

# Energi Geothermal & Masalah Pemilihan Bahan pada PLTP

**BPPT**

Oleh : Ir. E.J. Lapien

## **INTISARI**

*Panas yang dikandung dalam bumi dapat menghasilkan energi yang dapat dimanfaatkan manusia untuk berbagai tujuan. Salah satu bidang penerapan utama masa kini adalah bidang pembangkitan tenaga listrik. Terdapatnya gas-gas yang tak terkondensasi/senyawa-senyawa kimia dalam fluida geothermal membawa berbagai masalah yang serius pada pengoperasian suatu PLTP. Masalah tersebut terutama mengenai soal korosi dan scaling (pembentukan kerak) harus diatasi dengan seksama. Cara mengatasinya yang terbaik bukanlah dengan memanfaatkan "corrosion inhibitors" dan sebagainya tetapi melalui cara pemilihan bahan yang baik dari peralatan-peralatan yang digunakan, terutama peralatan-peralatan yang akan berhubungan langsung dengan fluida geothermal.*

## **a. ENERGI GEOTHERMAL.**

**E**nergi panas bumi atau yang dikenal juga sebagai energi geothermal adalah sebenarnya energi panas alamiah yang dikandung di dalam bumi. Di berbagai daerah struktur bumi di bawah permukaan tanah memungkinkan suatu cara langsung untuk mengeluarkan panas tadi, dan sehubungan dengan itu dikenal tiga jenis sumber panas di bawah permukaan bumi yang dapat dimanfaatkan: hydrothermal, geopressured dan hot dry rock.

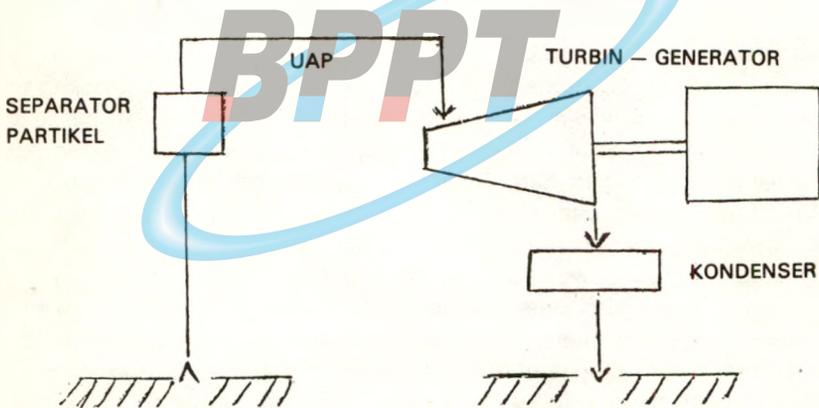
Sumber-sumber hydrothermal terdapat di mana batuan berpori (porous rock) atau batuan yang mengandung retakan-retakan (fractured rock) terisi air atau uap di suatu daerah dengan temperatur yang luar biasa tingginya. Sumber-sumber "geopressured" terdapat pada formasi-formasi pengendapan (sedimentary formations) yang dalam, dan mengandung "methane" yang telah larut di dalamnya. Methane ini kelihatannya dapat dipisahkan dan diperoleh secara ekonomis. Sumber-sumber "hot dry rock" terdapat pada batuan impermeable (impermeable = kedap = tidak dapat ditembus) yang menutup magma chamber. Contoh yang dikenal temperaturnya 170°C dan kedalamannya sekitar 2 km. Jadi sumber hot dry rock ini sering terdapat dalam volume besar di dekat lapisan bawah tanah di mana terdapat anomali panas, di mana "porosity" atau "fracturing" (keretakan) tidak cukup besar untuk mengandung air yang perlu untuk membentuk sumber hydrothermal yang dapat dieksploitir. Pada "hot dry rock" maka dibuatlah manusia "fractures" (retakan-retakan) dan ke dalam celah-celah fractures tersebut dialirkan air yang dengan sendirinya akan menjadi panas. Panas tersebut kemudian dapat dimanfaatkan. Pada hot dry rock di Fenton Hill, New Mexico, USA, telah dibuat "reservoir geothermal buatan manusia" pada kedalaman 2,7 km pada batuan granite kering dan panas dengan cara hydraulic fracturing. Pengambilan panas dari hot dry rock, maupun ekstraksi methane bersama pengambilan energi panas dan energi hidrolik dari sumber-sumber geopressured saat ini sedang giat diadakan penelitian di luar negeri, terutama USA. Hasilnya belum cukup memuaskan untuk tahap pengembangan komersial, walaupun mempunyai kemungkinan besar dapat memberikan sumbangan peranan sangat penting terhadap pengembangan energi-energi alternatif di kemudian hari. Selanjutnya dalam tulisan ini maksud energi geothermal hanya dibatasi pada sistem hydrothermal, yang memang sudah mulai banyak dikembangkan di atas bumi kita ini. Tadi dikemukakan bahwa pada sistem hydrothermal terdapat air bawah tanah di dalam batuan-batuan sangat "fractured" atau "permeable" (ada celah-celah retakan pada batuan). Air ini dipanaskan oleh magma dalam bumi dan bersirkulasi oleh "convection" (perpindahan panas konveksi). Logam-logam yang larut dalam air tersebut akan diendapkan membentuk suatu lapisan batuan yang disebut "cap rock". Cap rock ini akan menyebabkan naiknya tekanan sehingga air panas tadi dapat terkumpul selain sebagai air panas juga dapat sebagai uap. Bila dari tempat berkumpulnya air panas atau uap ini terdapat jalan yang dapat dilalui sampai ke permukaan bumi, maka kita akan menemukan "hot springs" atau "geysers". Jalan ini dapat juga sengaja diadakan manusia dengan cara pemboran, dan disebut pemboran sumur geothermal.

#### **b. Pembangkitan Listrik.**

Pengembangan sumber-sumber hydrothermal terutama ditujukan untuk bidang aplikasi pembangkitan tenaga listrik dan bidang penggunaan langsung panas geothermal (direct heat uses). Khususnya bidang aplikasi pembangkitan tenaga

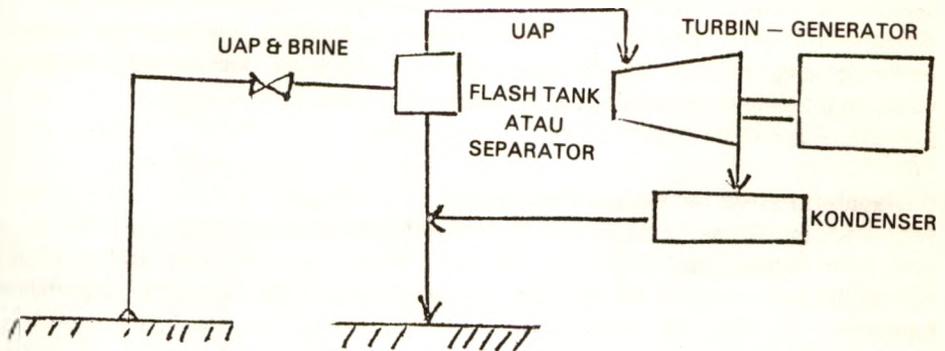
listrik ini yang menjadi perhatian dan tujuan Pertamina ketika menerima Keppres no. 16 tahun 1974 tanggal 20 Maret 1974, di mana Pertamina ditugaskan untuk mengadakan survey dan eksplorasi sumber energi geothermal di Indonesia, khususnya Pulau Jawa dan Bali. Mulai dari penyelidikan geologi terperinci, penyelidikan geofisika (tahanan jenis, gaya berat, magnetik, seismik), penyelidikan geokimia, penyelidikan suhu bawah tanah, pemboran eksplorasi, pemboran produksi hingga pemasangan pipa uap harus dilakukan Pertamina bersama instansi-instansi lain dalam rangka mengembangkan enam WKP (Wilayah Kerja Pertambangan) di Jawa dan Bali. Ke enam WKP tersebut ditunjuk oleh Menteri Pertambangan berdasarkan SK Presiden No. 64 tahun 1972. Ke enam WKP tersebut adalah Banten, Salak, Pelabuhan Ratu, Kamojang, Bali dan Dieng.

Fase pemasangan PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi) dilakukan PLN yang bekerja sama antara lain dengan GENZL (New Zealand), misalnya di Kamojang. PLTP-PLTP memanfaatkan ke dua jenis sumber hydrothermal — Lapangan dengan dominasi uap (sistem uap kering) dan lapangan dengan dominasi cairan (liquid, brine)(sistem uap basah). Untuk sistem uap kering diterapkan "Proses uap langsung" (Direct steam process), sebagai berikut :

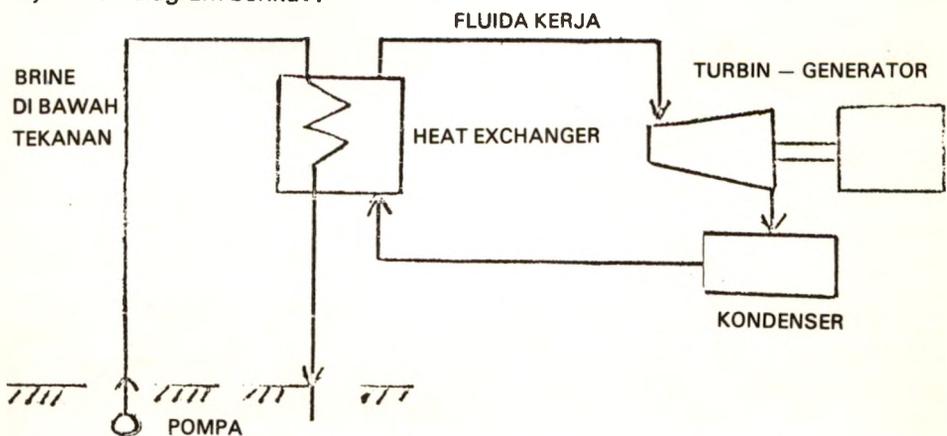


Dalam proses ini, uap dari sumur-sumur geothermal melalui separator-separator partikel menuju ke turbin. Uap ini masuk turbin dan memutar turbin, sehingga generator yang dikoppel dengan turbin akan berputar dan membangkitkan listrik. Uap yang telah digunakan ini setelah keluar turbin dikondensasikan di dalam suatu kondenser (condenser). Kondensat (hasil kondensasi) direinjeksi (ke dalam sumur reinjeksi) atau dimanfaatkan sebagai air pendingin tambahan. Unit-unit pembangkit semacam ini berkapasitas sekitar 50 MW dengan yang terbesar 135 MW.

Untuk sistem uap basah diterapkan "Proses uap melalui flash tank" (Flashed Steam Process), sebagai dalam diagram berikut :



Uap basah di sini sebelum masuk turbin harus melalui proses "flashing" terlebih dahulu. Artinya, uap dan "brine" (air panas dengan kandungan garam) yang berasal dari sumur geothermal harus dipisahkan sehingga hanya uapnya saja yang diteruskan ke dalam turbin untuk memutar turbin. Flashing terhadap brine untuk menghasilkan uap dapat terjadi di sumur itu sendiri atau dengan flash tank/separator (lihat diagram) atau kombinasi ke dua cara tersebut tergantung keadaan sumber geothermal bersangkutan. Saat ini terdapat unit-unit seperti ini dengan kapasitas hingga 50 MW. Selain ke dua sistem di atas, telah juga dikembangkan pembangkitan listrik dengan sistem "binary cycle", di mana uap geothermal tidak langsung memutar turbin. Uap geothermal/brine di sini hanya berfungsi memanaskan suatu fluida kerja dengan memanfaatkan sebuah heat-exchanger. Fluida kerja yang akan memutar turbin. Cara kerjanya adalah sebagai dijelaskan diagram berikut :



Secara termodinamika, binary cycle ini merupakan suatu Rankine cycle yang tertutup. Fluida kerja dapat berupa suatu halocarbon atau hydrocarbon ringan, atau suatu campuran hydrocarbon ringan. Sistem ini biasanya hanya untuk unit-unit kecil sampai beberapa ratus kilowatt, tetapi temperatur sumber geothermal yang dibutuhkan relatif bisa lebih rendah dan tidak akan menghadapi masalah penanggulangan H<sub>2</sub>S (H<sub>2</sub>S abatement) karena H<sub>2</sub>S tidak akan bercampur dengan fluida kerja, melainkan tetap bersama geothermal brine.

**c. Masalah Pemilihan Bahan Pada PLTP.**

Pada pemanfaatan energi geothermal untuk pembangkitan tenaga listrik sering timbul beberapa masalah yang perlu diperhatikan, yaitu masalah korosi, scaling (kerak air) dan tentunya sehubungan dengan itu pemilihan material atau pemilihan bahan.

Air untuk ketel/boiler yang dikelola baik, maupun uap dan air panas untuk suatu sistem pemanasan biasanya bebas dari komponen-komponen tertentu yang terdapat pada fluida geothermal. Fluida geothermal mengandung unsur/senyawa kimia yang merupakan penyebab utama dari korosi dan pembentukan kerak (scaling). Pengendapan dari bentuk-bentuk padat yang larut akan mengakibatkan scaling. Banyaknya bahan padat yang larut akan bertambah dengan naiknya temperatur. Bahan-bahan yang larut dalam fluida geothermal dan dapat menyebabkan korosi dan scaling adalah sebagai berikut :

<b>Korosi</b>	<b>Scaling</b>	<b>Bentuk</b>
Oksigen (kebocoran)		Gas
Hidrogen Sulfida		Gas
Karbon Dioksida		Gas
Ammonia		Gas
Hidrogen		Ion
Sulfat		Padat
Chlorida		Padat
	Silikat	Padat
	Karbonat	Padat
	Sulfida	Padat
	Oksida	Padat

Konsentrasi hidrogen, yang dinyatakan dengan pH, merupakan fungsi dari unsur/senyawa lain, misalnya karbon dioksida. Di sebagian besar reservoir geothermal tidak terdapat oksigen karena oksigen dan hidrogen sulfida (H<sub>2</sub>S biasanya terdapat pada fluida geothermal) tidak dapat koeksistensi (hidup bersama)

dalam jumlah yang cukup pada keadaan equilibrium. Adanya konsentrasi tertentu oksigen ( $> 10$  ppb) walaupun terdapat H<sub>2</sub>S disebabkan biasanya oleh kebocoran udara ke dalam sistem pemipaan atau tercampurnya air yang berdekatan sekali dengan permukaan bumi dengan fluida geothermal tadi.

**Hidrogen Sulfida.** Pengaruh paling berat dari H<sub>2</sub>S adalah terhadap campuran-campuran tembaga dan nikel. Pengaruh H<sub>2</sub>S terhadap material dengan dasar besi (Fe) lebih sukar diramalkan. Baja berkekuatan tinggi sering mengalami keretakan oleh "sulfide stress" (tekanan disebabkan adanya sulfida). H<sub>2</sub>S dapat menyebabkan kerusakan terhadap baja. Kerusakan ini disebut hydrogen blistering. Bila dalam suatu proses energi geothermal, fluida geothermal tercampur udara maka kandungan H<sub>2</sub>S tadi akan beroksidasi menjadi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Sifat keasaman (acidity) dengan demikian bertambah.

**Karbon Dioksida.** Di suatu tempat yang mempunyai sifat keasaman, CO<sub>2</sub> dapat mempercepat korosi pada baja karbon (carbon steels). Nilai pH dari fluida geothermal dikendalikan oleh CO<sub>2</sub>.

**Ammonia.** Ammonia dapat menyebabkan keretakan oleh korosi dan tekanan/stress pada beberapa campuran tembaga.

**Sulfat.** Pada sebagian besar fluida geothermal pengaruh sulfat terhadap korosi tidak besar.

**Hidrogen.** Konsentrasi ion hidrogen dinyatakan oleh pH. Bila pH lebih kecil daripada 7 (tujuh) laju korosi dari carbon steels naik secara cepat.

**Chlorida.** Chlorida dapat menyebabkan keretakan pada logam-logam oleh "stress-corrosion".

Suatu faktor penting yang harus diperhatikan sewaktu mengevaluasi sebuah sumber geothermal adalah bahwa karakteristik kimia dari komposisi fluida geothermal akan berbeda dari satu lapangan ke lapangan yang lain. Dengan berjalannya waktu akan terjadi perubahan-perubahan pada sumur geothermal yang disebabkan perubahan pada aliran fluida sebagai akibat adanya produksi dari reservoir.

### **Penanggulangan Akibat Korosi.**

Ditinjau dari segi volumenya, fluida geothermal yang diperlukan untuk membangkitkan listrik sangat banyak sehingga secara ekonomis tidaklah layak dalam hal ini untuk menanggulangi korosi dengan memanfaatkan "corrosion inhibitors" atau "zat penghambat korosi". Dalam hal ini lebih dianjurkan untuk mengatasi akibat-akibat korosi dengan mengadakan seleksi material/bahan dari peralatan-peralatan yang dipakai. Material/bahan yang dipakai harus diseleksi sesuai dengan sifat-sifat fluida geothermal di mana peralatan tersebut akan dipakai. Material yang biasanya dipakai misalnya stainless steel, titanium, campuran titanium (titanium alloy), campuran dengan dasar nikel (nickel based alloys), campuran dengan dasar tembaga.

Umumnya stainless steel mempunyai uniform corrosion rate yang kecil pada fluida geothermal, tetapi seleksi harus diadakan secara hati-hati, karena kadang-kadang dapat terjadi bentuk-bentuk korosi yang parah seperti "stress corrosion cracking" (keretakan tekanan-korosi), "sulfide stress cracking" (keretakan tekanan sulfida) dan lain-lain.

Titanium dan campuran-campurannya mempunyai daya tahan terhadap korosi yang baik kecuali untuk keadaan ekstrim. Head Exchangers pada proyek OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion) misalnya memakai pelat-pelat Titanium untuk menghadapi korosi air laut.

Campuran Nikel sering juga digunakan korosi air laut.

Campuran Nikel sering juga digunakan sebagai material melawan korosi, Campuran Ni—Cr—Mo merupakan material yang dapat diterapkan terhadap fluida geothermal temperatur tinggi. Campuran Ni—Cr—Fe merupakan material yang baik terhadap korosi terutama di mana diinginkan sifat-sifat mekanis yang baik. Campuran ini merupakan saingan daripada stainless steel dalam banyak aplikasi.

Campuran tembaga sebagai material peralatan tidak dapat dipakai bila fluida geothermal banyak mengandung sulfida. Di Raft River U.S.A. terdapat fluida geothermal dengan kandungan yang rendah dari Sulfida sebesar 0,1 ppm di mana campuran tembaga sebagai material peralatan dapat dipakai. Walaupun demikian hasilnya (dalam hal ini campuran tembaga—nikel) masih kurang memuaskan.

#### DAFTAR PUSTAKA

1. Energy Technology Handbook — Considine.
2. Bahan-bahan/Catatan-catatan dari National Conference on Renewable Energy Technologies, Hawaii, December 1980.
3. Bahan-bahan/catatan-catatan dari GRC Annual Meeting, "Expanding the Geothermal Frontier", Reno, USA, September 1979.
4. Laporan-Laporan perjalanan dinas ke Dieng dan Kamojang.