya jenis manifestasi fumarole aktif. Data-data lainnya yang menunjang perkiraan ini adalah hasil pemboran landaian suhu USL-1 dimana harga landaian suhu 10,4°C/100 m atau lebih kurang 3 kali nilai landaian suhu normal serta terdapatnya mineral temperatur tinggi berupa illit dan klorit.

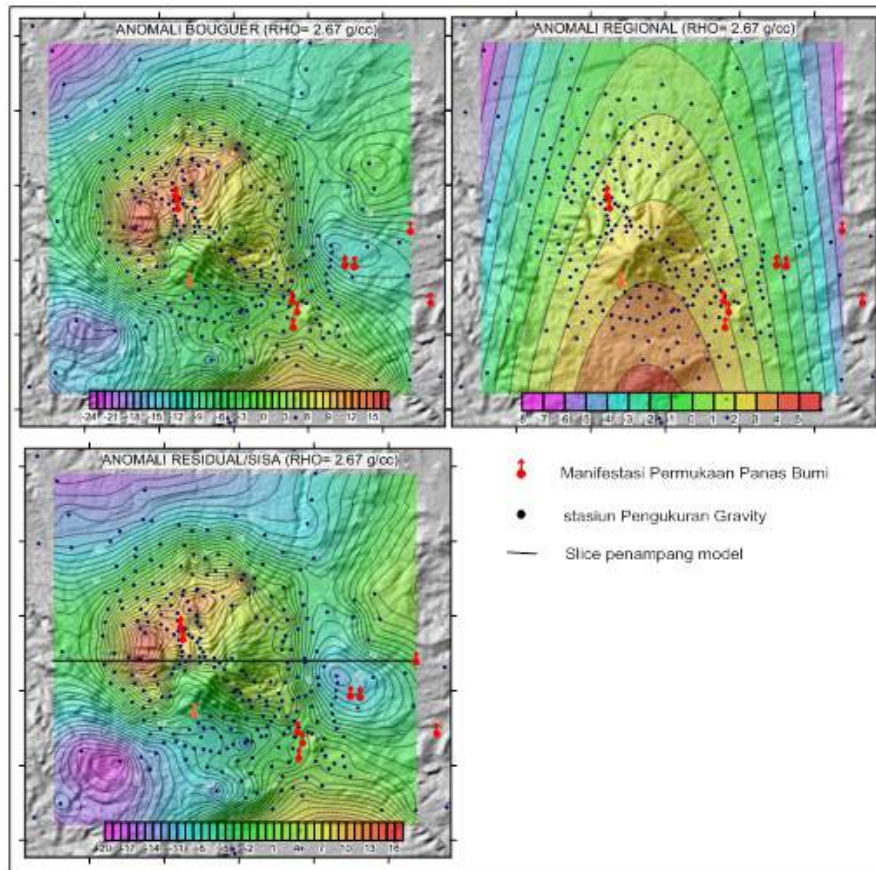
Penyelidikan terdahulu menggunakan geotermometer air panas untuk memperkirakan temperatur resevoir. Hasil estimasi temperatur reservoir dengan geotermometer air panas berkisar ±189-236°C. Hasil ini memiliki rentang temperatur yang cukup lebar. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, penulis menggunakan geotermometer gas. Penggunaan ini didasari dari komposisi gas dari fumarol Gedongsongo yang mencirikan adanya pengaruh unsur magmatis dengan temperatur lebih dari 300°C. Hasil penghitungan dengan geotermometer gas diperoleh temperatur



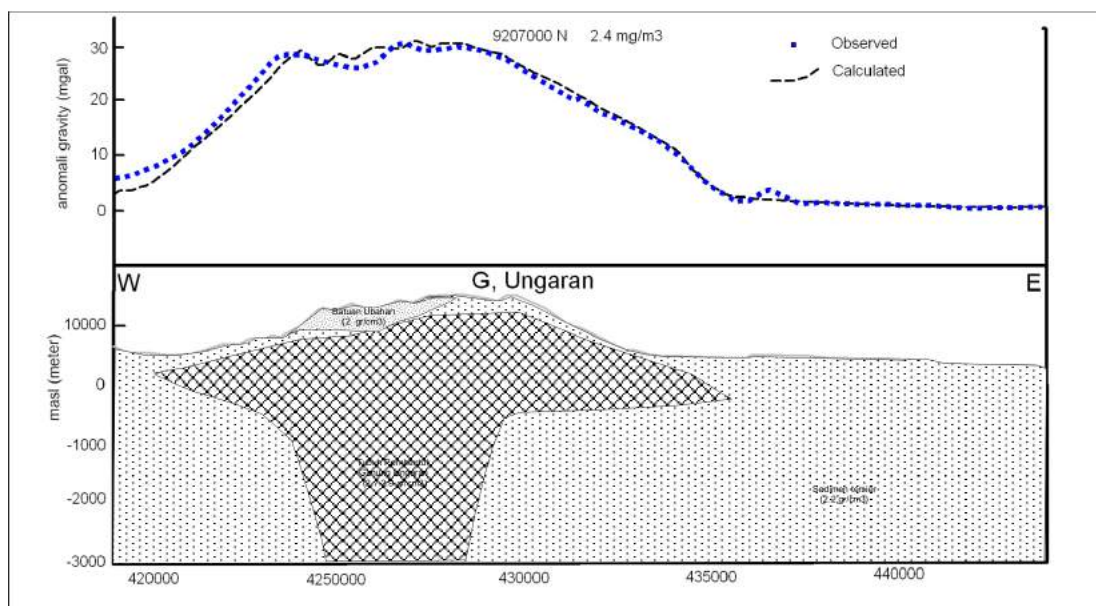
Gambar 1. Peta Geologi daerah Ungaran (modifikasi dari Hadisantono dan Sumpena,1993; Thaden dkk., 1996)



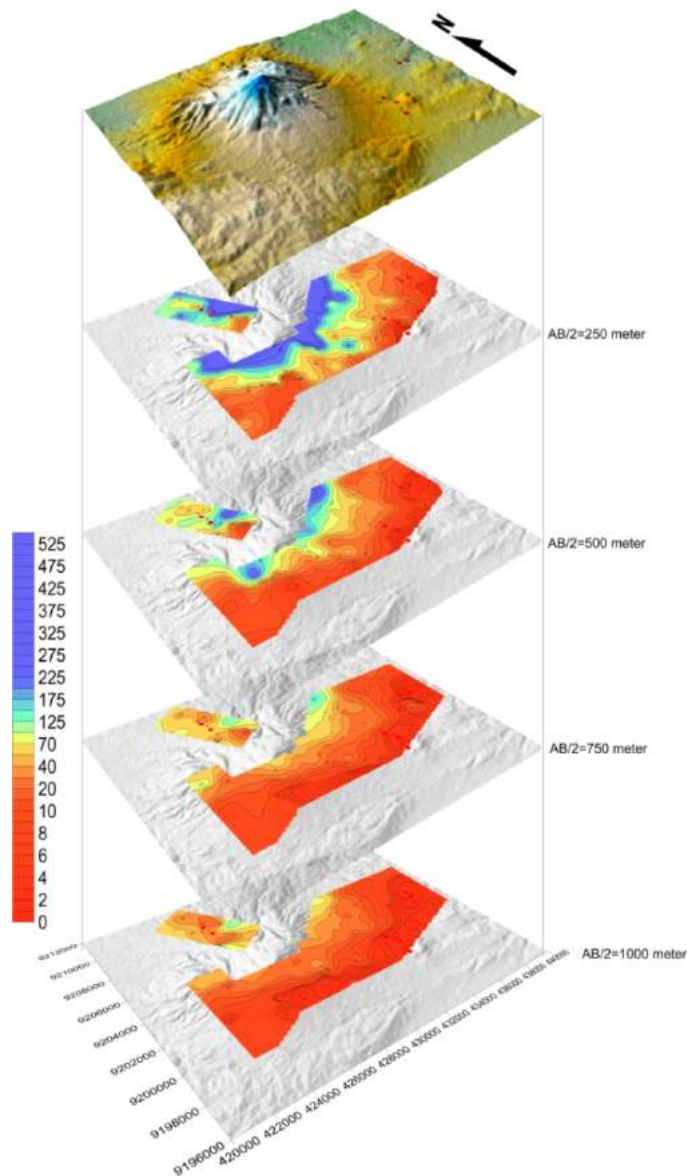
Gambar 2. Plot data Geotermometer gas $CO_2/Ar - H_2/Ar$ pada diagram Giggenbach, (1984)



Gambar 3. Peta Anomali Bouguer, Peta Anomali Regional, dan Peta Anomali Residual/Sisa daerah penelitian (Modifikasi dari: Pertamina, 1986)



Gambar 4. Penampang model gaya berat 2D Gunung Ungaran (Modifikasi dari: Pertamina, 1986)



Gambar 5. Peta tahanan jenis semu hasil proses dan interpretasi ulang

reservoir di Gedongsongo sekitar 270°C (Gambar 2).

Geofisika

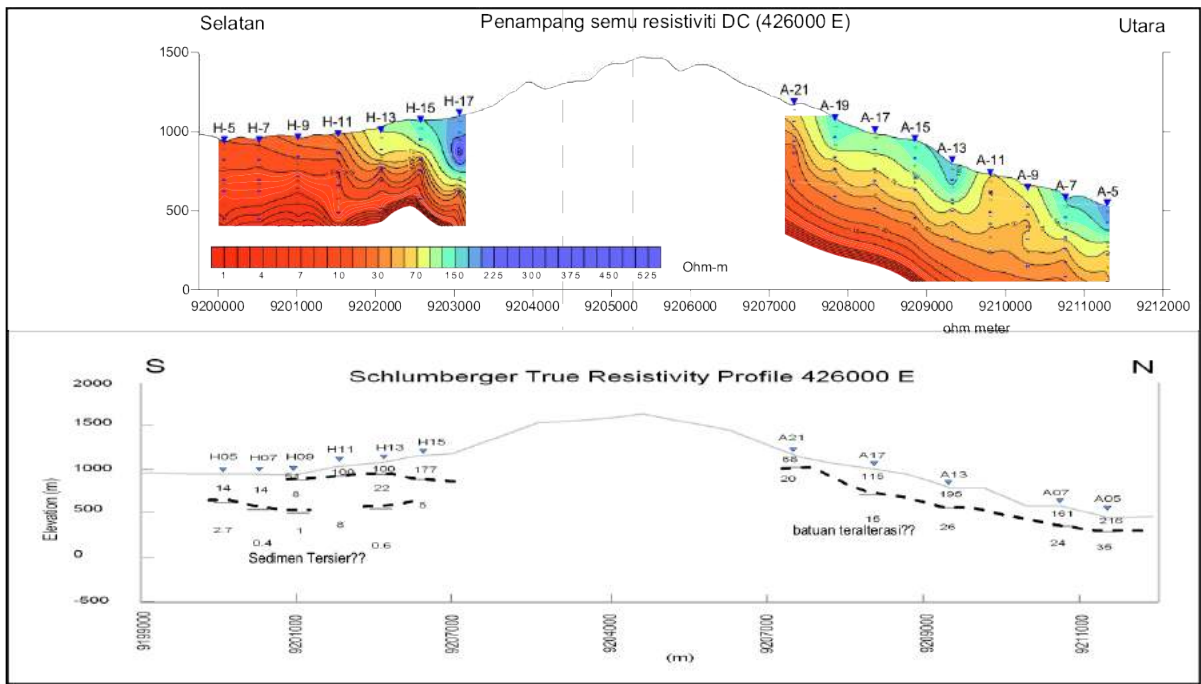
Gaya Berat

Peta anomali Bouguer densitas 2,67 gr/cm³ (Gambar 3) memperlihatkan pola kontur berarah barat-laut-tenggara. Anomali tinggi terkonsentrasi di sekitar Gunung Ungaran yang permukaannya terisi oleh satuan lava andesit.

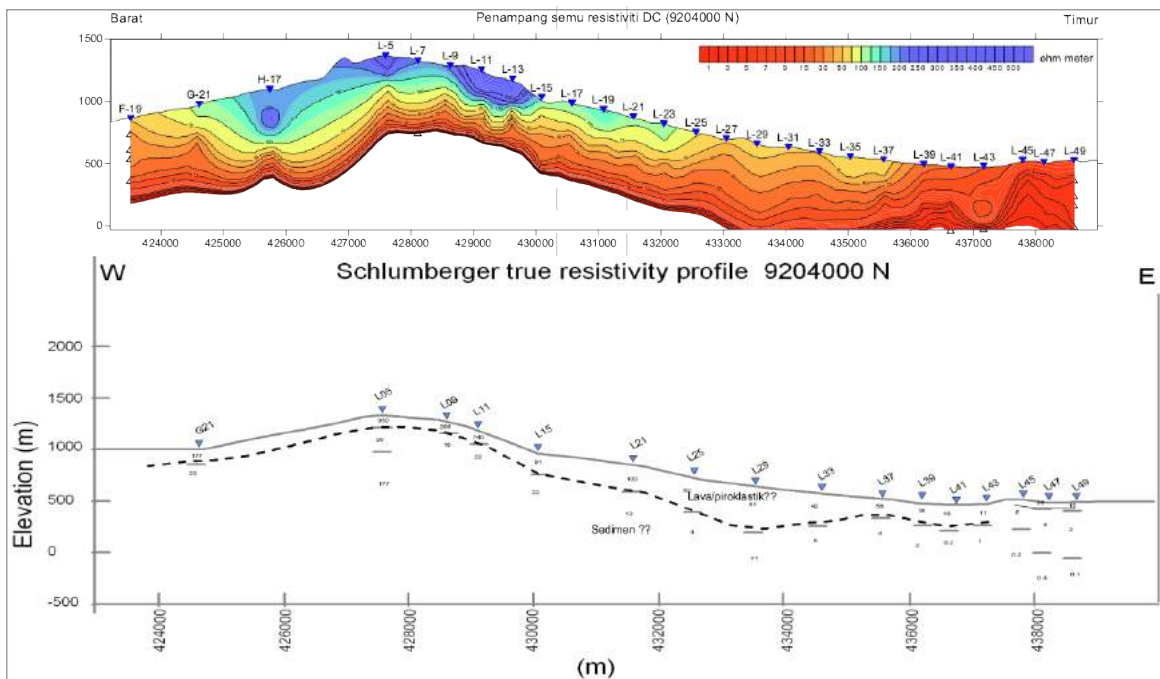
Anomali gaya berat Bouguer, regional maupun

sisa memperlihatkan anomali positif berada di sekitar Gunung Ungaran diinterpretasikan sebagai satuan batuan magmatik dan menempati zona lemah, tempat terjadi aktivitas vulkanisme.

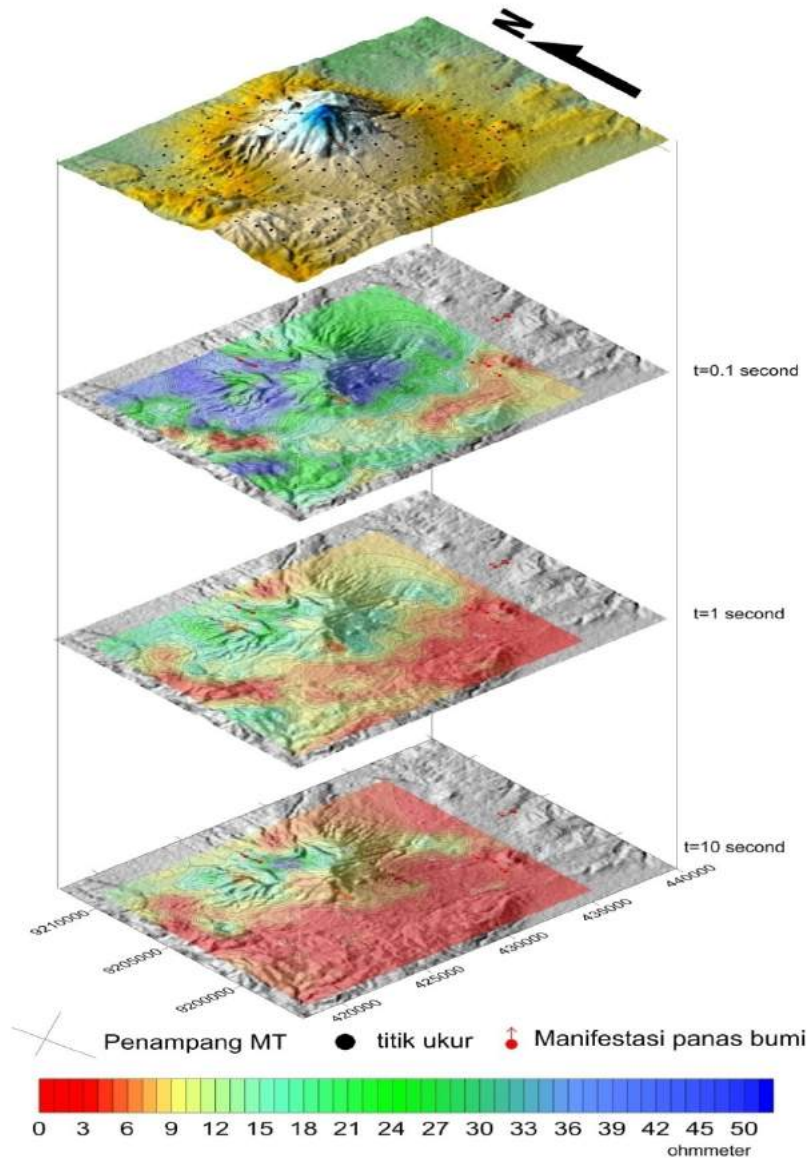
Anomali sisa yang tinggi (>10 mgal) membentuk kontur tertutup yang mencirikan adanya suatu tubuh batuan dengan densitas yang kontras dari sekitarnya di utara Gunung Ungaran. Interpretasi model 2D (Gambar 4) memperlihatkan tubuh dengan densitas 2,72,9 gr/cm³ terindikasi di bawah Gunung Ungaran



Gambar 6. Penampang tahanan jenis selatan-utara daerah penelitian



Gambar 7. Penampang tahanan jenis barat-timur daerah penelitian



Gambar 8. Peta tahanan jenis semu MT (Pertamina, 1984) dimodifikasi dan re interpretasi

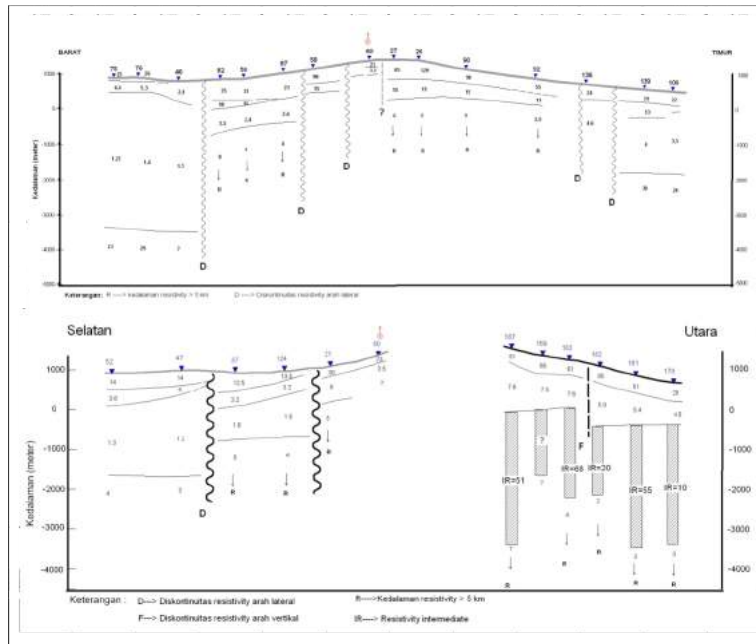
berada pada kedalaman sekitar 250 400 diduga merupakan magma yang menerobos sedimen Tersier

Geolistrik

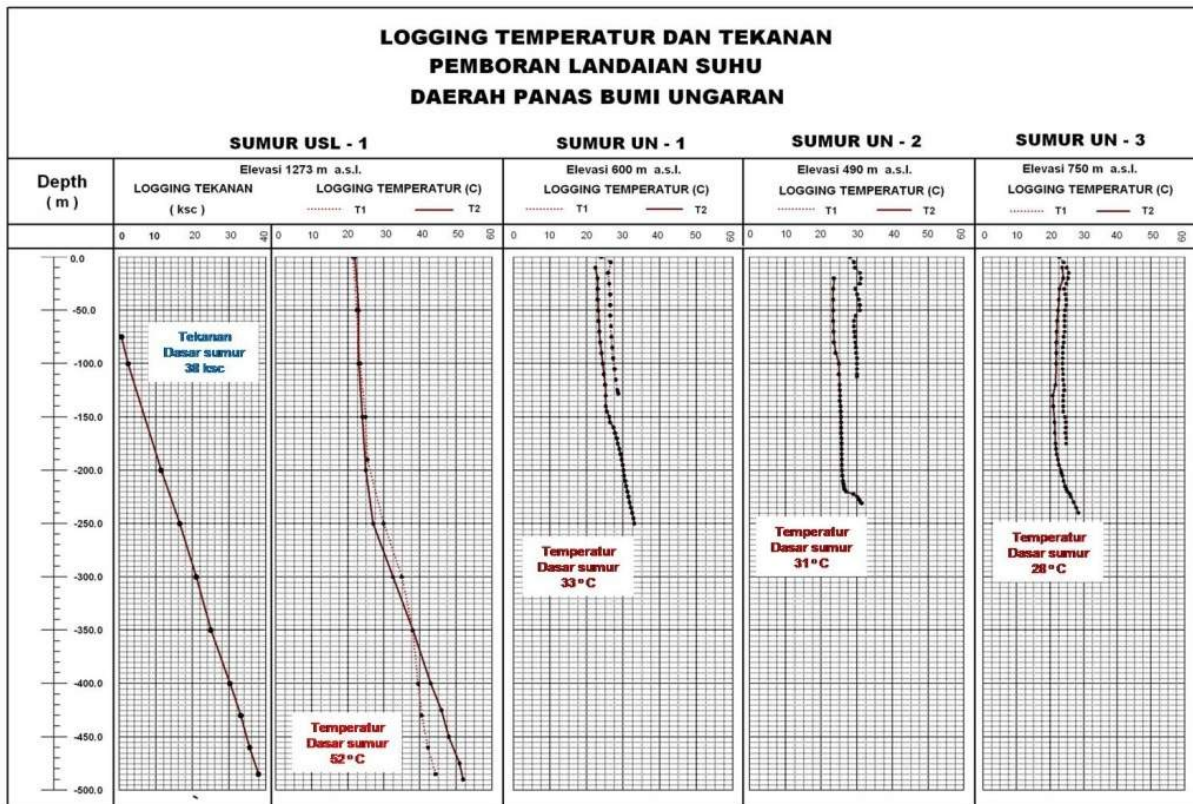
Peta tahanan jenis semu AB/2=250, 500, 750 dan 1000 meter (Gambar 5) menggambarkan nilai tahanan jenis semu tinggi menempati daerah elevasi tinggi sekitar Gunung Ungaran, dan tahanan jenis semuanya semakin menurun dengan semakin besar bentangan AB/2-nya. Anomali tahanan jenis rendah yang

terpetakan di area selatan kemungkinan akibat sedimen Tersier, sampai kedalaman 500 meter.

Penampang tahanan jenis berarah selatan-utara (Gambar 6) dan barat-timur (Gambar 7), memperlihatkan penurunan tahanan jenis dengan bertambahnya kedalaman dan mempertegas keberadaan anomali rendah di bagian selatan dan timur. Penampang berarah selatan-utara menunjukkan bagian selatan dan timur terdapat lapisan batuan dengan kisaran nilai tahanan jenis 5-20 ohmmeter sampai kedalaman 500 meter, dan diikuti anomali sangat rendah di <5 ohmmeter



Gambar 9. Penampang tahanan jenis MT (Pertamina, 1984) dimodifikasi dan re interpretasi



Gambar 10. Logging temperatur dan tekanan sumur USL1, UN1, UN2, UN-3 (Pertamina,1987)

yang menerus ke bawah. Di sisi utara, nilai tahanan jenis >20 ohmmeter berada di kedalaman di bawah 250 meter.

Magnetotelurik (MT)

Tahanan jenis semu MT menunjukkan tahanan jenis rendah menempati bagian selatan dan tenggara Gunung Ungaran (Gambar 8) dan memiliki kecenderungan penurunan nilai anomali. Anomali rendah di selatan dan tenggara ini diduga berasosiasi dengan sedimen Tersier

Di area manifestasi Nglimut dan Gedongsongo nilai tahanan jenis relatif tinggi dibanding sekitarnya dan membentuk pola kontur tertutup dengan nilai >25 ohmm dan bergradasi meningkat ke arah puncak Gunung Ungaran

Struktur lapisan batuan (Gambar 9) menunjukkan lapisan batuan dengan tahanan jenis >20 ohmm yang diduga sebagai batuan piroklastik dengan ketebalan yang bervariasi antara 250-500 meter. Lapisan ini diikuti dibawahnya oleh lapisan batuan konduktif dengan tahanan jenis yang mayoritas bernilai <10 ohmm. Ketebalan lapisan ini belum dapat dipastikan secara pasti karena masih menerus ke kedalaman.

Di daerah sekitar manifestasi Gedongsongo, lapisan konduktif disisipi oleh lapisan batuan dengan tahanan jenis 11 15 ohm meter yang bergradasi secara vertikal maupun horizontal. Sedangkan di daerah Nglimut terindikasi 2 lapisan batuan, lapisan batuan dengan tahanan jenis relatif tinggi >30 ohmmeter yang kemungkinan merupakan batuan produk vulkanik Ungaran yang termuda dengan tebal sekitar 200 meter, kemudian di ikuti lapisan batuan konduktif (<10 ohmmeter) dan lapisan batuan bertahanan jenis intermedian >20 Ohmmeter. Sisipan lapisan konduktif ini yang diperkirakan sebagai zona penudung dari sistem panas bumi Ungaran sedangkan lapisan di bawahnya diduga merupakan resevoir.

Pengeboran Landaian Suhu

Hasil logging temperatur dari keempat lubang sumur landaian suhu memperlihatkan hasil yang berlainan (Gambar 10). Sumur USL-1 mempunyai nilai landaian suhu tertinggi yaitu mencapai 10,4°C/100 m atau lebih kurang tiga kali landaian suhu normal dan temperatur di dasar sumur USL-1 tercatat 52°C dan tekanan 38 kg/cm² (ksc). Sumur ini terletak di sebelah selatan manifestasi fumarol Gedongsongo dengan jarak sekitar 1 km.

Lokasi pemboran UN-1 terletak di kawasan manifestasi Kendalisodo. Korelasi lateral sumur pemboran memperlihatkan bahwa landaian temperatur di sumur UN-1 memiliki trend naik, hal

ini memperkuat dugaan bahwa di daerah Kendalisodo terdapat suatu sistem geothermal tersendiri terpisah dengan sistem di Gedongsongo dan Nglimut.

DISKUSI

Sistem panas bumi

Berdasarkan hasil analisis data geologi, geokimia, geofisika serta pemboran landaian suhu, sistim panas bumi Ungaran merupakan sistim panas bumi yang terbentuk di kompleks vulkanik, dengan batuan penudung berupa batuan vulkanik Gunung Ungaran yang telah berubah dengan ubahan berupa mineralmineral haloisit, kaolinit, silika amorf, kristobalit, illit, markasit, dan pirit. Berdasarkan interpretasi metoda MT, batuan yang berfungsi sebagai lapisan penudung ini adalah lapisan konduktif (<10 ohmm) dengan ketebalan sekitar 300 - 500 m di daerah Nglimut dan sekitar 1400 m di daerah Gedongsongo.

Litologi pembentuk reservoir diduga merupakan batuan vulkanik pra-Ungaran dan sedimen Tersier yang kaya akan rekahan dan bersifat permeabel yang terbentuk akibat aktifitas struktur sesar yang ada atau akibat sifat fisik batuan itu sendiri yang banyak mengandung pori (porous) terutama pada batuan sedimen klastik. Top reservoir berada pada ketinggian sekitar 300 m di atas permukaan laut, dengan tahanan jenis > 30 ohm-m (berdasarkan MT).

Berdasarkan data geologi regional dan didukung oleh data MT, batuan alas (basement rock) di daerah Ungaran diperkirakan merupakan batuan sedimen laut, batuan ini memiliki sifat permeabilitas serta porositas yang baik. Permeabilitas yang terdapat dalam batuan ini adalah permeabilitas primer berupa ruang antar butir yang saling berhubungan serta permeabilitas sekunder yang terbentuk akibat rekahan-rekahan.

Berdasarkan geologi dan didukung hasil geofisika, sumber panas sistem panas bumi Gedongsongo dan Nglimut diduga sisa panas dari dapur magma Gunung Ungaran Muda berumur Kuartar yang dicirikan oleh adanya anomali Bourguer tinggi di daerah ini. Sedangkan di daerah Kendalisodo sumber panas diperkirakan berasal dari tubuh intrusi yang berasosiasi dengan kubah lava andesitik Gunung Kendalis.

Deliniasi prospek

Zona prospek panas bumi deliniasi berdasarkan evaluasi data geosain dan data sumur landaian suhu USL-1. Hasil kompilasi menunjukkan tiga kelompok daerah prospek panas bumi di sekitar Ungaran: Gedongsongo

(baratdaya), Nglimut (barat laut) dan Kendalisodo (tenggara). Daerah prospek Gedungsongo dan Nglimut diperkirakan masih satu sistem panas bumi yang berasosiasi dengan Gunung Ungaran, sedangkan daerah prospek Kendalisodo merupakan sistem terpisah dari kedua sebelumnya.

Deliniasi prospek panas bumi Gedungsongo memiliki luas sekitar 4 km² sedangkan daerah Nglimut memiliki luas daerah prospek sekitar 6 km² sehingga total luas prospek yang diperoleh dari kompilasi anomali geologi, geokimia dan geofisika adalah 10 km² (Gambar 11).

Penghitungan Potensi

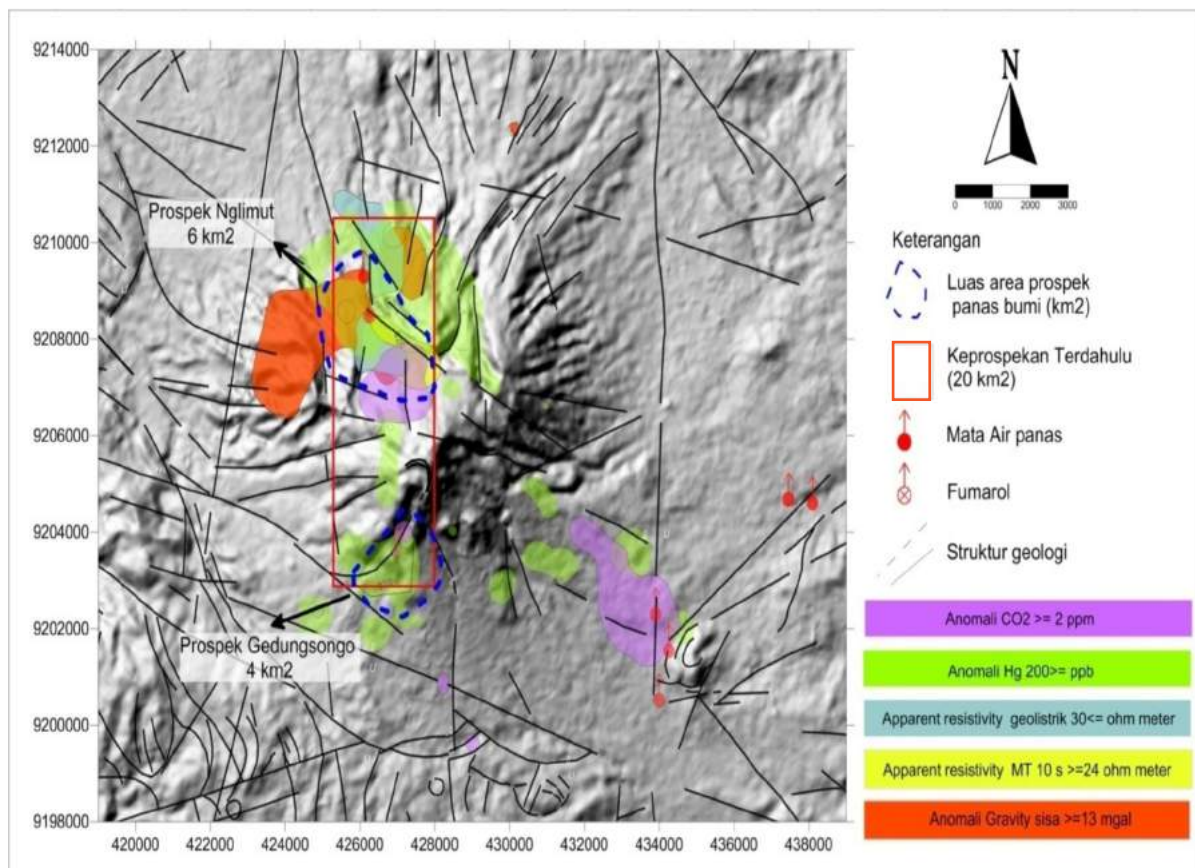
Estimasi potensi dihitung dengan metode volumetri (Tabel 1) dengan asumsi *recovery factor* 25 %, *life time* 30 tahun, temperatur reservoir 270 °C, temperatur *cut off* 180°C maka potensi panas bumi Ungaran diperkirakan sebesar 110 MWe.

KESIMPULAN

Sistem panas bumi Gunung Ungaran berkaitan erat dengan aktivitas vulkanik Gunung Ungaran. Yang merupakan gunung aktif B yang mempunyai suhu tinggi dengan perkiraan temperatur resevoir 270 °C. Lapisan penudung masih terdeteksi sampai dengan ketinggian 300 dpl yang berarti resevoir sistem panas bumi ungaran berada di bawah kedalaman sekitar 1300 m. Luas area prospek panas bumi Gunung Ungaran sekitar 10 km² dengan besar potensi 110 MWe.

UCAPAN TERIMAKASIH

Dalam proses penulisan paper ini, kami mengucapkan terima kasih kepada Bapak Safra Dwipa dan Kasbani yang telah banyak memberikan masukan dalam penyelesaian paper serta semua staf Pusat Sumber Daya Geologi khususnya staf-staf di kelompok kerja bidang panas bumi yang turut serta dalam



Gambar 11. Deliniasi zona prospek panas bumi berdasarkan geofisika, geologi dan geokimia

Tabel 1.
Penghitungan metode volumetri potensi panas bumi Ungaran

Parameter		Nilai	Ket.	PENGHITUNGAN VOLUMETRI (STORED HEAT)	
				SNI 13-6171-1999	
Area (km ²) =	10			Energi Initial batuan =	9.842E+15 kJ
Thickness (m) =	1500			Energi initial Uap =	7.831E+09 kJ
Rock Dens. (kg/m ³) =	2700			Energi initial Air =	1.228E+15 kJ
Rock Heat Cap. (kJ/(kg.°C)) =	1				
Steam density Init. (kg/m ³) =	28.07	lihat secara table		Energy Total Initial =	1.107E+16 kJ
Steam Enthalpy Init. (kJ/kg)	2789.7	lihat secara table			
Water density Init. (kg/m ³) =	767.46	lihat secara table		Energi Final batuan =	6.561E+15 kJ
Water Enthalpy Init. (kJ/m ³) =	1185.1	lihat secara table		Energi Final Uap =	1.003E+10 kJ
Steam density Final (kg/m ³) =	5.16	lihat secara table		Energi Final Air =	3.046E+14 kJ
Steam Enthalpy Final (kJ/m ³) =	2777.2	lihat secara table			
Water density Final (kg/m ³) =	887.01	lihat secara table		Energy Total Final =	6.866E+15 kJ
Water Enthalpy Final (kJ/m ³) =	763.2	lihat secara table			
Rock Porosity (fract, %) =	10.0%			Energy Total Max =	4.204E+15 kJ
Temperatur INITIAL (deg-C) =	270				
Temperatur FINAL (deg-C) =	180			Energy Recoverable =	1.051E+15 kJ
Water Sat. Init. (fract) =	90%				
Water Sat. Fina. (fract) =	30%				
RF (fract) =	25%				
Elect. Eff. (fract) =	10%				
Life Time (years) =	30				
				POTENSI :	111 MW_e

DAFTAR PUSTAKA

Djoko Sunaryo & Suranto, 1983, Laporan Pendahuluan geologi daerah Gunung Ungaran, Jawa Tengah. Unpublish report Pertamina, Divisi Geotermal, Jakarta.

Djoko Hantono, Suroto & Soenaryo. 1987, Evaluasi akhir survey geokimia daerah Ungaran Jawa Tengah. Unpub. report Pertamina, Divisi Geotermal, Jakarta.

Geoco 1984. Magnetotelluric survey for geo- thermal exploration in G. Ungaran Area. Central Java. Unpublished report Pertamina, Divisi Geotermal, Jakarta.

Indarto, Sri. 2006. Studi Batuan Vulkanik dan Batuan Ubahan Pada Lapangan Panas bumi Gedong-songo Komplek Gunung Ungaran, Geotek, LIPI.

Muhardjo, Edy Saputra Rab, Rusdi Yusup, Yuhan & Hery Sundoto. 1987. Laporan penyelidikan geologi daerah panas bumi G. Ungaran jawa Tengah. Unpub. report, Direktorat Vulkanologi, Bandung.

Nukman, M. 2009. Overview of Gedong-songo Manifestations, Ungaran Geothermal Prospect, Central Java, Indonesia: a preliminary account, Thirty-Fourth Workshop on Geo-thermal Reservoir Engineering Stanford University, Stanford, California.

N. V. Alico 1985. Ungaran resistivity survey, field and interpretation report. Unpub. Report. Pertamina, Divisi Geotermal, Jakarta.

PT. Sumber Daya Bumi. 1991. Survei Hg CO2 di daerah Ungaran, Jawa Tengah. Unpub report Pertamina, Divisi Geotermal, Jakarta.

P.T. Trias Jaya Guna 1986. Penyelidikan gayaberat Gunung Ungaran, Jawa Tengah. Unpubl. report Pertamina, Divisi Geotermal, Jakarta.

P.T. Geoservices (Ltd). 1985. Laporan Pengkajian Foto udara daerah Gunung Ungaran , Jawa Tengah.

Unpublished report Pertamina, Divisi Geothermal, Jakarta.

P.T. Trias jayaguna 1984. Petrographic description of surface rock samples from Gunung Ungaran, Central Java. Unpublished report Pertamina, Divisi Geothermal, Jakarta.

Thaden, R.E., Sumadirja, H. and Richards P.W. 1975, Peta Geologi lembar Magelang dan Semarang, Jawa.

Van Bemmelen, R.W. 1949. The geology old Indonesia. TheHagu Martinus Nijhoff .

Diterima tanggal 11 Oktober 2011 Revisi tanggal 23 Nopember 2011
