

Angka parameter dalam estimasi potensi energi panas bumi

LATAR BELAKANG

Estimasi besarnya potensi energi panas bumi di Indonesia sangat beraneka ragam. Hal itu disebabkan oleh perbedaan di dalam penggunaan metoda perhitungan dan asumsi-asumsi parameter reservoir.

Bertitik tolak dari keanekaragaman estimasi tersebut, Direktur Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral melalui Surat Keputusan No. 037.K/44.03/DJG/1999, tentang pembentukan Panitia Teknik Perumusan Rancangan Standar Nasional Indonesia di Bidang Pertambangan Sub Bidang Geologi dan Sumber Daya Mineral tahun anggaran 1999/2000 membentuk Panitia Teknik Standar Geologi dan Sumber Daya Mineral. Panitia ini bertugas untuk menyusun Standar Angka Parameter Dalam Estimasi Potensi Energi Panas Bumi

Standar ini merupakan suatu seri standar panas bumi.

DAFTAR ISI

	HALAMAN
LATAR BELAKANG	ii
DAFTAR ISI	iii
1. Ruang Lingkup	1
2. Acuan	1
3. Istilah dan Definisi	2
4. Angka Parameter	3
4.1. Umum	3
4.1.1 Rumus Dasar	3
4.1.2 Prosedur Perhitungan	4
4.2. Angka Parameter Pada Kelas Sumber Daya Spekulatif	5
4.2.1 Dasar Penentuan Angka Parameter	6
4.3. Angka Parameter Pada Kelas Sumber Daya Hipotetis	6
4.3.1 Dasar Penentuan Angka Parameter	6
4.4. Angka Parameter Pada Kelas Cadangan Terduga	7
4.4.1 Dasar Penentuan Angka Parameter	7
4.5. Angka Parameter Pada Kelas Cadangan Mungkin	8
4.5.1 Dasar Penentuan Angka Parameter	8
4.6. Angka Parameter Pada Kelas Cadangan Terbukti	8
4.6.1 Dasar Penentuan Angka Parameter	9

ANGKA PARAMETER DALAM ESTIMASI POTENSI ENERGI PANAS BUMI

1. RUANG LINGKUP

Standar ini dimaksudkan untuk menentukan angka parameter dalam estimasi potensi energi panas bumi untuk masing-masing klasifikasi sumber daya dan cadangan panas bumi.

2. ACUAN

Acuan yang digunakan dalam penentuan besaran parameter adalah sebagai berikut :

- Badan Standardisasi Nasional. 1999. Standar Nasional : Klasifikasi Potensi Energi Panas Bumi di Indonesia. No. SNI 03-5012-1999.
- *Bodvarsson, G.S and Whitherspoon, P.A. (1989): Geothermal Reservoir Engineering Part 1. Journal of Geothermal Sci. & Tech., Volume 2(1) pp. 1 - 68*
- *Carmichael, R.S. (1982) Handbook of Physical Properties of Rocks. Vol. I. CRC Press. Boca Raton.*
- *Carmichael, R.S. (1982) Handbook of Physical Properties of Rocks. Vol. III. CRC Press. Boca Raton.*
- *Gomaa, E.E., 1985. "A Conceptual Model for Evaluating Potential of Geothermal Field", Proc. Indonesian Petroleum Assoc., 14th Annual Convention, Jakarta, Oktober 1985, hal. 677-695.*
- *Gomaa, E.E., 1990. Correlation for Estimating Geothermal Reserves of Vapor Dominated Fractured Reservoirs, Proc. Of 19th Annual Convention of Indonesian Petroleum Association, Jakarta, Oktober 1990, hal 427 – 456.*
- *Hochstein, M.P., 1992. Geothermal Reservoir Engineering. Short Course. New Zealand Geothermal Institute.*
- *Hochstein, M.P., and Soengkono, S. 1995. Geothermal Exploration for Earth Scientists – (86.101) Geophysics Lecture Notes. Geothermal Institutes The University of Auckland.*

- James, K., 1982. *Geothermal Log Interpretation Handbook*. Society of Professional Well Log Analysts. Edited by Geothermal Log Handbook Committee, James K. Hallenburg, Chairman. Tulsa, Oklahoma USA.
- Konsensus Nasional. 1999. Rancangan Standar Nasional : Metode Estimasi Potensi Energi Panas Bumi. Direktorat Jenderal Geologi dan Sumber Daya Mineral.
- Leffel, C, S, Jr. and Eisenberg, R.A. 1977. *Geothermal Handbook*. The John Hopkins University Applied Physics Laboratory. Laurel, Maryland 20707.
- Robert, C., Earlougher, Jr. and Ramey, H.J. Jr., 1983. *Basic Reservoir Engineering for Geothermal Operations*. Outline of Course, July 18 – 29 1983, Bandung – Indonesia.
- Tim Kecil Kelompok Kerja Panitia Teknis Panas Bumi. 1994. *Cadangan dan Sumber Daya Panas Bumi Indonesia*. Departemen Pertambangan dan Energi.

3. ISTILAH DAN DEFINISI

- Angka parameter : harga suatu parameter yang dipakai dalam rumus estimasi potensi energi panas bumi
- Faktor konversi listrik : faktor/besaran yang dibutuhkan untuk merubah satuan energi panas (MWth) menjadi satuan energi listrik (MWe)
- Faktor perolehan : bilangan yang menyatakan perbandingan antara energi maksimum yang dapat dimanfaatkan dengan energi yang terkandung dalam reservoir.
Faktor ini dapat berubah sesuai dengan data yang tersedia
- Kapasitas panas batuan : jumlah panas yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu satu derajat celsius dari batuan
- Rapat daya : besarnya potensi listrik suatu lapangan panas bumi per satuan luas (MWe/km²)
- Temperatur akhir : temperatur reservoir yang ditetapkan berdasarkan aspek teknologi dan ekonomi sebagai batas akhir pemanfaatan energi panas bumi apabila energi tersebut digunakan untuk pembangkit listrik.

4. ANGKA PARAMETER

4.1 Umum

Untuk melakukan estimasi potensi energi panas bumi dibutuhkan parameter-parameter fisis yang selanjutnya digunakan dalam rumus-rumus yang ada.

Parameter-parameter ini dibagi menjadi dua yaitu parameter tetap dan variabel.

Parameter tetap dapat ditentukan dengan asumsi berdasarkan statistik data hasil penyelidikan di berbagai lapangan/daerah panas bumi, sedangkan variabel ditentukan berdasarkan pengukuran langsung dan atau hasil pengolahan data lapangan.

Status parameter pada suatu kelas sumber daya/cadangan tertentu dapat berubah dari suatu parameter tetap menjadi variabel, apabila pada kelas tersebut angka parameter dapat ditentukan dengan pengukuran langsung di lapangan atau dapat dihitung berdasarkan data lapangan yang ada.

4.1.1 Rumus Dasar

a. Dalam kelas sumber daya spekulatif digunakan metode perbandingan :

$$H_{el} = A \times Q_{el}$$

Keterangan : A adalah luas daerah (km^2) dan Q_{el} adalah rapat daya (daya listrik per satuan luas, MWe/km^2)

b. Dalam kelas sumber daya hipotetis sampai dengan cadangan terbukti digunakan metode volumetrik dengan rumus :

$$H_e = Ah [(1 - \phi) \rho_r c_r T + \phi (\rho_L U_L S_L + \rho_v U_v S_v)]$$

Keterangan :

H_e = kandungan energi panas (kJ)

A = luas daerah panas bumi prospek (km^2)

h = tebal reservoir (m)

T = temperatur reservoir ($^{\circ}\text{C}$)

S_L = saturasi air (fraksi)

- $S_V =$ saturasi uap (fraksi)
- $U_L =$ energi dalam air (kJ/kg)
- $U_V =$ energi dalam uap (kJ/kg)
- $\phi =$ porositas batuan reservoir (fraksi)
- $c_r =$ kapasitas panas batuan (kJ/kg °C)
- $\rho_r =$ densitas batuan (kg/m³)
- $\rho_L =$ densitas air (kg/m³)
- $\rho_V =$ densitas uap (kg/m³)

- c. Dalam kelas cadangan Terbukti, estimasi potensi energi panas bumi pada umumnya menggunakan metoda simulasi. Metoda simulasi ini menggunakan parameter-parameter yang diukur dari sumur panas bumi yang ada dan dibutuhkan dalam perhitungan potensi energi pada suatu lapangan panas bumi.

4.1.2 Prosedur Perhitungan

Estimasi energi panas bumi dengan metode volumetrik dapat dilakukan melalui prosedur sebagai berikut :

1. menghitung kandungan energi di dalam reservoir pada keadaan awal (T_i) :

$$H_{ei} = A \times h \times [(1 - \phi) \rho_r c_r T_i + \phi (\rho_L U_L S_L + \rho_V U_V S_V)]$$

2. menghitung kandungan energi di dalam reservoir pada keadaan akhir (T_f) :

$$H_{ef} = A \times h \times [(1 - \phi) \rho_r c_r T_f + \phi (\rho_L U_L S_L + \rho_V U_V S_V)]$$

3. menghitung energi maksimum yang dapat dimanfaatkan :

$$H_{th} = H_{ei} - H_{ef}$$

4. menghitung energi panas yang kenyataannya dapat diambil (cadangan panas bumi), jika cadangan dinyatakan dalam satuan kJ, maka besar cadangan ditentukan sebagai berikut :

$$H_{de} = R_f \times H_{th}$$

dimana,

$$R_f = \frac{T_i - T_f}{T_i - T_s} \times 100\%$$

dan jika cadangan dinyatakan dalam satuan MWth, maka besar cadangan ditentukan sebagai berikut :

$$H_{re} = \frac{H_{de}}{t \times 365 \times 24 \times 3600 \times 1000}$$

5. menghitung besarnya potensi listrik panas bumi, yaitu besarnya energi listrik yang dapat dibangkitkan selama periode waktu t tahun (dalam satuan MWe).

$$H_{el} = \frac{H_{de} \cdot \eta}{t \times 365 \times 24 \times 3600 \times 1000}$$

Keterangan :

T_i = temperatur awal ($^{\circ}\text{C}$)

T_f = temperatur akhir ($^{\circ}\text{C}$)

T_s = temperatur permukaan ($^{\circ}\text{C}$)

H_{ei} = kandungan energi dalam batuan dan fluida pada keadaan awal (kJ)

H_{ef} = kandungan energi dalam batuan dan fluida pada keadaan akhir (kJ)

H_{th} = energi panas bumi maksimum yang dapat dimanfaatkan (kJ)

H_{de} = energi panas bumi maksimum yang dapat diambil ke permukaan (cadangan panas bumi), kJ

H_{re} = energi panas bumi maksimum yang dapat diambil ke permukaan selama perioda tertentu (cadangan panas bumi), MWth

H_{el} = potensi listrik panas bumi (MWe)

R_f = faktor perolehan (fraksi)

t = lama waktu (umur) pembangkitan listrik (tahun)

η = faktor konversi listrik (fraksi)

4.2 Angka Parameter pada Kelas Sumber Daya Spekulatif

Parameter yang diasumsikan dalam kelas sumber daya spekulatif ini adalah rapat daya (MWe/km^2) sedangkan parameter luas daerah (km^2) ditentukan berdasarkan data geologi tinjau.

Tabel 1. Asumsi Rapat Daya pada Kelas Sumber Daya Spekulatif

Parameter	Temp. Tinggi ($>225^{\circ}\text{C}$)	Temp. Sedang ($125 - 225^{\circ}\text{C}$)	Temp. Rendah ($<125^{\circ}\text{C}$)
Rapat Daya (MWe/km^2)	15	10	5

4.2.1 Dasar Penentuan Angka Parameter

Rapat daya pada kelas sumber daya spekulatif ditentukan dengan asumsi berdasarkan data lapangan panas bumi yang telah ada.

4.3 Angka Parameter pada Kelas Sumber Daya Hipotetis

Beberapa parameter dalam kelas sumber daya hipotetis yang harus ditentukan dengan asumsi adalah : tebal reservoir, saturasi air, porositas batuan, kapasitas panas batuan, densitas batuan, umur pembangkitan dan faktor konversi. Parameter lainnya dapat diukur langsung di lapangan atau diambil dari referensi yang telah ada sebelumnya.

Tabel 2. Asumsi Angka Parameter pada Kelas Sumber Daya Hipotetis

Parameter	Temp. Tinggi (>225°C)	Temp. Sedang (125 - 225°C)	Temp. Rendah (<125°C)
Tebal reservoir (meter)	2000	2000	2000
Saturasi air (%)	100	100	100
Porositas batuan (%)	10	10	10
Kapasitas panas batuan (kJ/kg°C)	1.0	0.9	0.8
Umur pembangkitan (tahun)	30	30	30
Faktor konversi listrik (%)	10	10	10

4.3.1 Dasar Penentuan Angka Parameter

Angka-angka parameter pada kelas sumber daya hipotetis ini ditentukan dengan alasan sebagai berikut :

- Tebal reservoir didasarkan kepada ketebalan rata-rata reservoir dari lapangan yang sudah berproduksi.
- Harga saturasi air didasarkan kepada anggapan bahwa lapangan panas bumi tersebut adalah dominasi air.
- Porositas batuan didasarkan kepada hasil rata-rata pengukuran porositas batuan vulkanik di beberapa lapangan panas bumi.
- Kapasitas panas batuan ditentukan berdasarkan asumsi.

- Densitas batuan ditentukan berdasarkan hasil rata-rata pengukuran batuan di lapangan panas bumi.
- Faktor perolehan ditentukan berdasarkan asumsi.
- Umur pembangkitan listrik ditentukan berdasarkan rata-rata umur ekonomis pembangkitan listrik.
- Faktor konversi listrik ditentukan berdasarkan kemungkinan kehilangan energi panas setelah ditransfer ke dalam energi listrik.

4.4 Angka Parameter pada Kelas Cadangan Terduga

Parameter yang ditentukan dengan asumsi pada kelas cadangan terduga adalah : saturasi air, porositas batuan, kapasitas panas batuan, densitas batuan, umur pembangkitan dan konversi listrik. Parameter lainnya ditentukan berdasarkan pengukuran langsung di lapangan dan perhitungan dengan rumus-rumus yang ada.

Tabel 3. Asumsi Angka Parameter pada Tingkat Cadangan Terduga

Parameter	Temp. Tinggi (>225°C)	Temp. Sedang (125 - 225°C)	Temp. Rendah (<125°C)
Saturasi air (%)	100	100	100
Porositas batuan (%)	10	10	10
Kapasitas panas batuan (kJ/kg°C)	1.0	0.9	0.8
Densitas batuan (kg/m ³)	2.50 x 10 ³	2.60 x 10 ³	2.70 x 10 ³
Umur pembangkitan (tahun)	30	30	30
Faktor konversi listrik (%)	10	10	10

4.4.1 Dasar Penentuan Angka Parameter

Angka-angka parameter pada kelas cadangan terduga ini ditentukan dengan alasan sebagai berikut :

- Saturasi air 100 % karena fluida dalam reservoir dianggap jenuh air, dengan anggapan bahwa lapangan panas bumi tersebut adalah dominasi air.

- Porositas batuan didasarkan kepada hasil rata-rata pengukuran porositas batuan vulkanik di beberapa lapangan panas bumi.
- Kapasitas panas batuan ditentukan berdasarkan asumsi.
- Densitas batuan ditentukan berdasarkan hasil pengukuran dari batuan ubahan di lapangan panas bumi.
- Umur pembangkitan listrik ditentukan berdasarkan pada lama waktu (umur) pembangkitan listrik.
- Faktor konversi listrik ditentukan berdasarkan kemungkinan kehilangan energi panas setelah ditransfer ke dalam energi listrik.

4.5 Angka Parameter pada Kelas Cadangan Mungkin

Parameter yang ditentukan dengan asumsi dalam kelas ini adalah : umur pembangkitan dan faktor konversi listrik. Parameter lain ditentukan dengan perhitungan atau pengukuran langsung di lapangan atau referensi yang ada.

Tabel 4. Asumsi Angka Parameter pada Tingkat Cadangan Mungkin

Parameter	Temp. Tinggi (>225°C)	Temp. Sedang (125 - 225°C)	Temp. Rendah (<125°C)
Umur pembangkitan (tahun)	30	30	30
Faktor konversi listrik (%)	10	10	10

4.5.1 Dasar Penentuan Angka Parameter

- Umur pembangkitan listrik ditentukan berdasarkan pada lama waktu (umur) pembangkitan listrik.
- Faktor konversi listrik ditentukan berdasarkan pada kemungkinan rata-rata kehilangan energi di dalam transfer energi panas menjadi energi listrik.

4.6 Angka Parameter pada Kelas Cadangan Terbukti

Parameter yang ditentukan dengan asumsi dalam kelas ini adalah : umur pembangkitan listrik dan faktor konversi listrik. Parameter lain ditentukan dengan perhitungan atau pengukuran langsung di lapangan atau referensi yang ada.

Tabel 5. Asumsi Angka Parameter pada Tingkat Cadangan Terbukti

Parameter	Temp. Tinggi (>225°C)	Temp. Sedang (125 - 225°C)	Temp. Rendah (<125°C)
Umur pembangkitan (tahun)	30	30	30
Faktor konversi listrik (%)	10	10	10

4.6.1 Dasar Penentuan Angka Parameter

- Umur pembangkitan listrik ditentukan berdasarkan pada lama waktu (umur) pembangkitan listrik.
- Faktor konversi listrik ditentukan berdasarkan pada kemungkinan kehilangan energi panas setelah ditransfer ke dalam energi listrik.