

PEMODELAN STEADY STATE SISTEM PANAS BUMI DAERAH SUMBER AIR PANAS DIWAK-DERAKAN DENGAN MENGGUNAKAN SOFTWARE HYDROTHERM 2.2

Aditya Firdaus¹⁾, Udi Harmoko¹⁾ dan Sugeng Widada²⁾

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

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

E-mail: adityafirdaus67@yahoo.com

ABSTRACT

Steady State Modeling has been done hot springs Diwak-Derekan using Hydrotherm 2.2 software which aims to model numerically geothermal system Diwak-Derekan in Steady State conditions. The results form the output of Hydrotherm 2.2 Temperature Distribution and visualization of the data carried Temperature Distribution.

Extent of the study area is 16 km x 16 km, where there is a buffer area in the outer portion of the study area. then made construction research area consisting of several slice and block research. Used topographic data using secondary data, and topographic data modeling made in accordance with the slice. Each slice of the construction area made initial research model that contains the physical parameters. Due to the limitations of the data parameters of physics, then some physical parameters of the data analogous to data from Mount Merapi and soil mechanics research data Diponegoro University Dam, physical parameters and the data is made in the form of program listings in the form of input for software Hydrotherm which Hydrotherm Software run the program until the year to 200,000 by year interval 10,000 years.

The results of data visualization is seen that the temperature distribution for the data in the year to 80,000 and so no change is significant, this indicates that in the year to 80,000 already reached Steady State conditions. Khono (2000) said, geothermal system reach steady state condition between 200.000-500.000 years, its because using analogical data from Merapi Vulcano and ground mechanic Diponegoro University dam. Manifestations of geothermal systems around the emergence of hot water Diwak-Derekan a geothermal system associated with sediments. This is confirmed by studies based on the gravity method which is done around the study area, where there are faults trending down southwest - northeast parallel to Kali and Kali Jumbleng Klampok, where after a qualitative interpretation there are 4 layers of rock, where the top layer is sediment layer has a depth of about 3 km.

Keywords: *geothermal, fault, Distributions Temperature, geothermal systems, Steady State.*

ABSTRAK

Telah dilakukan Pemodelan Steady State sumber mata air panas Diwak-Derekan dengan menggunakan software Hydrotherm 2.2 yang bertujuan untuk memodelkan secara numerik sistem panasbumi Diwak-Derekan dalam kondisi Steady State. Hasil output dari Hydrotherm 2.2 berupa Distribusi Temperatur, lalu dilakukan visualisasi terhadap data Distribusi Temperatur.

Luasan area penelitian adalah 16 km x 16 km, dimana terdapat area buffer di bagian terluar area penelitian. lalu dibuat kontruksi area penelitian yang terdiri dari beberapa slice dan blok penelitian. Data topografi yang digunakan menggunakan data sekunder, lalu data topografi buat pemodelannya sesuai dengan slicenya. Setiap slice dari konstruksi area penelitian dibuat Initial Model yang berisi parameter-parameter fisika. Karena keterbatasan data parameter-parameter fisika yang ada, maka sebagian data parameter-parameter fisika dianalogikan dengan data dari Gunung Merapi dan data penelitian mekanika tanah Waduk Universitas Diponegoro, data parameter fisika lalu dibuat berupa listing program yang berupa masukan untuk software Hydrotherm yang mana Software Hydrotherm menjalankan program sampai tahun ke 200.000 dengan interval tahun 10.000 tahun.

Hasil dari visualisasi data distribusi temperatur terlihat bahwa untuk data pada tahun ke- 80.000 dan seterusnya tidak terjadi perubahan yang signifikan, hal ini mengindikasikan bahwa pada tahun ke- 80.000 sudah tercapai kondisi yang Steady State, menurut Khono (2000) suatu sistem panas bumi akan mencapai kondisi yang steady berkisar antara 200.000 – 500.000 tahun, sedangkan pada hasil penelitian didapatkan kondisi yang steady pada tahun ke 50.000, hal ini karena disebabkan oleh error dimana data parameter fisika sebagian besar dianalogikan dengan data Gunung Merapi dan data pengukuran mekanika tanah Waduk Universitas Diponegoro. Sistem panasbumi disekitar kemunculan

manifestasi air panas Diwak-Derakan merupakan sistem panas bumi yang berasosiasi dengan lapisan sedimen. Hal ini dikuatkan dengan penelitian berdasarkan metode Gravitasi yang dilakukan disekitar daerah penelitian, dimana terdapat sesar turun yang berarah baratdaya-timurlaut yang sejajar dengan Kali Jumbleng dan Kali Klampok, dimana setelah dilakukan interpretasi secara kualitatif terdapat 4 lapisan batuan, dimana lapisan paling atas merupakan lapisan sedimen yang memiliki kedalaman sekitar 3 km.

Kata kunci: panasbumi, sesar, Distribusi Temperature, sistem panasbumi, Steady State.

PENDAHULUAN

Panasbumi merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarukan dan sangat berpotensi untuk diproduksi di Indonesia. Hal ini disebabkan Indonesia memiliki lingkaran sabuk gunungapi sepanjang lebih dari 7000 km yang memiliki potensi panasbumi yang besar [1]. Secara spesifik jumlah gunungapi sebanyak 129.

Munculnya manifestasi berupa mata air panas-hangat di daerah Diwak, tentu memicu untuk dilakukan penelitian tentang interpretasi bawah permukaan menggunakan metode geofisika. Adapun penelitian yang dilakukan adalah membuat pemodelan steady state aliran fluida sistem panas bumi. Pemodelan ini dapat menduga nilai distribusi temperatur dari sistem panasbumi yang ada. Dengan memadukan hasil pemodelan steady state dengan informasi pendukung yaitu data geologi, kenampakan di lapangan, serta hasil penelitian yang sudah dilakukan di sekitar daerah penelitian, maka diharapkan dapat dihasilkan sebuah pemodelan steady state aliran fluida bawah permukaan yang mampu menerangkan pembentukan sistem panasbumi di daerah penelitian [8].

Terdapat manifestasi panasbumi yang muncul di daerah Diwak Kecamatan Bergas Kabupaten Semarang berupa mata air panas-hangat. Penelitian mengenai studi geofisika terpadu di lereng selatan Gunung Ungaran juga menyatakan Diwak merupakan salah satu lapangan panasbumi [1].

Pemodelan steady state merupakan suatu pemodelan yang menunjukkan Distribusi Temperatur yang melibatkan parameter fisika seperti densitas, permeabilitas, heat capacity, temperatur permukaan, dan porositas. Didalam pemodelan steady state ini tidak terdapat heat source. Diharapkan hasil dari pemodelan steady

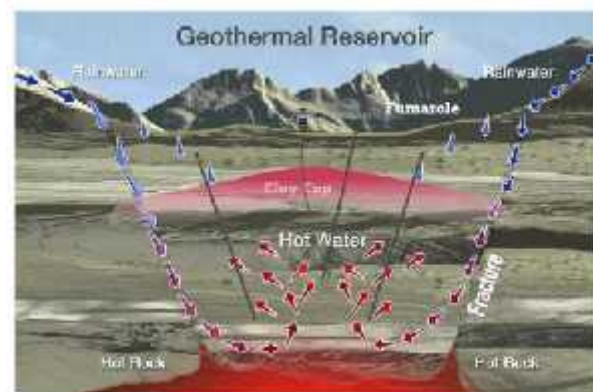
state ini mampu memodelkan sistem panasbumi yang ada di sekitar kemunculan manifestasi air panas Diwak dan Derakan.

DASAR TEORI

Geotermal

Energi panasbumi adalah energi panas alami dari dalam bumi yang ditransfer ke permukaan bumi secara konduksi dan konveksi. Sistem panas bumi merupakan perpindahan panas alami dalam volume tertentu dari kerak bumi dari sumber panas ke tempat pelepasan panas, yang umumnya adalah permukaan tanah [2].

Walaupun secara umum di bawah permukaan bumi terdapat sumber panas, namun tidak semua lokasi menyimpan energi geotermal. Energi geotermal hanya terdapat pada lokasi yang memiliki sistem geotermal (gambar 1).



Gambar 1. Model Sistem Geotermal [3]

Sistem geotermal terdiri dari tiga elemen utama: (1) batuan reservoir yang permeabel, (2) air yang membawa panas dari reservoir ke permukaan bumi, dan (3) sumber panas [4]. Selain itu, Hal esensial yang dibutuhkan untuk keberadaan sistem geotermal adalah (1) sumber

panas yang besar, (2) reservoir untuk akumulasi panas, (3) batuan penudung (*cap rock*) untuk menjaga akumulasi panas [5].

Sistem Geothermal

Panas yang ada di dalam bumi ditimbulkan oleh reaksi nuklir fusi pada inti bumi. Peluruhan isotop radio aktif seperti potasium, uranium, dan thorium secara terus menerus menghasilkan panas dari dalam bumi. Panas itu kemudian berdifusi hingga ke permukaan bumi. Difusi panas yang berupa heat transfer terjadi melalui beberapa cara yaitu konveksi dan konduksi. Transfer panas di bawah litosfer kebanyakan melalui konveksi dan di litosfer melalui konduksi [5]. Panas ditransfer melalui konveksi oleh magma dan lelehan batuan (*molten rock*) dimana temperatur magma mendekati 1000 oC dan berinteraksi dengan batuan di dekat permukaan. Apabila ada zona yang permeable (memungkinkan lewatnya material geotermal, akan muncul ke permukaan sebagai manifestasi permukaan seperti fumarol, hot spring, mud pool, geysir, dan lain- lain. Di bagian atas dari sumber panas (*heat source*) terdapat zona dengan porositas tinggi, tertutup oleh lapisan batuan dengan permeabilitas rendah (yang disebut *cap rock*). Zona ini disebut sebagai reservoir geotermal.

Manifestasi Permukaan

Manifestasi permukaan adalah tanda-tanda alam yang nampak dipermukaan sebagai petunjuk awal adanya aktivitas panas bumi di bawah permukaan tanah. Bentuk manifestasi permukaan antara lain berupa hot spring (mata air panas), ground warm (permukaan tanah yang hangat), fumarole (gas panas yang keluar dari tanah). Warna kuning yang ada disekitar fumarole disebabkan oleh akumulasi kristal sulfur atau belerang sebagai akibat proses pendinginan uap sulfur saat uap itu keluar dari lubang dan bersentuhan dengan udara bebas yang temperaturnya lebih dingin dibanding dengan temperatur dibawah tanah. Akumulasi kristal sulfur tersebut dinamakan solfatara [9].

Sesar

Sesar adalah rekahan pada batuan yang telah memperlihatkan gejala pergeseran pada kedua belah sisi bidang rekahan [9]. Dalam klasifikasi sesar dipergunakan pergeseran relative karena tidak tahu blok mana yang bergerak. Satu sisi sesar bergerak kearah tertentu relatif terhadap sisi lainnya. Pergeseran salah satu melalui bidang sesar membuat salah satu blok relatif naik terhadap lainnya atau relative turun terhadap lainnya. Blok diatas bidang sesar disebut hanging wall sedangkan yang dibawah foot wall. Berdasarkan kinematikanya, sesar dibedakan menjadi sesar normal, sesar naik (*reverse fault* atau *thrust fault*) dan sesar mendatar (*strike-slip fault*).

Software Hydrotrem 2.2

Proses perjalanan dalam sistem hydrothermal-magmatik terdiri dari satu atau dua fase aliran dari fluida pada range temperatur antara 0 sampai yang paling tinggi 1000°C dan range tekanan samapi beberapa kilobars. Pemodelan aliran fluida pada sistem ini perhitungannya sangat susah karena parameter dari air berubah mengikuti perubahan yang searah dengan perubahan temperatur dan tekanan. Pemodelan kuantitatif dari sistem hidrotermal-magmatik hanya dapat dilakukan pada satu fase atau dua fase aliran.

Hydrothrem memungkinkan untuk dapat melakukan proses secara bersamaan atau lebih dari satu proses sekaligus. Hydrotherm juga dapat melakukan proses multi seperti mampu mensimulasikan pada temperatur yang tinggi, proses multi fase yang semuanya diasumsikan pada sirkulasi aliran fluida yang mana fluida disini adalah air murni.

METODE PENELITIAN

Pemodelan *Steady State* dilakukan untuk mendapatkan distribusi temperatur, dimana dalam pemodelan ini dapat memperhitungkan distribusi temperatur samapai beberapa tahun kedepan, dalam penelitian ini dilakukan perhitungan distribusi

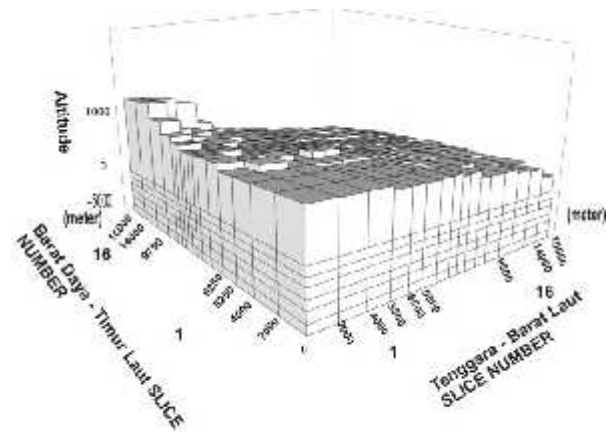
temperatur sampai dengan 200.000 tahun dengan interval 10.000 tahun.

Instrumen utama yang digunakan dalam pemodelan *Steady State* ini adalah perangkat komputer, dan instrumen pendukungnya ialah *software* Google Earth, *software* Ms Excel, *software* Sakura Editor, *software* Hydrothrem 2.2, *software* Surfer 11.

Langkah pertama yang dilakukan untuk membuat pemodelan *Steady State* ini adalah pembuatan grid dan blok daerah penelitian, diaman dibuat blok daerah penelitian dengan luasan 16 km x 16 km, dengan area terluarnya sebagai area buffer. Data ketinggian merupakan data sekunder yang diambil dari *software* Google Earth. Data ketinggian yang telah didapatkan kemudian diolah dan dibuat sesuai dengan slicenya. Setelah data topografi diolah sesuai dengan slicenya, dibuat initial model. Initial model merupakan model dari daerah penelitian yang berisi parameter fisika. Data parameter fisika yang digunakan menggunakan data analogi dari Gunung Merapi dan Pengukuran Mekanika Tanah Waduk Universitas Diponegoro (kecuali data densitas dan temperatur permukaan menggunakan data dari penelitian yang telah dilakukan disekitar daerah penelitian). Selain initial temperature, dibuat juga initial temperatur. Dimana data yang digunakan adalah data temperatur permukaan [11], yang akan diperhitungkan temperaturnya sampai kedalaman 5 km. Selanjutnya dibuat *Numeric Thermal Model* atau *Listing Program*, dimana data masukan utamanya adalah data parameter fisika, initial model dan initial temperatur.

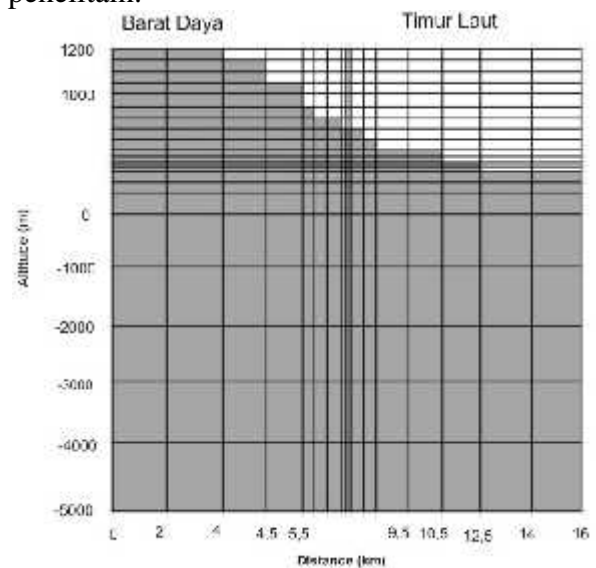
HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pembuatan blok konstruksi blok daerah penelitian dibuat pemodelan 3-D, dengan ketinggian maksimal 1200 meter, kedalam 5 km, dan luasan daerah penelitian 16 km x 16 km.

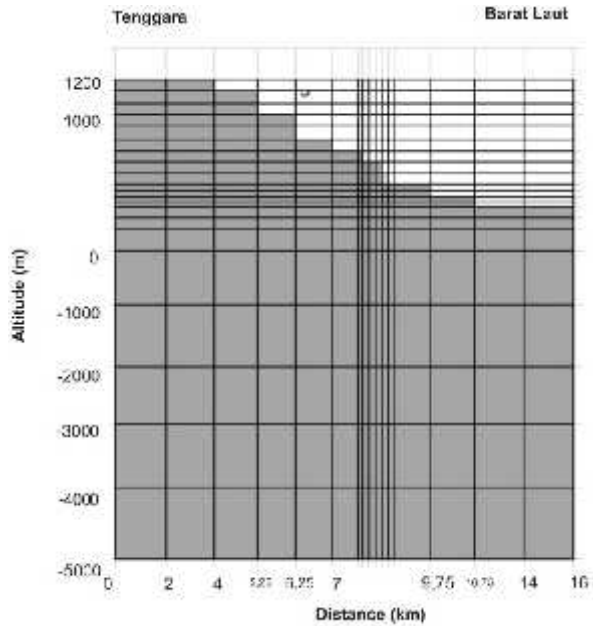


Gambar 2. Pemodelan 3-D Topografi Daerah Penelitian

Setelah dilakukannya pemodelan 3-D topografi daerah penelitian kemudian dibuat model initial 2-D secara vertikal daerah penelitian.



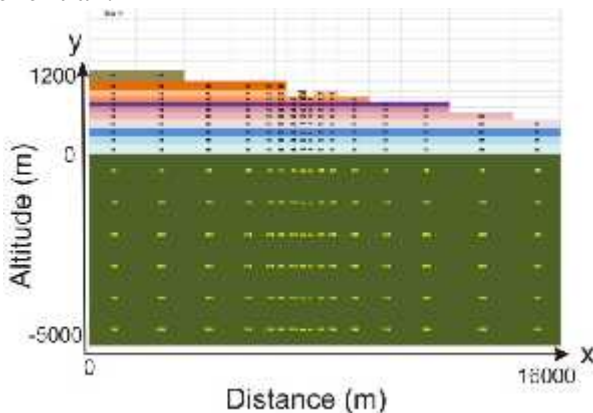
Gambar 3. Pemodelan Initial 2-D Berarah Barat Daya – Timur Laut



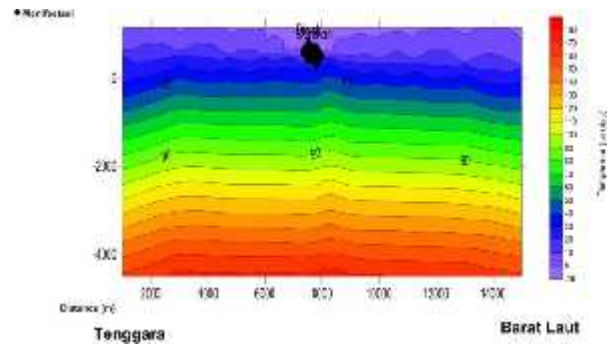
Gambar 4. Pemodelan Initial 2-D Berarah Tenggara – Barat Laut

Sebagian data *Numeric Thermal Model* atau *Listing Program* yang digunakan merupakan analogi dari data Gunung Merapi [6] dan data pengukuran mekanika tanah waduk universitas diponegoro. Analogi data digunakan karena keterbatas data parameter fisika yang ada.

Data distribusi temperatur permukaan yang didapatkan setelah dilakukan pengolahan dengan menggunakan software *Hydrothrem 2.2*, kemudian dibuat visualisasinya pada *slice 10*, karena pada *slice 10* melewati manifestasi air panas Diwak-Derekan yang menjadi fokus daerah penelitian.

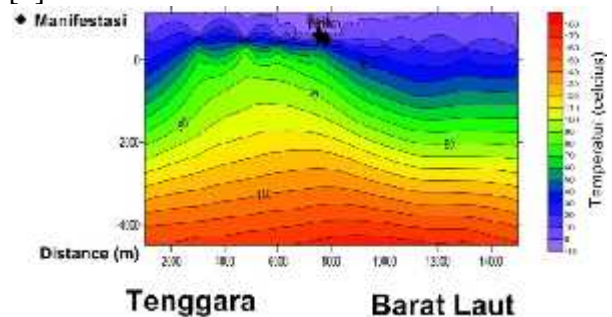


Gambar 5. Konstruksi Blok Slice 10

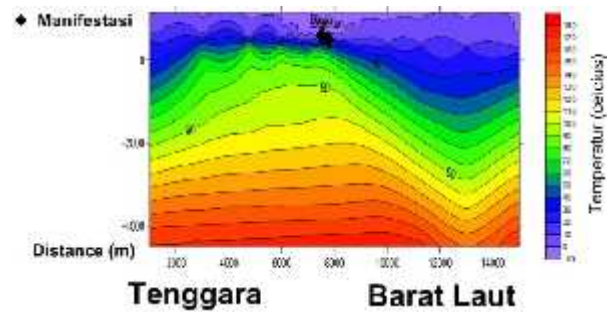


Gambar 6. Pemodelan *Steady State* Distribusi Temperatur Pada Tahun Ke- 0

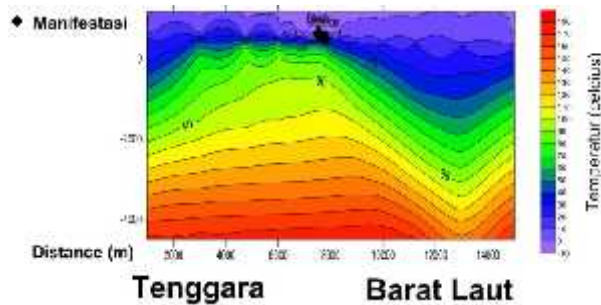
Pada gambar 5 dapat dilihat bahwa temperatur berkisar antara -10°C sampai 180°C , dimana temperatur permukaan berkisar antara 20°C sampai 30°C , hal ini sesuai dengan penelitian terdahulu disekitar daerah penelitian yang menyatakan bahwa distribusi nilai temperatur permukaan diperoleh nilai diantara $23,33^{\circ}\text{C}$ hingga $32,21^{\circ}\text{C}$, pada manifestasi air panas Diwak-Derekan diperoleh nilai temperatur sebesar $30,77^{\circ}\text{C}$ (Diwak) dan $30,64^{\circ}\text{C}$ (Derekan) pada ketinggian 441 mdpl [7].



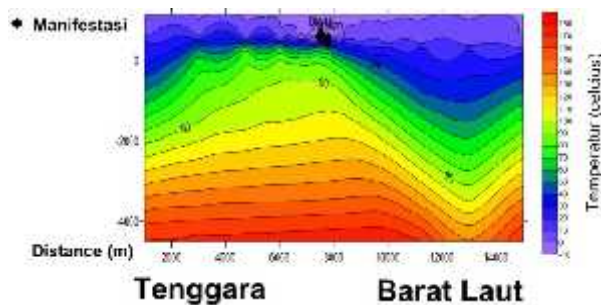
Gambar 7. Pemodelan *Steady State* Distribusi Temperatur Pada Tahun Ke- 10.000



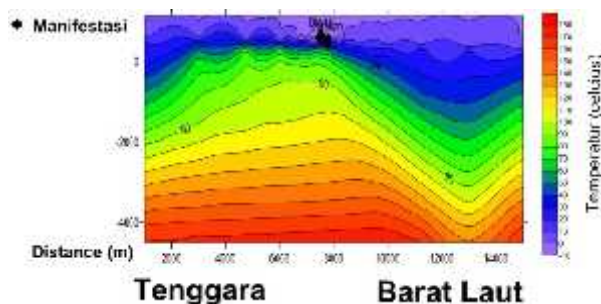
Gambar 8. Pemodelan *Steady State* Distribusi Temperatur Pada Tahun Ke- 50.000



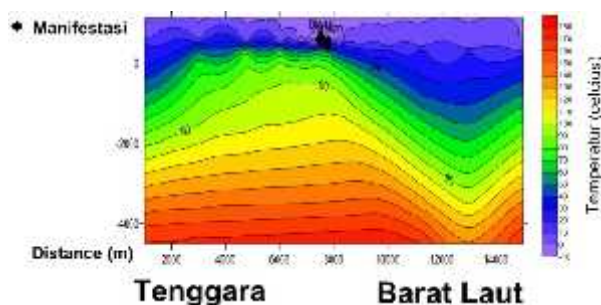
Gambar 9. Pemodelan *Steady State* Distribusi Temperatur Pada Tahun Ke- 70.000



Gambar 10. Pemodelan *Steady State* Distribusi Temperatur Pada Tahun Ke- 80.000



Gambar 10. Pemodelan *Steady State* Distribusi Temperatur Pada Tahun Ke- 90.000



Gambar 12. Pemodelan *Steady State* Distribusi Temperatur Pada Tahun Ke- 200.000

Pada gambar diatas terlihat bahwa Pemodelan *Steady State* Distribusi Temperatur pada tahun ke-80.000 dan seterusnya hampir sama,

hal ini dapat diartikan bahwa pada tahun 80.000 tahun sudah tercapai kondisi yang *Steady* pada sistem panas bumi Diwak-Derekan. Nilai temperatur yang didapatkan berkisar antara -10°C sampai dengan 180°C , temperatur di sekitar manifestasi air panas Diwak-Derekan berkisar antara 30°C sampai dengan 40°C . Suatu sistem panas bumi akan mencapai kondisi yang *steady* berkisar antara 200.000 – 500.000 tahun, sedangkan pada hasil penelitian didapatkan kondisi yang *steady* pada tahun ke 80.000, hal ini karena disebabkan oleh error dimana data parameter fisika sebagian besar dianalogikan dengan data Gunung Merapi dan data pengukuran mekanika tanah Waduk Universitas Diponegoro.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pemodelan *Steady State* yang telah dilakukan dapat diperoleh kesimpulan. Pada tahun ke- 80.000 sudah tercapai kondisi yang *Steady State*, dimana hal ini ditandai pada tahun 90.000 sampai 200.000 sudah tidak menunjukkan adanya perubahan pola distribusi temperatur, dan menurut beberapa penelitian yang telah dilakukan di sekitar manifestasi belum ditemukannya Heat Source pembentuk sistem panasbumi Diwak-Derekan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. 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.
- [2]. 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. Mc Nutt, H. Rymer dan J. Stix (eds.), Academic Press.

- [3]. Daud, Y., 2010, *Introduction to Geothermal System and Technology*, Laboratorium Geofisika FMIPA, Universitas Indonesia, Jakarta.
- [4]. Goff, F.E. dan Janik, C.J., 2000, *Encyclopedia of Volcanoes: Geothermal Systems*, Academic Press: A Harcourt Science and Technology Company.
- [5]. Gupta, H. dan Ray, S., 2007, *An Outline of the Geology of Indonesia*, IAGA, Jakarta, hal 11-36.
- [6]. Harmoko, U., Ehara, S., Fujimitsu, Y. and Nishijima, J. (2004) Change in hypocenters after the July 1998 eruption at Merapi volcano, Central Java, Indonesia. Proceedings of 2nd International Workshop on Earth Science and Technology, 21-26.
- [7]. Nikmah, I., 2013. Studi Distribusi Temperatur Permukaan Dangkal, Emisi Gas Karbondioksida Dan Pola Aliran Fluida Untuk Mengklarifikasi Sistem Panas Bumi Daerah Manifestasi Diwak-Derekan Jawa Tengah, *Skripsi*, Jurusan Fisika, Undip, Semarang.
- [8]. Roismanto, I., 2013, Pemodelan Struktur Bawah Permukaan Daerah Sesar Jiwo Klaten Dengan Metode Medan Magnet Total, *Skripsi*, Jurusan Fisika FSM Undip, Semarang.
- [9]. Suparno, S., 2009, *Energi Panas Bumi*, Departemen Fisika-FMIPA Universitas Indonesia, Jakarta.