

Aplikasi Metode *Horner* untuk Menghitung *Temperature Gradient Thermal*

Application of Horner Methods to Calculate Thermal Gradient Temperature

¹Syarifah Ainul, ²D Nasrudin Usman, ³Nizar Muhamad

^{1,2}*Prodi Teknik Pertambangan, Fakultas Teknik, Universitas Islam Bandung,*

Jl. Tamansari No.1 Bandung 40116

e-mail: ¹Syarifahainul03@gmail.com, ²dudi.n.usman@gmail.com, ³nmn.nizar@gmail.com,

Abstract. The Center for Development of Mineral and Geothermal Resources is a government institution that develops and research geothermal institutions with the PPSDMPB team conducted in the geothermal manifestation area located in Lili Sepporaki, Polewali Mandar District, West Sulawesi Province. In the drilling location it is indicated that there are geothermal conditions with presence of properties which appears on the surface of heat presence and hot air sources in the area. Drilling activities in the Lili Sepporaki area carried out a deep depth of 701.30 m with construction of a borehole installed with a sheath 6" to a depth of 30.20 meters, sheath 4" to a depth of 151.80 meters, HQ pipes increased to 501.25 meters and NQ pipes to 701.30 meters depth. The logging temperature was carried out 3 times, namely at a depth of 155 meters, 501 meters, and a depth of 700 meters. Based on the test results of the Portable Infrared Mineral Analyzer or PIMA, the dominant clay minerals are montmorillonite and palygorskite with initial formation temperatures ranging from 140 °C to 150 °C. The calculated temperature at a depth of 150 m is 33.3 °C, a depth of 510 m is 48.14 °C, and a depth of 700 m is 68.08 °C. From the results of the temperature calculation, the temperature value of the gradient is 6.05 °C.

Keywords : Geothermal, Drilling, Gradient Thermal.

Abstrak. Pusat Pengembangan Sumber Daya Mineral Dan Panas Bumi merupakan Lembaga pemerintah yang melakukan pengembangan dan penelitian dengan komoditas panas bumi dengan tim PPSDMPB penelitian dilakukan di daerah manifestasi panas bumi yang berlokasi di Lili Sepporaki Kabupaten Polewali Mandar, Provinsi Sulawesi Barat. Dalam lokasi pemboran di indikasikan memiliki keadaan *geothermal* dengan adanya gejala-gejala yang timbul dipermukaan berupa adanya uap panas dan sumber air panas di daerah tersebut. Kegiatan pengeboran di daerah Lili Sepporaki dilakukan kedalaman sumur 701,30 m dengan Kontruksi sumur bor terpasang selubung 6" hingga kedalaman 30,20 meter, selubung 4" hingga kedalaman 151,80 meter, pipa HQ hingga kedalaman 501,25 meter dan pipa NQ hingga kedalaman 701,30 meter. Logging *temperature* dilakukan 3 kali pengukuran, yaitu pada kedalaman 155 meter, 501 meter, dan kedalaman 700 meter. Berdasarkan hasil pengujian *Portable Infrared Mineral Analyser* atau PIMA didapat mineral lempung yang mendominasi adalah *montmorillonite* dan *palygorskite* dengan suhu keterbentukan awalnya berkisar 140 °C sampai 150 °C. *Temperature* hasil perhitungan pada kedalaman 150 m yaitu 33,3 °C, kedalaman 510 m yaitu 48,14 °C, dan kedalaman 700 m yaitu 68,08 °C. Dari hasil perhitungan temperatur, didapat nilai *temperatur gradient* sebesar 6,05 °C.

Kata Kunci : Panas Bumi, Pengeboran, *Gradient Thermal*.

A. Pendahuluan

Mengingat energi panasbumi di Indonesia yang berpotensi cukup besar, maka diperlukan adanya eksplorasi untuk memaksimalkan pengembangan dan pemanfaatan energi panasbumi tersebut. Dalam hal ini lokasi pemboran yang dilakukan oleh tim panasbumi PPSDMPB yaitu di daerah manifestasi panasbumi Lili Sepporaki Kabupaten Polewali - Mandar, Provinsi Sulawesi Barat. Lokasi ini ditekankan pada daerah kenampakan gejala panasbumi

dan prospek di sekitar daerah tersebut. Manifestasi panasbumi yaitu daerah yang di indikasikan mempunyai keadaan *geothermal* dengan adanya gejala-gejala yang timbul dipermukaan. Misalnya, adanya uap panas yang muncul dari permukaan, dan adanya sumber air panas di daerah tersebut.

Untuk memastikan potensi panasbumi di daerah tersebut dalam hal ini diperlukan pengukuran *gradient thermal*. Pengukuran *gradient thermal* bertujuan untuk mengetahui perubahan kenaikan suhu setiap kedalaman

sehingga dapat mengetahui adanya anomali panas yang menandakan adanya potensi sumber panas yang dapat dimanfaatkan. Hasil pengukuran *bottom hole temperature* (BHT) didapat suhu yang belum stabil atau di bawah suhu asli formasi yang dilintasi lubang bor, dikarenakan suhu telah ter-*distorsi* dengan kegiatan pengeboran dan lumpur pengeboran sehingga perlu dikoreksi lagi. Untuk melakukan pengkoreksian suhu hasil pengukuran maka dilakukan perhitungan menggunakan metode *Horner*. Metode *Horner plot* adalah salah satu metode perhitungan untuk mengkoreksi nilai atau suhu hasil pengukuran. Hasil perhitungan dari *Horner plot* akan diplot di grafik semilog sehingga mendapatkan suhu mencapai kesetimbangan.

B. Landasan Teori

Energi Panas Bumi

Terjadinya sumber Energi panasbumi di Indonesia serta karakteristiknya dijelaskan oleh Budihardi (1998) sebagai berikut. Ada tiga lempengan yang berinteraksi di Indonesia, yaitu lempeng Pasifik, lempeng India-Australia dan lempeng Eurasia. Tumbukan yang terjadi antara ketiga lempeng tektonik tersebut telah memberikan peranan yang sangat penting bagi terbentuknya sumber Energi panasbumi di Indonesia.

Energi panasbumi merupakan energi yang dihasilkan oleh panas yang tersimpan di dalam bumi. Energi panasbumi terbentuk akibat adanya aktifitas. Panas yang dihasilkan dapat digunakan sebagai energi listrik karena energi panasbumi cukup ekonomis dan ramah lingkungan. Skema sistem *geothermal* yang ideal dapat dilihat di Gambar 3.1. Komponen utama pembentuk suatu sistem panasbumi (Dwikorianto, 2006) adalah:

1. Sumber panas (*heat source*)
2. Batuan *reservoir* (*permeable*

rock)

3. Batuan penutup (*cap rock*)
4. Serta aliran fluida (*fluida circulation*)

Sistem Hidrotermal

Hidrotermal merupakan cairan dari larutan sisa magma hasil dari differensiasi magma. Hidrotermal kaya akan logam – logam dan merupakan sumber terbesar dari proses pembentukan endapan. Ada dua tipe endapan hidrotermal yaitu :

1. *Cavity Filling*, yaitu larutan hidrotermal yang mengisi lubang – lubang yang terbuka didalam batuan.
2. *Metasomatism*, yaitu mengganti unsur – unsur alami yang ada di batuan dengan unsur baru dari larutan hidrotermal.

Sistem ini mengandung dua komponen yang berperan penting dalam proses hidrotermal, yaitu sumber panas dan fluida. Sirkulasi fluida hidrotermal menyebabkan himpunan mineral pada batuan dinding menjadi tidak stabil dan cenderung menyesuaikan kesetimbangan baru dengan membentuk himpunan mineral yang sesuai dengan kondisi yang baru. Proses ini disebut alterasi (ubahan) hidrotermal. Endapan mineral hidrotermal dapat terbentuk karena sirkulasi fluida hidrotermal yang melindi (*leaching*), mentransport, dan mengendapkan mineral-mineral baru sebagai respon terhadap perubahan fisik maupun kimiawi (Pirajno, 1992, dalam Sutarto, 2004).

Pengujian Portable Infrared Mineral Analyser (PIMA)

PIMA Adalah suatu alat yang berguna untuk mengidentifikasi mineral – mineral halus hasil alterasi. PIMA biasa digunakan dalam berbagai tipe mineralisasi *epitermal high sulfidation*, *epitermal low sulfidation*, *sulfide massif volcanic* (VMS) dan lingkungan yang berhubungan dengan intrusi.

PIMA mempunyai *spectrometer* infra merah dengan panjang gelombang 1300 nm sampai 2500 nm. Oleh sebab itu PIMA dapat digunakan untuk mineral – mineral lempung, *amfibol*, beberapa mineral karbonat atau dikenal dengan radikal hidroksil yang dapat menyerap radiasi panjang gelombang tertentu dengan intensitas penyerapan yang berbeda pada setiap mineral. PIMA menganalisa mineral dengan cara menganalisa pantulan tembakan sinar infra merah yang menunjukkan gelombang yang diserap setiap mineral sesuai dengan intensitasnya.

Thermal Conductivity Meter (TK04)

TK04 adalah suatu alat untuk menentukan konduktifitas panas berdasarkan metode transient aliran panas. Sumber garis panas dengan gaya *konstan* dan suhu sumber akan dicatat secara bersamaan konduktifitas panas dihitung dari kurva pemanas yang dihasilkan yaitu kenaikan suhu terhadap waktu. Metode ini menghasilkan nilai konduktivitas panas yang absolute dan tidak memerlukan pengukuran referensi atau kalibrasi. TK04 dapat mengukur konduktifitas panas dari padatan atau fragmen padat termasuk sedimen, batu, inti bor dan serbuk bor, pasta, bubuk dan cairan kental baik dalam berbagai pengukuran 0,1 – 10 W.m⁻¹K⁻¹ dan rentang suhu standar 25 °C – 125 °C.

Sebuah probe jarum ukuran standar untuk penggunaan laboratorium (standar VLQ) dan probe jarum besar dan sangat kuat untuk pengukuran dilapangan (field VLQ). Untuk material sampel yang keras atau rapuh yang sulit untuk dimasuki jarum, makan TK04 akan menggunakan metode garis. Sumber diubah karena dipermukaan terdapat jarum yang tertanam di bawah tubuh probe yang berbentuk silinder (probe HLQ), yang hanya ditempatkan di atas permukaan sampel.

Metode Horner

Metode *Horner plot* sudah sangat sering digunakan untuk mengestimasi suhu pada formasi (Dowdle and Cobb, 1975). Metode ini sangat mudah digunakan bahkan dilapangan sekalipun, masih bisa menggunakan metode ini. Disamping itu, metode ini hanya dapat mengolah data yang didapat dengan jangka waktu 120 jam untuk mengestimasi secara benar. Dan juga menunjukkan waktu sirkulasi fluida selama waktu *Horner plot* yang kritis untuk di estimasi.

$$T_s = T_i + m \times \ln X$$

..... (1)

$$X = \frac{1 + (C - \frac{1}{a+b}) \times b}{1 + (C - \frac{1}{a+\sqrt{tsD}}) \times \sqrt{tsD}}$$

..... (2)

$$m = \frac{Q}{2 \times \pi \times \lambda}$$

..... (3)

$$Q = \frac{\lambda \times \Delta d}{\Delta T}$$

..... (4)

$$b = \sqrt{G \times tcD + tsD}$$

..... (4)

$$G = \frac{\ln tcD - \exp(-0,236 \times \sqrt{tcD})}{\ln tcD - 1}$$

..... (5)

$$tsD = \frac{X \, dx \, \Delta t}{Rw^2}$$

..... (6)

$$tcD = \frac{Xd \times tC}{Rw^2}$$

..... (7)

Indeks

tcD = Waktu sirkulasi tanpa dimensi (stop time)

tsD = Waktu sirkulasi tanpa dimensi (*shut-in time*)

G = Koefisien Korelasi

m = Hubungan nilai aliran panas terhadap batuan

a = 2,7010505

c = 1,4986055

X = Angka pengali (konstan)

Xd = Difusi *Thermal* (m²)

tc = Waktu *stop* sirkulasi (h)

Rw = Radius lubang bor (m)

Δt = Lamanya waktu perendaman (h)

Tabel 1. Perhitungan *Temperature Awal* (T_i)

No	Waktu Dimulai Perendaman (jam)	Lamanya Watu Perendaman (jam)	<i>Temperature</i> ($^{\circ}\text{C}$)
1	15.47	9.22	30.3
2	15.48	9.23	30.3
3	15.50	9.25	30.5
4	15.52	9.27	30.6
5	15.53	9.28	30.8
6	15.55	9.30	30.8
7	15.57	9.32	30.8
8	15.58	9.33	30.5
9	15.60	9.35	30.4
10	15.62	9.37	30.4
11	15.63	9.38	30.4
12		
13		
14		
n		
		$\Delta t = 11.83$	$T_i = 30.0875$

Q = Aliran panas (w/m^2)
 Δd = Total kedalaman (m)
 ΔT = Selisih *temperature* (h)
 T_i = *Temperature* awal ($^{\circ}\text{C}$)
 T_s = *Temperature* stabil ($^{\circ}\text{C}$)

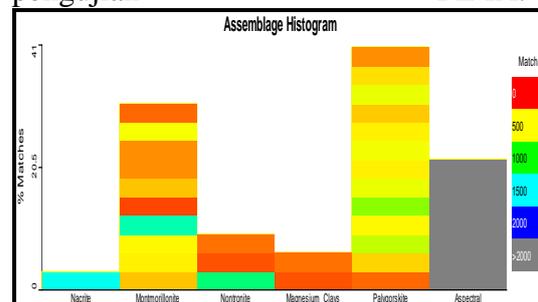
C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Maka pada langkah pertama, yaitu mencari nilai *temperature* awal (T_i) yang didapat pada saat melakukan perendaman. Pada saat perendaman didapat data *temperature* terhadap waktu perendaman, sehingga *temperature* awal dapat di hitung dengan nilai rata – rata *temperature* yang dijelaskan pada Tabel 1.

Pada sampel yang dilakukan pengujian PIMA yaitu 8 sampel, menghasilkan bebrapa keberadaan mineral lempung, yaitu *Nontronite*, *NAcrite*, *Magnesium Clays*, *Montmorillonite*, dan *Palygorskite*. Mineral lempung ini semuanya adalah tipe ubahan argilik dimana *temperature* keterbentukan mineral ini yaitu 100 – 300 $^{\circ}\text{C}$, dengan Salinitas rendah, dan PH asam – netral.

Mineral lempung yang mendominasi yaitu mineral *Palygorskite* dan *Montmorillonite*

dengan persentase keberadaan paling banyak. Dapat dilihat di gambar yang menjelaskan tentang persentase keberadaan mineral lempung hasil pengujian PIMA.



Gambar 1. Keberadaan Mineral Lempung Hasil Pengujian PIMA

Setelah itu dilakukan pengujian kondktifitas *thermal*. Hasil pengujian kondktifitas *thermal* berguna untuk menghitung difusi panas pada batuan. Difusi panas merupakan proses perpindahan atau pergerakan panas dari konsentrasi rendah ke konsentrasi tinggi yang di akibatkan adanya perbedaan panas melalui celah – celah atau pori-pori batuan. Semakin besar nilai konduktifitas panas pada batuan, maka semakin besar kemampuan batuan untuk mendifusikan panas (Sri Wuryanti dkk, 2018).

Tabel 2. Hasil Pengujian Konduktifitas Thermal

No	Kode	Kedalaman	Kond. Termal (W/mk)
1	LLK-1	150 m	1.751
2	LLK-1	500 m	1.789
3	LLK-1	700 m	1.383

Kedalaman 150 m

Diketahui $\lambda = 1.75 \text{ W.m/K}$

$\rho = 0.0028 \text{ Kg / m}^3$

$C_p = 0.84 \text{ J / Kg.K}$

Ditanya $X_d = ?$

$$X_{d150} = \frac{\lambda}{\rho \times C_p}$$

$$= \frac{0.0028 \text{ Kg / m}^3 \times 0.84 \text{ J / Kg.K}}{1.75 \text{ W.m/K}}$$

$$= 744.04 \text{ m}^2$$

$$tcD = \frac{X_d \times tC}{Rw^2}$$

$$= \frac{744.04 \times 6,25}{(0.14)^2}$$

$$= 237257,65 \text{ h}$$

$$tsD = \frac{X \text{ dx } \Delta t}{Rw^2}$$

$$= \frac{744,04 \times 11,83 \text{ h}}{(0.14)^2}$$

$$= 449081,28$$

$$G = \frac{\text{Ln } tcD - \exp(-0,236 \times \sqrt{tcD})}{\text{Ln } tcD - 1}$$

$$= \frac{\text{Ln } 237257,65 - \exp(-0,236 \times \sqrt{237257,65})}{\text{Ln } 449081,28 - 1}$$

$$= 1$$

$$b = \sqrt{G \times tcD + tsD}$$

$$= \sqrt{1,07 \times 237257,65 + 449081,28}$$

$$= 838,4$$

$$Q = \frac{\lambda \times \Delta d}{\Delta T}$$

$$= \frac{1,75 \times 150}{30.082-28.8}$$

$$= 218,75 \text{ w/m}^2$$

$$m = \frac{Q}{2 \times \pi \times \lambda}$$

$$= \frac{204,75}{2 \times 3,14 \times 1,75}$$

$$= 18,63$$

$$X = \frac{1 + (C - \frac{1}{a+b}) \times b}{1 + (C - \frac{1}{a+\sqrt{tsD}}) \times \sqrt{tsD}}$$

$$= \frac{1 + (1,4986055 - \frac{1}{2,7010505 + 838,4}) \times 838,4}{1 + (1,4986055 - \frac{1}{2,7010505 + \sqrt{449081,28}}) \times \sqrt{449081,28}}$$

$$= 1,25$$

$$T_s = T_i + m \times \ln X$$

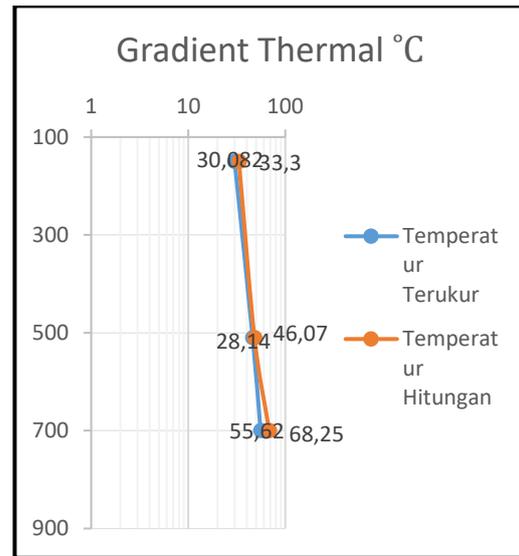
$$= 30,082 + 18,63 \times \ln 1,25$$

$$= 33,3 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Gradient Thermal rata – rata per 100 m

$$= \frac{5.2 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ m} + 45.2 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ m} + 9.97 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ m}}{3}$$

$$= 6.47 \text{ } ^\circ\text{C}/ 100 \text{ m}$$



Gambar 2. Grafik Gradient Thermal

Mineral lempung hasil ubahan hasil *coring* sumur bor Lilli Seporaki 1 yang teridentifikasi adalah mineral lempung Nontronite, Nacrite, Magnesium Clays, Montmorillonite, dan *Palygorskite*. Mineral lempung ini semuanya adalah tipe ubahan argilik dimana *temperature* keterbentukan mineral ini yaitu 100 – 300 °C, dengan Salinitas rendah, dan PH asam – netral. Hasil ini didasarkan pada teori *Guilbert dan Park, 1986* yaitu tabel tipe alterasi berdasarkan *temperature* pembentukannya.

Pada saat diakukannya pengeboran eksplorasi panasbumi dengan kedalaman 701 m. dilakukanya pengukuran *temperature* dan pengkoreksian *temperature* hasil pengukuran menggunakan modifikasi persamaan Horner. Hasil pengukuran tersebut menunjukkan suhu yang berbeda dengan suhu pembentukan mineral lempung tersebut. Yaitu

berkisar antar 20 – 59 °C. hal ini memberi kesimpulan, bahwa pada daerah ini sudah terjadi pengangkatan yang cukup jauh, sehingga formasi mineral lempung juga ikut terangkat hingga ke kedalaman 100 m dari permukaan. Sehingga *temperature* pada formasi ini pun berubah dari *temperature* awal pembentukan mineral lempung. Keadaan ini juga dapat memberikan gambaran, bahwa dari kedalaman hingga 700 m dari permukaan, suhu tertinggi yang pernah terbentuk adalah sekitar 100 – 300 °C.

D. Kesimpulan

1. Mineral lempung hasil ubahan yang mendominasi adalah *Palygorskite* dan *Montmorionite* dimana mineral tersebut tergolong mineral smektit dioktahedral yang dapat terbentuk pada rentang suhu 140 °C hingga 150 °C. Sehingga dapat diasumsikan bahwa suhu optimum yang pernah terdapat di daerah tersebut adalah 140 °C hingga 150 °C.
2. *Temperature* terukur yang didapat adalah pada kedalaman 150 m yaitu 30,08 °C, kedalaman 510 m yaitu 46,07 °C, dan kedalaman 700 m *temperature* yang terukur yaitu 55,62 °C. terjadi perbedaan yang signifikan antar *temperature* hasil pengukuran dan hasil perhitungan. Yaitu terjadi peningkatan pada *temperature* hasil perhitungan. *Temperature* hasil perhitungan pada kedalaman 150 m yaitu 33,3 °C, kedalaman 510 m yaitu 48,14 °C, kedalaman 700 m yaitu 68,08 °C, didapatkan *gradient thermal* adalah 6.47 °C/ 100 m.

E. Saran

1. Agar hasil *gradient thermal*

lebih akurat, pengambilan data *logging temperature* pada saat perendaman harus mempunyai jarak yang mewakili dengan parameter tertentu.

2. Penempatan *core* hasil bor harus terjaga dari kontak langsung dengan cuaca karna mempengaruhi *core* pada saat pengujian *konduktivitas thermal*.

Daftar Pustaka

- Bemmelen, R.W. Van., 1949. The Geology of Indonesia, Vol. 1 A, Government Printing Office, The Hague.
- Dickson, M.H. dan Mario, F. 2004. What is *Geothermal* Energi, www.iga.igg.cnr.it, diakses pada 26 September 2014
- Djuri., Sudjatmiko., Bachri.S dan Sukido., 1998, Peta Geologi Lembar Majene dan Bagian Barat Lembar Palopo, Sulawesi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi
- Dudi, N., Usman, 2006, Penentuan Zona Ubahan (alteration) Berdasarkan *Temperature* dan Pembentukan Mineral Ubahan Sumur Eksplorasi Panasbumi Mataloko 3 Flores Provinsi Nusa Tenggara Timur.
- Guilbert, J.M. dan Park, C.F. Jr., 1986, The Geology of Ore Deposits. W.H. Freeman and Company: New York.
- Lachenbruch, A.H., dan Brewer, M.C., 1959, Dissipation of the *temperature* effect of drilling a well in Arctic Alaska, U.S. Geological Survey Bulletin 1083-C, hal. 73-109.
- Izzy, M.K and Lev V.E., 2005. *An Improved Horner plot Method for Determination of Formation Temperature*, Jurnal Proceedings World Geothermal Congress 2005.
- Robertus S. L. dkk., 2014. Survei Landaian Suhu Sumur LLK-1 Daerah Panas Bumi Lilli – Seporaki Kabupaten Polewali Mandar Provinsi Sulawesi Barat.