

# **PENGEMBANGAN dan PEMANFAATAN SUMBER DAYA PANAS BUMI MEDIUM ENTHALPHY di DAERAH CISOLOK**

---

Oleh : Kris Pudyastuti, Utaminarsih W. S., Sjaffriadi.

## **INTISARI.**

*Kepulauan Indonesia yang tersebar dan adanya aktifitas vulkanis di beberapa tempat, memperkuat alasan penggunaan tenaga panasbumi sebagai energi pengganti.*

*Disamping pemanfaatan tenaga panasbumi enthalpi tinggi (seperti di Kamojang, Dieng & Lahendong), akan dikembangkan pula tenaga panasbumi enthalpi menengah untuk pembangkit listrik.*

*Berdasarkan penyelidikan secara geologi, geofisika & geokimia, maka dipilih daerah panasbumi Cisolok sebagai daerah percontohan Desa Geothermal, dimana tenaga panasbumi enthalpi menengah di daerah tersebut dapat diperoleh dengan pengeboran pada temperatur  $\pm 140^{\circ}\text{C}$  di kedalaman 300 – 600 meter.*

*Daerah panasbumi Cisolok yang mempunyai laju aliran panas antara 110 – 170 m<sup>3</sup>/jam dapat memberikan tenaga listrik terpasang sebesar 500 KW.*

## PENDAHULUAN.

**P**eluang energi panas bumi untuk memberikan alternatif terhadap energi konvensional sangat bergantung pada usaha pengembangan dan pemanfaatannya, yang di masa datang energi berasal dari sumber daya Alam ini diharapkan dapat mencapai  $\pm 10\%$  dari seluruh pengadaan energi. Pembangkit listrik Tenaga Panas Bumi Kamojang merupakan suatu hasil pengembangan & pemanfaatan sumber daya panas bumi untuk pembangkit listrik puluhan Megawatt pada potensi "high enthalpy".

Di Indonesia, sumber daya panas bumi "medium enthalpy" dengan manifestasi adanya mata air panas (hot spring) bertemperatur antara  $70^{\circ} - 150^{\circ}\text{C}$  adalah lebih banyak terdapat dari yang bersuhu tinggi (high enthalpy). Maka teknologi ekstraksi panas bumi pada medium enthalpy perlu dikembangkan.

Tulisan ini bermaksud membahas suatu kemungkinan pengembangan sumber daya panas bumi medium enthalpy untuk pembangkit listrik. Studi kelayakan di ladang panas bumi CISOLOK telah dilakukan bersama-sama dengan BRGM (Perancis) dan direncanakan sebagai Proyek Percontohan.

## SISTEM DAN KARAKTERISTIK LAPANGAN PANASBUMI CISOLOK.

### Pengertian Medan Panasbumi.

Medan panasbumi adalah semua sumber panas alam di bawah permukaan yang dapat dimanfaatkan untuk tujuan praktis yang menghasilkan energi panasbumi. Sedangkan energi panasbumi adalah panas alam dari dalam bumi yang terperangkap pada suatu area dan kedalaman tertentu. Energi yang tersimpan dalam reservoir panasbumi terdiri dari persediaan panas yang terutama terdapat dalam batuan, yang kemudian sebagian panas tersebut diberikan pada fluida air dan uap yang terdapat dalam media berpori maupun rekahan-rekahan (fractures).

Medan panasbumi memerlukan persyaratan geologi tertentu, sehingga uap yang dihasilkan dapat dipertanggungjawabkan secara ekonomis.

Adapun lingkungan geologi yang diperlukan untuk medan panasbumi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Sumber panas (Heat Source), yang berupa magma atau batuan lain yang mempunyai temperatur tinggi.
2. Reservoir, yaitu lapisan yang mempunyai porositas dan permeabilitas yang tinggi dan terletak di atas sumber panas, dan menghasilkan uap atau air panas serta mempunyai sirkulasi yang baik.
3. Lapisan penudung (cap rock), yaitu lapisan yang mengurung

reservoar sehingga uap tidak lepas keluar.

4. Adanya gejala tektonik dimana terbentuk rekahan-rekahan di kulit bumi, yang memberikan jalan pada uap & air panas bergerak ke permukaan.

Untuk lebih jelasnya, lingkungan geologi tersebut dapat ditunjukkan melalui suatu model sistem panasbumi (lihat Gambar 1).

### **Sistem Panasbumi.**

Klasifikasi sistem panasbumi dapat ditinjau dari berbagai segi, misalnya berdasarkan besarnya temperatur reservoar, kondisi fisik dan proses terbentuknya sistem reservoar tersebut.

Berdasarkan temperatur reservoar, terdapat 3 macam sistem panasbumi, yaitu :

1. Sistem panasbumi enthalpi rendah (Low Enthalpi), bila reservoar mempunyai temperatur  $< 70^{\circ}\text{C}$ .
2. Sistem panasbumi enthalpi menengah (Medium Enthalpi), bila reservoar mempunyai temperatur antara  $70^{\circ}\text{C} - 140^{\circ}\text{C}$ .
3. Sistem panasbumi enthalpi tinggi (High Enthalpi), bila sistem reservoar mempunyai temperatur  $> 140^{\circ}\text{C}$ .

Disamping pemanfaatan tenaga panasbumi enthalpi tinggi (seperti di Kamojang, Dieng dan Lahendong), perlu dikembangkan pula tenaga panasbumi enthalpi menengah untuk pembangkit listrik pedesaan.

Berdasarkan kondisi fisik & proses terbentuknya suatu reservoar, sistem panasbumi dapat dibedakan sebagai berikut :

1. Sistem Hidrotermal, yaitu sistem reservoar panasbumi yang mengandung air. Sistem ini dibagi menjadi dua yaitu : sistem dominasi uap (vapor dominated system) dan sistem dominasi air panas (Hot water dominated system).
2. Sistem Geopressure, yaitu sistem panasbumi yang ditimbulkan adanya reservoar yang bertekanan tinggi (misalnya di Gulf-Coast, Texas, Florida).
3. Sistem Hot Dry Rock, yaitu sistem panasbumi yang dihasilkan dalam bentuk cairan pijar maupun batuan panas.
4. Sistem Magma, yaitu sistem reservoar yang menyerap panas dari magma.

Dalam sistem uap yang dihasilkan, terdapat 2 jenis uap yaitu uap basah (wet steam) dan uap kering (dry steam). Penentuan jenis sistem uap ini sangat diperlukan untuk pemilihan alat pemisah (separator) dan konsumsi uap yang diperlukan.

### **Data Lapangan Panasbumi Cisolok.**

Daerah panasbumi Cisolok terletak di tepi graben besar yang memotong melintang dari Pelabuhan Ratu ke Gn. Salak, dan daerah

tersebut terletak sekitar 10 km dari Pelabuhan Ratu (Jawa Barat).

Keaktifan magmatik di lapangan panasbumi ini ditunjukkan oleh adanya kompleks Gn. Salak dengan sistem Kaldera Gn. Perbakti yang muncul di sisi gunung tersebut yang membentuk terobosan besar (large pluge).

Data geokimia menunjukkan bahwa sistem geyser dan air panas Cisolok adalah sistem yang mempunyai sumberpanas yang dalam dan daya larut mineral yang rendah (TDS = 1,2 g/l).

Dari hasil analisa kandungan  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  dan  $\text{H}_2\text{S}$  dapat diperkirakan bahwa reservoir ini dipanaskan oleh proses penaikan uap yang menembus melalui sesar-sesar dan diperkirakan reservoir tersebut mencapai temperatur  $\pm 140^\circ\text{C}$  pada kedalaman 300 – 600 meter.

Penggunaan metoda Self Potensial (Potensial Diri) dan Gravimetri dapat memperlihatkan model dengan kurva-kurva gravimetrik dan geologi permukaan yang memberikan pada kita hipotesa tentang sistem air panas yang muncul di permukaan.

#### **Model Kualitatif Bawah Permukaan.**

Anomali Potensial Diri positif yang dihubungkan dengan data tektonik dapat diinterpretasikan sebagai indikasi adanya sirkulasi hidrothermal aktif di sepanjang sesar yang membentuk struktur graben.

Hasil perhitungan dengan Geothermometer Na/Cl menunjukkan bahwa temperatur  $140^\circ\text{C}$  dapat diperoleh pada kedalaman yang dangkal (300 – 600 m). Dan reservoir tersebut dipanaskan oleh uap dari akuifer yang lebih dalam. Untuk lebih jelasnya model kualitatif bawah permukaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.

## **PANAS BUMI (GEOTHERMAL) POWER PLANT.**

### **Pemilihan Rangkaian Pengubah.**

Peralatan suatu Pembangkit Listrik Tenaga Panas bumi pada dasarnya dapat dibagi menjadi : Bagian Produksi uap/air Alam, Bagian Pengubah dari tenaga panas bumi menjadi tenaga listrik dan Bagian Listriknya.

Dasar untuk menentukan kriteria sistem Pengubah adalah "Site-specific characteristic" sumber yaitu : produktivitas & tekanan uap optimum pada lubang/sumur produksi uap/air Alam dan enthalpy fluida.

Hal ini akan berpengaruh pada produksi daya per unit Brine (fluida geothermal kotor) yang dikonsumsi oleh pengubah dan akan menyangkut segi ekonomi suatu Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi.

Gambar (3) menunjukkan hubungan antara daya yang dihasilkan oleh

suatu p engubah yang telah dipilih terhadap temperatur sumber. Disamping itu, kriteria-kriteria yang perlu dipertimbangkan untuk pemilihan suatu sistem p engubah adalah :

- Effisiensi yang optimum.
- Keandalan (reliability); harus dapat berfungsi dalam suatu lingkungan yang terisolasi serta perawatan yang tidak nijimet.
- Alih Teknologi; dapat "melihat" jangka panjang, ada kemungkinan dapat dibuat di Indonesia.

Dengan menganalisa beberapa rangkaian p engubah yang dapat digunakan untuk temperatur 70°C – 140°C (temperatur karakteristik daerah CISOLOK) maka dipilih sebuah rangkaian tertutup, sebagai fluida binernya adalah air geothermal.

Dengan menggunakan konversi thermodinamika unit p engubah ini dapat menghasilkan tenaga listrik ratusan kilowatt. Dalam prosesnya, memerlukan panas sekitar 140°C untuk menguapkan fluida kerja yang akan memutar turbin. Skema unit p engubah tersebut dapat dilihat pada gambar 4 .

#### Pendekatan Thermis.

Melalui sebuah siklus, tenaga panas bumi yaitu sebesar :

$$Q = m c_p (T_a - T_b)$$

akan dikonversi dalam bentuk tenaga mekanik yang kemudian diubah menjadi tenaga listrik oleh turbin.

Dimana :

$M$  : massa air geothermal.

$c_p$  : panas jenis air geothermal.

$T_a$  : temperatur air geothermal masukan (keluaran dari sumur produksi).

$T_b$  : batas temperatur minimum air geothermal dimana panas geothermal telah dipindahkan ke dalam fluida kerja, (temperatur air geothermal setelah keluar dari Penukar Panas/heat exchanger).

Maka akan diperoleh tenaga listrik sebesar :

$$\eta, W = \eta \times Q$$

adalah efisiensi sistem p engubah. Salah satu faktor yang menentukan efisiensi sistem p engubah adalah temperatur air pendingin pada Kondensor. Dalam hal ini sebuah analisa telah dilakukan oleh GEOWATT, lihat gambar 5).

## PERHITUNGAN HARGA LISTRIK PER KWH.

Peramalan "geothermal cost" sangat sulit karena keunikan yang tidak pasti (uncertainties) untuk sumber daya ini.

Eksplorasi dan biaya pengeboran sangat berubah-ubah & sensitiv terhadap beberapa parameter yang tidak dapat diramalkan (forecast) secara tepat sampai pengalaman "site-specific" diperoleh.

Pada pembahasan ini, berdasarkan data "geothermal-cost" yang sangat terbatas telah dicoba menghitung perkiraan harga listrik per KWH pada kapasitas terpasang 500 KW. Annual availability 91%, Load factor 90%.

A. ANNUAL FIXED COST	
DEPRECIATION CHARGE (c.r.f = 0.134)	\$ 421,430
PROVISION FOR WELL MAINTENANCE	\$ 153,000
B. ANNUAL VARIABLE COST	
OEC (3%/year 860,000)	\$ 25,800
O & M PERSONNEL	\$ 10,000
<b>TOTAL ANNUAL COST</b>	<b>\$ 610,230</b>
C. ANNUAL ELECTRICAL GENERATION 3,240,000 KWH	
D. KWH COST US \$/KWH	\$ 18,83 c/ KWH
	= Rp. 199.598/KWH

Perhitungan ini atas pinjaman dengan Bunga 12% per tahun selama 20 tahun.

### KESIMPULAN.

Sebuah mikro Power Plant ( $\pm$  500 KW) dapat dipasang pada sumber daya panas bumi enthalpy menengah (medium enthalpy).

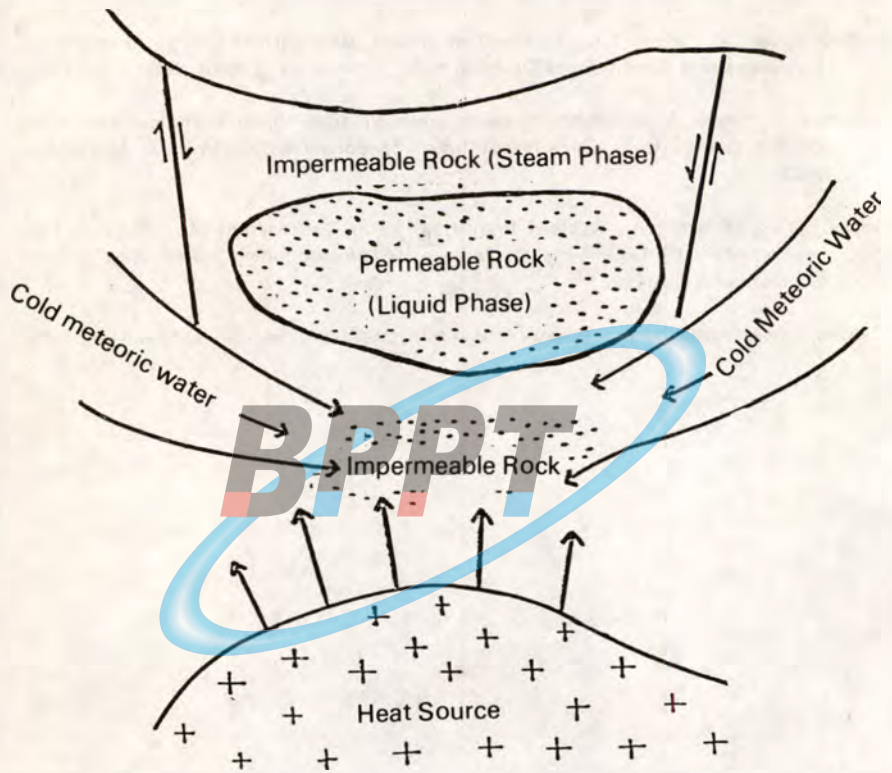
Rangkaian Pengubah yang dapat diadaptasikan untuk sumber daya alam ini adalah rangkaian tertutup dengan menggunakan Air Geothermal sebagai fluida biner.

Ladang panas bumi CISOLOK dengan potensi medium enthalpy dapat dimanfaatkan untuk Pembangkit Listrik sebagai Proyek Percontohan pelistrikan daerah-daerah terpencil dan terisolasi.

## DAFTAR PUSTAKA

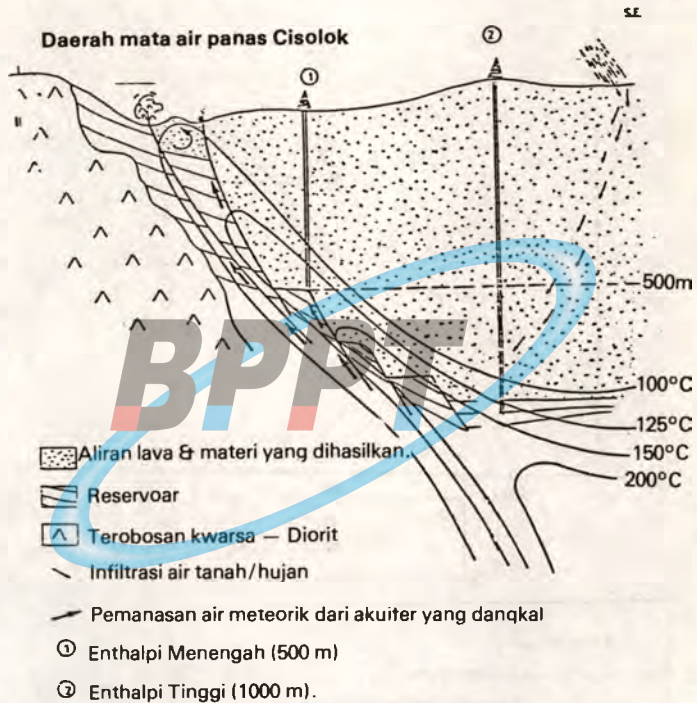
- Budd Jr, C.F., **Geothermal Energy for Electrical Generation**, Journal of Petroleum Technology, February 1984.
- D. Blair, Peter., V. Cassel, T.A., H. Edeistein, Robert, **Geothermal Energy: Investment Decisions and Commercial Development**, John Wiley & Sons, New York, 1982.
- Demange, J., Fabriol, R., Puvilland, P., **Geothermal Village Project Technical Report on Cisolok & Cigintung Areas (West Java – Indonesia)**, BRGM Paris, December 1983.
- Fradkin, D.C., McNabb, A., **System Identification in Geothermal Modelling**, in Proceeding of Pacific Geothermal Conference 1982, incorporating the 4th New Zealand Geothermal Workshops.
- F. Wahl, Edward. **Geothermal Energy Utilization**, John Wiley and Sons, New York, 1982.





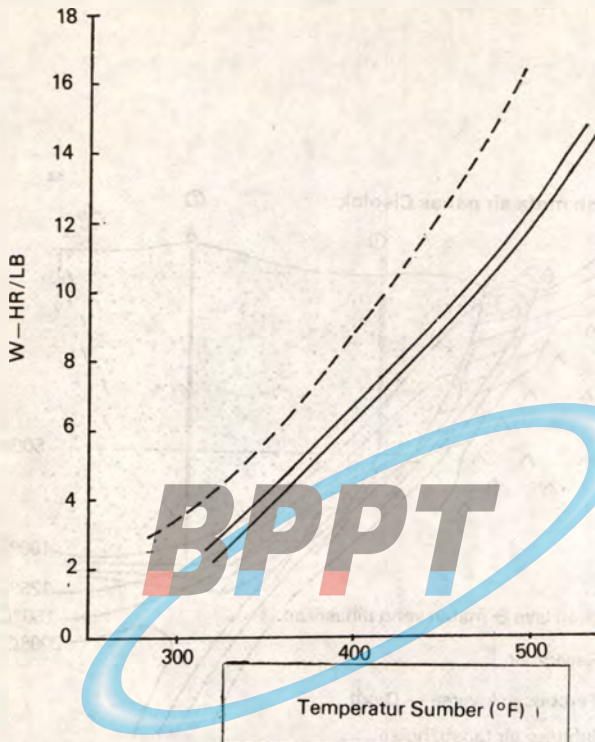
*gambar 1. Sistem Geothermal.*





**Gambar 2.**

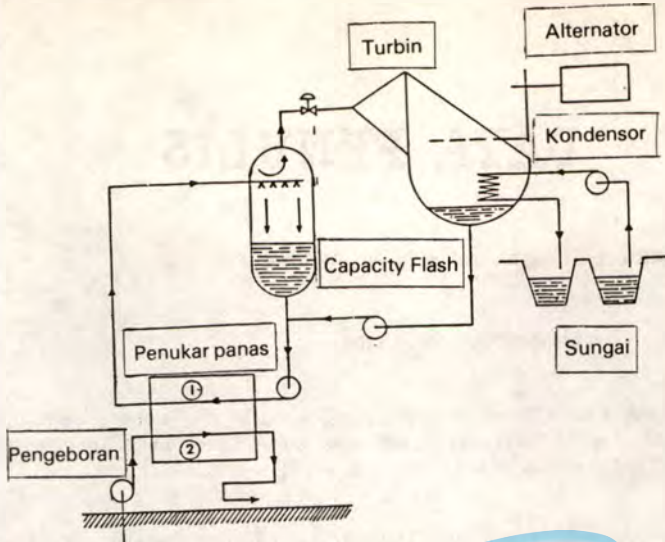
*Model Kualitatif Bawah Permukaan dan Distribusi Isothermal di Sepanjang Sesar dari Struktur Graben Cisolok — Pelabuhan Ratu.*



Keterangan :  
 - - - - Sistem biner  
 ——— Dual Flash Steam System.

Gambar 3).

Net brine Effectiveness. Yang menggambarkan keefektipan sistem Pengubah terhadap temperatur sumber.

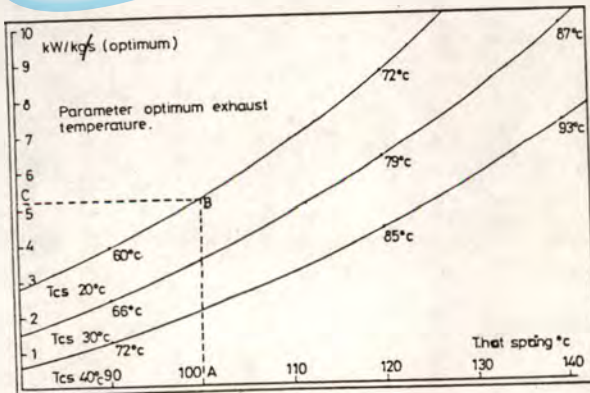


Keterangan :

- 1 aliran fluida kerja
- 2 aliran air geothermal

Gambar 4).

Skema sederhana sistem pengubah yang telah dipilih.



Gambar 5.

Jika kita mempunyai air geothermal dengan temperatur 100°C (titik A) dan air pendingin 20°C (titik B), maka akan diperoleh daya sebesar ± 5 kW (titik C) untuk kecepatan alir (flow rate) 1 kg/detik.