

# ▶ Thermal Analysis in Geothermal Area of Oma-Haruku based on a 2D Model

Filsafat dan Sains Geothermal

**J. R. Kelibulin** ▶ Jurusan Fisika FMIPA Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena – Kampus Poka, Ambon 97233 – Indonesia. Email: kelibulin\_ronny\_josephus@yahoo.com. Received on Saturday, 17th March 2016. Accepted on 17 January 2016 ▶ 3/17/2016

## Abstract

*The resistivity structure in a geothermal area located in a Central Maluku district named as Haruku Island district, Oma village has been identified. The process was carried out based on the 2-dimensional modeling of the area. Dispersion modeling results have shown that the distribution structure of the geothermal reservoir happened at various layers. Haruku geothermal prospect area was located in the old volcanic tertiary Haruku Island. Local geometrical structure was made based on the interpretation of the resistivity of rock with resistivity sounding method. Geometry models are generally composed of four layers. Layer 1 is with a thickness of 500 m, layer 2 and layer 3 are below the thick of 1000 m and 1500 m, respectively and the bottom layer is labelled as layer 4. The boundary condition geometry of the model used in red is the Dirichlet boundary condition, the blue color is Nueman boundary conditions, and parameter of the physical model is based on the coefficient of heat conduction. Results of modeling of the heat source beneath the surface with the 2D method can estimate the order of the source reservoir temperature hot water source location, such as a system of domination Reservoir water with a temperature of around 240°C. Hypothetical reserve potential of this area reached 30 MWe was assumed as a thick reservoir, 1 km and with a life time of 30 years.*

---

---

**Keywords:** *Geothermal, surface temperature mapping, reservoir, boundary conditions,*

*Modelling heat source.*

---

---

---

---

---

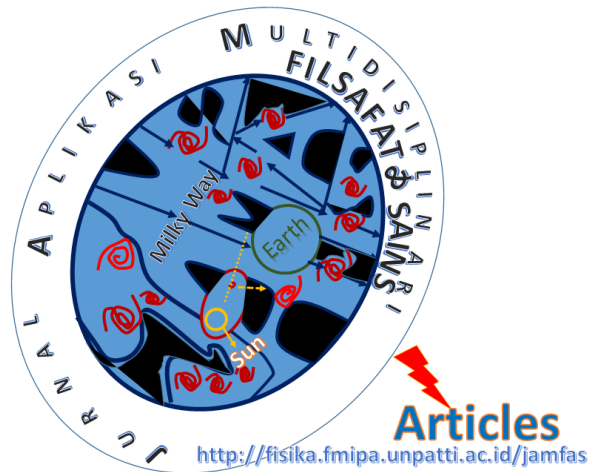
---

---

---

---

---



## Thermal Analysis in Geothermal Area of Oma-Haruku based on a 2D Model

### 1. PENDAHULUAN

Sumber daya alam yang dimiliki Indonesia sangatlah beragam dari mulai batubara, minyak dan gas bumi, mineral dan energi panas bumi. Selain cadangan yang sangat besar di Indonesia, panas bumi merupakan energi yang ramah lingkungan (*environment friendly*) dan relatif kompetitif untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik. Apalagi bagi daerah yang memiliki keterbatasan sarana dalam pemenuhan kebutuhan energi listrik.

Menurut Wulandari (2004) Indonesia didominasi oleh minyak, gas dan batu bara. Minyak bumi memegang 57% dari pemenuhan kebutuhan energi di Indonesia, gas 23%, batubara 18%, sedangkan 2%-nya dipegang oleh energi yang bebas emisi karbon hingga ber-emisi rendah (seperti hidroelektrik dan panas bumi).

Salah satu wilayah potensial panas bumi adalah Desa Oma. Meskipun daerah ini

memiliki potensi sumberdaya energi yang relatif besar, namun untuk memenuhi kebutuhan energi, terutama energi listrik, suplai listrik dari PLN.

### Geologi Daerah Penelitian

Daerah survey terpadu berlokasi di wilayah Pulau Haruku yang secara administratif berada di dalam wilayah Kecamatan P. Haruku, yang berpusat di Pelauw, Kabupaten Maluku Tengah, Provinsi Maluku. Luas daerah penyelidikan adalah  $12 \times 13 \text{ km}^2$  atau  $\hat{\text{A}} \pm 150 \text{ km}^2$ , dengan posisi geografis antara  $3^\circ 30' 38,88''$  -  $3^\circ 38' 14,64''$  LS dan  $128^\circ 23' 54,24''$  -  $128^\circ 34' 40,8''$  BT atau 433100 mT - 452800 mT dan 9598100 mU - 9612200 mU pada sistem UTM zone 52, belahan bumi selatan.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian.

Morfologi daerah penyelidikan tersusun oleh perbukitan landai hingga perbukitan terjal. Morfologi dataran tinggi berada di sekitar bagian tengah Pulau Haruku di sekitar Gunung Huruano yang telah mengalami deformasi kuat. Batuan vulkanik termuda adalah produk Gunung Huruano dan Noni yang berumur Tersier (Pliosen Tengah) dengan komposisi lava andesit. Struktur sesar normal Oma yang berarah Barat Daya -

Timur Laut merupakan sesar yang berperan besar akan munculnya manifestasi air panas di daerah Oma.

## 2. DASAR TEORI

### Pendekatan solusi persamaan diferensial

Dalam pembuatan model perpindahan panas digunakan penyelesaian dari persamaan diferensial

$$\nabla \cdot (-k\nabla T) = q + h(T_{ext} - T)$$

Untuk menentukan solusi persamaan tersebut, digunakan pendekatan numerik dengan menggunakan metode elemen hingga

$$\nabla \cdot (-k\nabla T) = q$$

Dalam pendekatan metode elemen hingga ini, domain dari model geometri yang kompleks dipartisi menjadi beberapa elemen berbentuk jarring-jaring segitiga (triangular mesh) sehingga dapat diselesaikan solusi numerik dari model geometri.

### Penentuan Syarat Batas

Syarat batas adalah kondisi pada batas dari geometri model yang nilainya ditentukan. Dalam pemodelan perpindahan panas konduksi ini digunakan syarat batas Neumann dan Dirichlet. Syarat batas geometri model ditunjukkan dengan garis-garis merah (Dirichlet) dan biru (Neuman). Pada area *steaming ground* dihitung nilai suhu secara numerik dengan syarat batas Neumann

$$\frac{\partial u}{\partial n} = 0$$

Syarat batas Dirichlet ditentukan berdasarkan data *log* suhu, syarat batas model perpindahan panas konduksi dibuat berdasarkan ekstrapolasi data suhu secara linier dan polynomial.

### Penentuan Parameter Fisis Model

Parameter fisis model yang digunakan yaitu nilai koefisien konduksi panas. Nilai konduksi panas yang digunakan secara umum pada lapisan yang sama memiliki nilai koefisien konduksi sama. Namun beberapa nilai koefisien konduksi pada lapisan tertentu disesuaikan hingga didapatkan nilai suhu pada kedalaman 1m model yang mendekati nilai suhu yang terukur di lapangan. Parameter fisis model tercantum pada Table 1.

**Tabel 1.** Koefisien konduksi pada setiap lapisan geometri.

No.	Lapisan Geometri	Koefisien konduksi (W/m <sup>2</sup> K)
1	Lapisan 1	3,34
2	Lapisan 2	1,6
3	Lapisan 3	2,6
4	Lapisan 4	2,6
5	Lapisan A	3,34
6	Lapisan B	3,6
7	Lapisan C	1,9

## Model Numerik Perpindahan Panas Ungaran

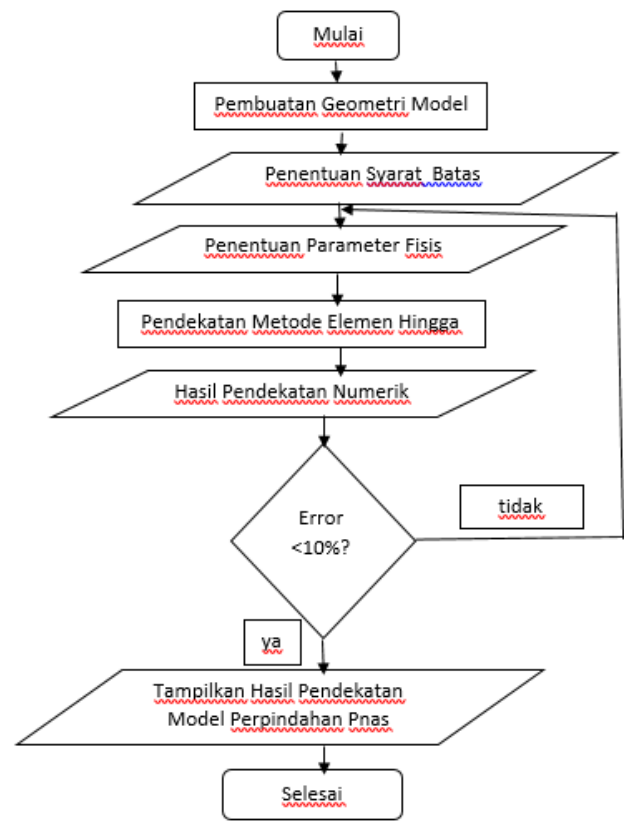
Menurut Saptadji (2009) keberadaan area *streaming ground* Gedongsongo dikontrol oleh struktur geologi berupa patahan disekitarnya. Dalam pembuatan model numerik, patahan digambarkan sebagai benda yang memiliki nilai koefisien konveksi tinggi. Patahan umumnya menjadi jalur fluida sehingga mampu menghantarkan panas dengan baik. Untuk mengetahui pengaruh keberadaan patahan terhadap manifestasi *streaming ground*, model numerik dibuat dalam dua vers. Pertama dibuat model perpindahan panas murni akibat konduksi batuan yang kedua jika terdapat benda konveksi. Masing-masing model perpinndaha panas konduksi dibuat berdasarakan ekstrapolasi data suhu secara linier dan polynomial.

## Model Perpindahan Panas Konduksi Berdasarkan Ekstrapolasi Data Suhu Secara Linier

Model perpindahan panas konduksi merupakan model perpindahan panas murni akibat konduksi batuan. Dapat dilihat bahwa sumber panas regional yang berada dikedalaman 2000 m memanaskan lapisan *reservoir* diatasnya yang berada pada kedalaman -1500 m hingga 500 m di atas permukaan laut. Panas yang terakumulasi dalam *reservoir* tertutup oleh lapisan batuan diatasnya. Energy panas tidak mampu naik ke permukaan jika hanya mengandalkan panas konduksi.

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan pada area seluas  $12 \times 13 \text{ km}^2$  atau  $\hat{A} \pm 150 \text{ km}^2$  di lokasi geothermal desa oma, pulau Haruku sesuai dengan tahapan seperti yang dilukiskan pada diagram alir Gbr. 1.

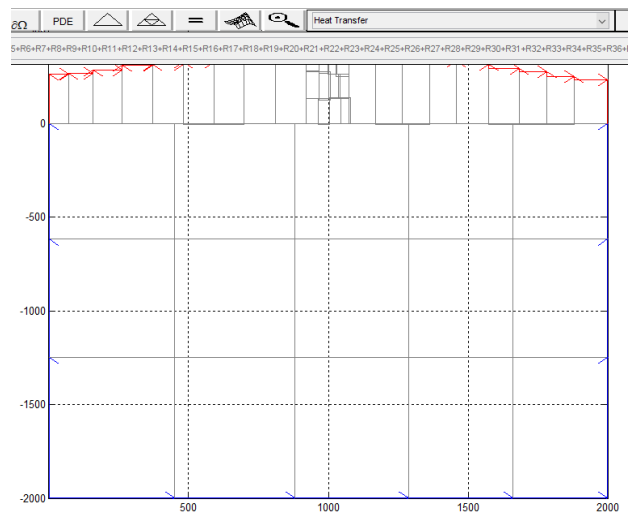


**Gambar 2.** Diagram alir proses penelitian daerah geothermal di daerah Oma, pulau Haruku.

Dalam pembuatan model perpindahan panas diawali dengan pembuatan Geometri Model. Setelah model geometri dibuat, tahap selanjutnya yaitu penentuan syarat batas. Tahap ketiga yaitu penentuan parameter model. Setelah itu dibuat *finite element mesh*. Tahap akhir yaitu penyelesaian persamaan diferensial.

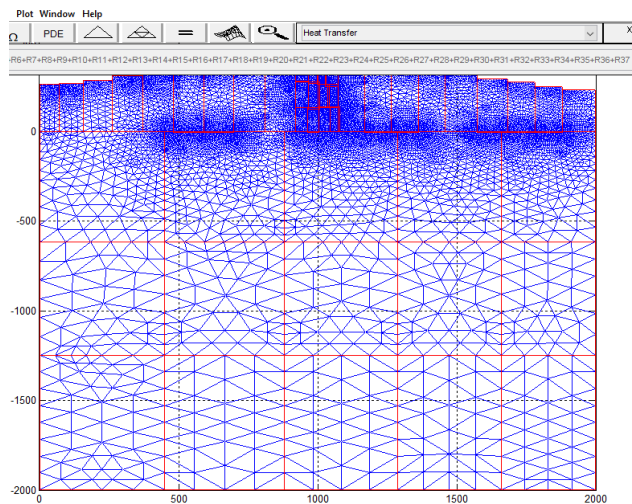
#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Manifestasi panas bumi di daerah penyelidikan terdiri dari 7 lokasi manifestasi yang muncul kepermukaan berupa air panas, berada di sekitar kampung Oma dengan suhu tertinggi  $100^{\circ}\text{C}$  bertipe klorida dengan PH netral. Lapisan reservoir di daerah diperkirakan ini berada pada kedalaman  $> 500$  m berdasarkan ketebalan dari batuan vulkanik yang menyusun Pulau Haruku.



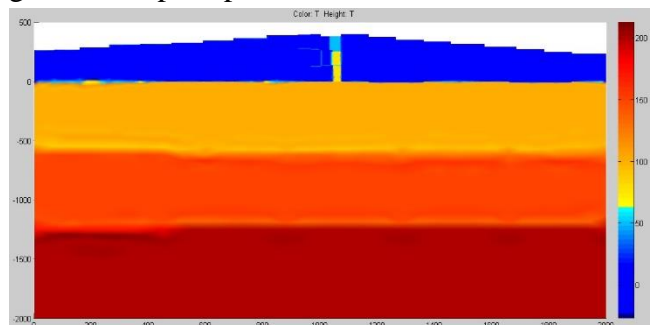
**Gambar 3.** Syarat batas geometri model. Warna merah merupakan syarat batas Dirichlet, sedangkan warna biru merupakan syarat batas Neumann.

Sebaran panas reservoir dengan mesh mode digambarkan pada Gbr. 4 dengan syarat batas pada Gbr. 3.



**Gambar 4.** 2D Finite Element mesh dari wilayah domain geometri didekati dengan bentuk segitiga.

Dalam pembuatan model perpindahan panas digunakan penyelesaian dari persamaan differensial Untuk menentukan solusi persamaan tersebut digunakan pendekatan numerik dengan menggunakan metode elemen hingga. Dalam pendekatan metode elemen hingga ini, domain dari model geometri yang kompleks dipartisi menjadi beberapa elemen berbentuk jaring – jaring segitiga (triangular mesh) sehingga dapat diselesaikan solusi numerik dari model geometri seperti pada Gbr. 5.



**Gambar 5.** Perpindahan panas dibawah lintasan AB tanpa struktur patahan berdasarkan ekstrapolasi data suhu secara linear.

Gambar 5 diatas adalah model perpindahan panas konduksi yang merupakan model perpindahan panas murni akibat konduksi batuan.

Pembentukan sistem panas bumi di Pulau Haruku dan Kepulauan Maluku pada umumnya berkaitan dengan aktivitas kegunungapian, untuk kasus Pulau Haruku berkaitan dengan vulkanisme tua berumur Tersier. Magma sisa di bawah permukaan berperan sebagai sumber panas yang memanasi air bawah permukaan yang kemudian naik dan terperangkap dalam reservoir panas bumi.

Air panas yang muncul ke permukaan melalui mata air panas Oma memperlihatkan pengendapan sinter silika. Dapat diperkirakan bahwa air panas tersebut keluar dari suatu reservoir panas bumi bersuhu tinggi dengan fluida yang didominasi oleh air. Air panas ini sebagian keluar ke permukaan melalui kontrol struktur sesar Oma sebagai kompleks mata air panas Oma dan melalui sesar Haruku sebagai mata air Haruku.

Hasil pendugaan temperatur reservoir memperlihatkan bahwa suhu reservoir dapat mencapai 240 °C dengan nilai rata-rata sekitar 225 °C.

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian daerah geothermal di desa Oma, Haruku ini diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan peta penyebaran suhu permukaan, luas daerah yang berprospek geothermal seluas 150 km<sup>2</sup>.
2. Hasil pemodelan sumber panas bawah permukaan dengan metode 2D dapat

memperkirakan orde suhu sumber reservoir lokasi sumber air panas,

3. Prospek panas bumi daerah Haruku ini berada di lingkungan vulkanik tua tersier Pulau Haruku
4. Reservoir berupa sistem dominasi air dengan temperatur sekitar 240°C dengan kedalaman puncaknya dan ketebelannya yang belum dapat di ketahui
5. Potensi cadangan hipotetis daerah ini mencapai 30 MWe dengan asumsi tebal reservoir 1 km dan *life time* 30 tahun.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aryono, N. A dan Siregar, Erwin, 2003, *Pemenuhan Kebutuhan Listrik Masa Datang di Provinsi Sumatera Selatan*, Prosiding Seminar Teknologi, Vol. I, hal. 157-163.
- Derrick, M, R., Stulik, D. and Landry, J.M., 1999, *Infrared Spektroskopy in Conservation Science*. Los Angeles: The Getty conservation Institute.
- Gafoer, S., Amin, T.C & Pardede, R., 2007, *Geology of Bengkulu Quadrangle (0912), Sumatera, (1:250.000)*. Directorate General of Geology and Mineral Resource , Geological Research and Development Centre, Bandung.
- Herman, D .Z., 2006, *Potensi Panas Bumi dan Pemikiran Konservasinya*, Pusat Sumber Daya Geologi, Bandung.
- Kreith, F., dan Priyono. A., 1985, *Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas (terjemahan)*, Edisi Ketiga, Erlangga.
- Kusuma, Dendi S., dkk, 2005, *Prospek Panas Bumi di Daerah Ranau, Lampung dan Sumatra Selatan*, Subdik Panas Bumi.
- Lienhard IV., John H., dan John H. Lienhard V., 2003, *A Heat Transfer Text Book, 3<sup>rd</sup> Edition*. Phlogiston Press Cambridge, Massachusetts, USA.
- Saptadji, N., 2009, *Energi Panas Bumi di Indonesia*, ITB, Bandung.

Setiawan, Agus, 2006, *Pengantar Metode Numerik*, Yogyakarta : Andi.

Sutarto., 2014, Analisis Hidrotermal, Teknik Geologi, UPN, Yogyakarta.

Triatmojo, Bambang. 2002. *Metode Numerik Dilengkapi dengan Program Komputer*. Yogyakarta: Beta Offset.

Virgo, Frinsyah; Wahyudi; Suryanto, Wiwit; Suharno dan Zaenudin, A., 2013, *Magnetic Survey Within Penantian Geothermal Area in Pasema Air Keruh, South Sumatra*, The Third Basic Science International Conference, page : P20-1 until P20-3.

Wulandari, F, 2004, *Government Tender 13 Geothermal Areas*, The Jakarta Post, 03 April 2004.