

**PENGAWASAN EKSPLORASI PANAS BUMI  
DALAM RANGKA MENUJU 9.500 MW PADA TAHUN 2025**

Teuku Ishlah

Perekayasa Madya

Bidang Program dan Kerja Sama Pusat Sumber Daya Geologi

**SARI**

Kebijakan Energi nasional yang disusun oleh pemerintah, menargetkan bahwa penggunaan sumber energi panas bumi akan ditingkatkan sehingga komposisi energi panas bumi mencapai 5% dari total baur energi yang digunakan di Indonesia pada tahun 2025 sehingga total produksi listrik panas bumi mencapai 9.500 MW. Pencapaian sasaran tersebut diperlukan kegiatan eksplorasi yang melibatkan perusahaan swasta nasional dan asing.

Sumber panas bumi dikelompokkan dalam 2 kelompok yaitu kelompok panas bumi akuifer yang berasosiasi dengan air bertemperatur panas dan batu panas kering yang tidak mengandung air. Panas bumi akuifer dieksploitasi sedangkan batu panas kering masih dalam percobaan. Lapangan panas bumi komersial terbentuk pada sabuk gunung api dengan karakteristik adanya patahan, lapisan penudung, reservoir, sumber panas dan areal imbuhan. Penentuan areal prospeknya diperlukan kegiatan eksplorasi yang memerlukan dana besar dan berisiko tinggi.

Pemerintah perlu melaksanakan pengawasan pelaksanaan eksplorasi di lapangan dan penggunaan dana eksplorasi sehingga pemerintah dan pengembang saling menguntungkan. Pedoman pengawasan harus diterbitkan sehingga pengawasan dapat optimal.

***Kata kunci : convective geothermal,  $EJ = 10^{18}$  Joule, anomaly geothermal deposits, Hot dry rock, Clean development mekanisme.***

**ABSTRACT**

On the base of the geothermal road map which is arranged by government, the using geothermal energy will reach around 5% of energy mix total in Indonesia on 2025. In reaching that target, exploration has to be carried out involving national and foreign company.

The geothermal resources are classified into two basic types : the geothermal aquifer, where water is present and hot dry rock, where rock temperatures are anomalous but no water is present. Geothermal aquifers are exploitable commercially but the extraction of energy from hot dry rock is still only experimental. The commercial geothermal field is located on volcanic belt which is characterized by fault zone system, cap rock, reservoir, heat source and recharge area. The choosing of prospect area, be needed exploration activity which require cost and high risk.

The government has to control the exploration activity in the field and to control the exploration cost with the aim the government and geothermal developer to get win-win solution. The regulation of the controlling have to be published up as optimum as possible.

## 1. LATAR BELAKANG

Energi saat ini merupakan kunci semua kegiatan dalam peradaban umat manusia. Sebagian besar konflik yang terjadi di dunia disebabkan oleh kebutuhan energi dan perebutan sumber energi terutama sejak revolusi industri. Diawali dengan perang 7 tahun antara Jerman-Perancis yang terjadi pada tahun 1760an bertujuan untuk menguasai sumber batubara di lembah Saarland (Saarbrücken). Perang Asia Raya (1942-1945), terjadi karena keinginan Jepang menguasai sumber minyak di Mongolia dan Asia Selatan. Demikian juga halnya dengan konflik berkepanjangan di Timur Tengah, Afganistan, Laut Cina Selatan terjadi akibat perebutan sumber minyak dan gas bumi.

Dalam pengukuran indeks kemakmuran suatu negara, konsumsi energi perkapita menjadi salah satu ukuran kemakmuran selain indeks pelayanan kesehatan, air bersih, pendidikan dan pendapatan perkapita. Konsumsi energi perkapita akan berbanding lurus dengan pendapatan perkapita suatu negara. Di negara maju seperti Amerika Serikat dan Negara-negara industri di Eropah Barat, konsumsi energi perkapita meningkat secara eksponensial dari tahun ke tahun. Saat ini sumber energi primer di dunia berasal dari minyak bumi, batubara, tenaga air, nuklir, gas, biomasa dan panas bumi.

Sedangkan di Indonesia, sumber energi primer yang digunakan pada tahun 2005, sebagian besar berasal dari bahan bakar minyak (54,4%), diikuti gas bumi (26,5%), batubara (4,1%), tenaga air (3,4%) dan panas bumi (1,4%). Sebaliknya, perekonomian negeri ini sangat tergantung pada minyak bumi sedangkan kapasitas produksi menurun hingga sekitar 950.000 barel perhari.

Pemerintah melalui Keputusan Presiden No. 5 Tahun 2006, menetapkan sasaran baur energi (energy mix) di Indonesia pada tahun 2025 akan diubah sehingga tercapai keseimbangan dengan komposisi batubara (termasuk batubara cair) lebih 35%, gas lebih 30%, minyak bumi lebih kecil dari 20%, tenaga air lebih 2% dan panas bumi lebih dari 5%. Kebijakan pemerintah tersebut diuraikan dalam road map pengembangan panas bumi yang disusun pada tahun 2004, yang menetapkan bahwa penggunaan sumber energi panas bumi akan ditingkatkan sehingga komposisi energi panas bumi mencapai 5% dari total baur energi yang digunakan di Indonesia. Pada tahun 2008 direncanakan penggunaan energi panas bumi dalam bentuk PLTP dengan kapasitas terpasang 2.000 MW, tahun 2012 menjadi 3.442 MW, tahun 2016 menjadi 4.600 MW, tahun 2020 menjadi 6.000 MW dan ditargetkan pada tahun 2025 mencapai 9.500 MW.

Pembangkitan listrik tenaga panas bumi pertama di dunia, adalah Pembangkit Listrik tenaga panas bumi di Larderello Italia (1904), Selandia Baru (1950), Amerika Serikat (1960), Meksiko, Rusia, Jepang, Taiwan, Filipina dan Indonesia (1984) serta El Salvador, Islandia, Kenia dan sebagainya.

Pada tahun 1990, kapasitas terpasang pusat listrik tenaga panas bumi di dunia telah mencapai 6.385 MW (tabel 1). Pertumbuhan kapasitas PLTP pada 1983-1990 mencapai 41%, selanjutnya mulai tahun 1990-2005 dan hingga saat ini, perkembangan PLTP menurun 21,1%. Bahkan kenaikan kapasitas terpasang yang mencapai 8.347,25 MW pada tahun 2005, berasal dari pembangunan kapasitas yang direncanakan dan dibangun sebelumnya. Hal ini disebabkan harga minyak bumi menurun pada tingkat harga antara 13 -17 dolar per barel pada tahun 1993-2001. Pada periode ini, hampir semua energi non BBM tidak menarik bagi investasi.

Mulai tahun 2003, dengan kenaikan harga minyak bumi dari 40 an dolar AS perbarel menjadi 90 dolar per barel pada November 2007 seharusnya akan menjadi pemicu penggunaan energi lain seperti batubara, gas, panas bumi, energi baru dan energi terbarukan lainnya.

Tabel 1. Kapasitas Terpasang Pusat Listrik Tenaga panas Bumi (MW)

NEGARA	1983	1985	1987	1990	2005
1. Amerika Serikat	1.454	2.022	2.090	2.516	2.534*
2. Filipina	781	894	894	1.041	1.931*
3. Italia	472	519	519	519	519
4. Meksiko	425	645	645	965	953*
5. Jepang	215	215	215	215	535,25*
6. Selandia Baru	167	167	167	283	435*
7. El Salvador	95	95	95	95	185*
8. Islandia	41	39	39	39	202*
9. Nikaragua	35	35	35	70	70
10. Indonesia	2	32	32	362	807*
11. Kenia	30	45	45	45	45
12. Eks Unisovyet	11	11	11	91	91
13. DII	11,5	40	26,4	130,5	130,5
JUMLAH	3.769,5	4.763	4.813,4	6.398,5	8.437,75

Sumber : Mining Journal 17 Juni 1988, World Resources 1992, dan Seminar Nasional Panas Bumi 2006 di Bali

## 2. ENERGI PANAS BUMI

Planet bumi yang jari-jarinya 6.300 km, memiliki aliran panas yang terjadi di dalam bumi sehingga semakin dalam dari permukaan, temperatur akan meningkat. Gejala ini dikenal sebagai gradient geotermal yang harga rata-rata mencapai 2°C/100 meter kedalaman. Pada daerah tertentu dipermukaan bumi terutama di jalur gunung api mempunyai angka gradient panas bumi yang tinggi. Berdasarkan perkiraan Bermen ER (1975) di pulau Hawaii, daerah gunung api muda, mempunyai batuan panas dengan volume 166,6204 km<sup>3</sup> dengan berat jenis 2,7 g/cm<sup>3</sup>, memiliki aliran panas sebesar 0,19 kal/g<sup>0</sup> Celsius. Diperkirakan jumlah panas pada batuan beku tersebut mencapai 85,5 x 10<sup>9</sup> kalori. Angka ini setara dengan 1500 juta ton bahan bakar minyak.

Sebagai gambaran, jumlah aliran panas yang dilepaskan oleh kerak bumi dengan luas permukaan 1 km<sup>2</sup> dengan ketebalan kerak bumi 35 km, diperkirakan mencapai 26,3 EJ (EJ = Joule x 10<sup>18</sup>). Konsumsi energi dunia pada tahun 1988 mencapai 370 EJ. Dengan demikian, untuk luas permukaan bumi 1km<sup>2</sup>, mampu menyumbang konsumsi energi dunia mencapai 6% dari konsumsi total energi dunia tahun 1988. Bila dibandingkan dengan cadangan terbukti minyak bumi, angka tersebut setara dengan cadangan terbukti minyak bumi yang ditemukan di Laut Utara (Mining Journal, London, 1988). Namun penggunaan energi panas bumi sangat rendah hal ini disebabkan, kemampuan teknologi dan harga uap panas bumi tidak menarik untuk dikembangkan karena keuntungan usaha ini sangat rendah. Bahkan sebagian besar pembangkit PLTP di dunia saat ini mendapatkan subsidi.

Edwards dkk (1982) memperkirakan sumber energi panas bumi dengan membuat kisi (grid) di seluruh daratan di permukaan bumi dengan luas pola 550 km x 550 km, dengan kedalaman mencapai 10 km. Kisi-kisi tersebut dibedakan dalam 2 kelompok, yakni kelompok yang memiliki aliran panas tinggi (>50 MW/m<sup>2</sup>) dan aliran panas rendah (<50 MW/m<sup>2</sup>). Dengan asumsi berat jenis batuan kerak bumi 2,5 g/cm<sup>3</sup> dengan aliran panas 770 J/kg<sup>0</sup> C diperoleh sumber panas bumi mencapai 245.000.000 EJ untuk daerah aliran panas tinggi dan 181.000.000 EJ untuk areal aliran panas rendah sehingga total mencapai 426.000.000 EJ. Bila manusia mampu menggunakan 0,1% dari

sumber daya panas tersebut (426.000 EJ), dengan tingkat konsumsi energi total dunia mencapai 370 EJ pada tahun 1988, maka sumber daya panas bumi akan mencukupi kebutuhan 1.151 tahun. Dalam praktek di lapangan, perkiraan teoritis dan wacana akademis ini tidak dapat diwujudkan secara ekonomis. Pemboran minyak bumi terdalam saat ini baru mencapai sekitar 10 km, sedangkan pemboran panas bumi terdalam sekitar 2000 meter.

Industri panas bumi memiliki fenomena yang sama dengan fenomena industri mineral. Timah terkonsentrasi pada jalur tertentu secara geologi. Demikian juga halnya dengan panas bumi yang secara ekonomis terkonsentrasi pada tempat tertentu yang dikenal sebagai "*anomaly geothermal deposits*" yang terletak di daerah gunung api dengan kenampakan panas bumi seperti sumber air panas, geyser, fumarol, solfatar, dan lumpur panas. Anomali geotermal dapat dikelompokkan dalam 2 kelompok yakni Akuifer Panas Bumi yang berasosiasi dengan air panas yang juga dikenal sebagai "*convective hydrothermal*" dan sumber panas bumi "hot dry rock" yang saat ini masih pada tahap penelitian. "Convective hydrothermal" dapat dibagi menjadi 2 yakni kelompok Akuifer Temperatur Tinggi (High Temperature Aquifer) dan Akuifer Temperatur Rendah (Low Temperature Aquifer).

Sumber energi panas bumi komersial saat ini dikembangkan pada sumber "*convective hydrothermal*" yang terletak pada jalur gunung api dengan ciri lingkungan geologi tertentu yang secara umum dapat dijelaskan sebagai berikut :

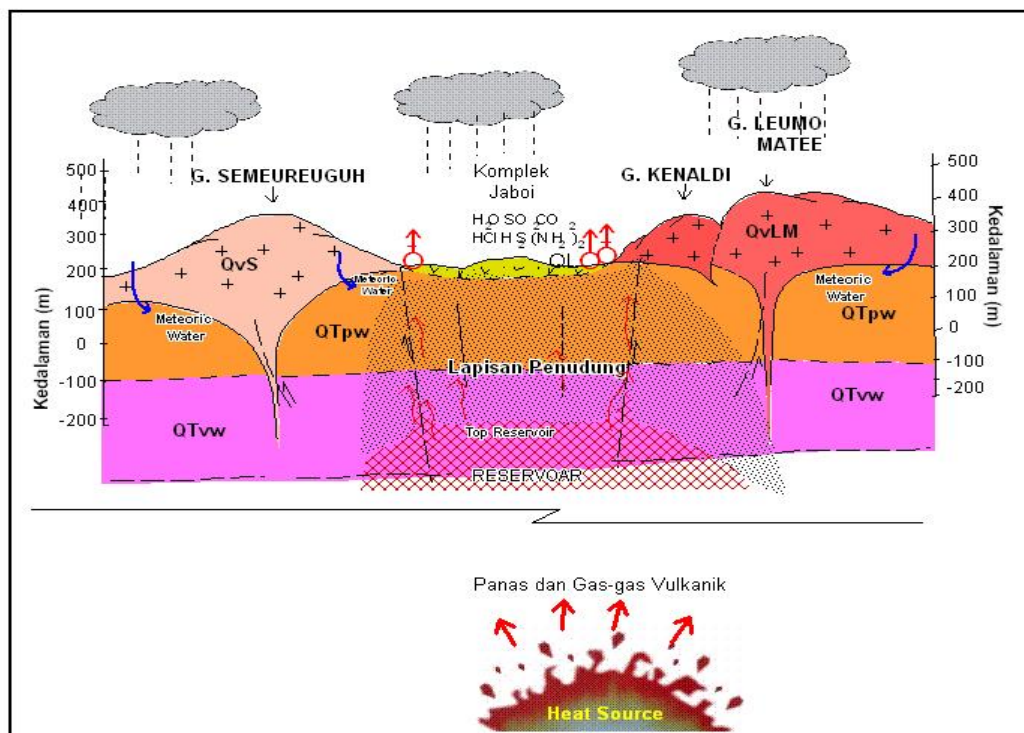
1. Adanya sistem patahan dan rekahan sehingga air permukaan dapat terserap ke dalam sistem secara alamiah sehingga terperangkap dalam reservoir dan akan dipanaskan sehingga menghasilkan uap panas. Sistem rekahan dan patahan ini akan menyebabkan timbulnya air panas (hotspring) yang dapat digunakan sebagai petunjuk pendahuluan dalam kegiatan eksplorasi panas bumi.
2. Adanya sumber panas yang berupa magma atau batuan beku yang panas (heat source) yang mengalirkan sejumlah panas dengan temperatur melebihi 350°C dan dangkal dari permukaan. Makin besar ukuran dapur magma, akan besar juga sumber panas yang akan memanaskan air yang terperangkap dalam reservoir. Secara tekno-ekonomis dapat dikembangkan.
3. Adanya lapisan perangkap (cap rock) yang kedap air (impermeable) yang menutupi reservoir sehingga uap dapat terperangkap dan akan memperoleh tekanan yang tinggi. Bila terjadi kebocoran yang mencapai dip permukaan maka akan terbentuk geiser (pancuran air panas) dan sumber air panas (hotspring).
4. Adanya patahan dan rekahan yang merupakan struktur geologi yang berguna untuk meningkatkan porositas dan permeabilitas reservoir panas bumi.
5. Memiliki curah hujan tinggi antara 3000-4000 milimeter per tahun sehingga sirkulasi air dapat terjamin sepanjang tahun. Di beberapa lapangan panas bumi yang telah beroperasi, air yang dihasilkan oleh uap panas akibat penurunan temperatur dan tekanan setelah memutar turbin diinjeksikan ke bawah permukaan. Pemasukan air ini dimaksudkan untuk menjaga keseimbangan air dan mencegah keruntuhan (*subsidence*).

Sebagai contoh, perhatikan model tentatif panas bumi daerah Jaboi, Kota Sabang Provinsi Nanggroe Aceh Darussalam, dengan lingkungan geologi yang memenuhi persyaratan terhadap sumber panas bumi. Hasil penyelidikan terpadu yang dilaksanakan pada tahun 2006, menunjukkan bahwa daerah panas bumi tersebut terletak di dalam kompleks depresi pulau Weh yang merupakan bagian dari zona depresi besar sesar Semangko. Struktur tersebut dapat dikenal dengan jelas di

lapangan seperti graben di Teluk Sabang-Balohan dan graben Lhok Pria Laot serta terbentuknya danau Aneuk Laot.

Aktifitas panas bumi yang terjadi di pulau Weh berhubungan dengan aktifitas tektonik-vulkanik yang terjadi sesudah terbentuknya gunungapi Leumo Matee dan Semeureuguh dengan batuan dasar ditempati oleh batuan vulkanik tua (satuan lava pulau Weh). Kenampakan panas bumi ditemukan di Komplek Jaboi, ditemukan kenampakan mata air panas bertipe bikarbonat dengan temperatur  $71^{\circ}\text{C}$ , pH netral dan fumarola dan hembusan uap panas bertipe sulfat asam dengan temperatur  $99^{\circ}\text{C}$ . Di lain tempat ditemukan batuan terubah (teralterasi), fumarol dan lumpur panas yang bertipe air klorida dengan temperatur tertinggi  $100,6^{\circ}\text{C}$  dan di Iboh ditemukan mata air panas netral dengan temperatur  $41^{\circ}\text{C}$ .

Berdasarkan hasil penyelidikan geofisika tahanan jenis listrik semu, ditafsirkan bahwa lapisan konduktif 3-5 Ohm-m dengan ketebalan antara 400-500 m diperkirakan sebagai batuan yang kaya dengan mineral lempung yang bertindak sebagai batuan penutup (cap rock) bagi sistem panas bumi di Jaboi. Pada kedalaman 650 meter menunjukkan tahanan jenis  $>20$  Ohm-m, diperkirakan sebagai peralihan dari batuan kaya lempung (cap rock) dengan puncak reservoir yang terletak pada batuan lava vulkanik tua Weh. Berdasarkan data geokimia, temperatur reservoir sekitar  $250^{\circ}\text{C}$ . Untuk mendapatkan lapangan panas bumi yang sesuai dengan kondisi geologi tersebut diatas diperlukan kegiatan eksplorasi.



Gambar 1, Model Tentatif Panas Bumi Daerah Jaboi, Kota Sabang (Sjafradkk. 2006)

## 2.1 Akuifer Temperatur Tinggi

Eksplorasi untuk panas bumi akuifer temperatur tinggi meliputi pemetaan geologi rinci, pemetaan hidrologi, geokimia dan geofisika yang umumnya metode tahanan jenis.

Selanjutnya, dilakukan survei landaian suhu dan pemboran. Dana yang diperlukan untuk membangun pusat listrik jenis ini mencapai melebihi 1 juta dolar AS per MW, termasuk biaya eksplorasi. Berdasarkan pengalaman di negara yang mengembangkan PLTP komersial, tingkat pengembalian investasi juga tinggi. Sebuah PLTP dengan kapasitas 110 MW dengan investasi 140 juta dolar AS dengan masa operasi produksi 30 tahun, diperkirakan pendapatan sekitar 50 juta dolar AS per tahun dengan ongkos operasional tahunan antara 10 -15%. Tingkat pengembalian investasi PLTP tersebut tercapai antara 3-4 tahun sejak dimulai beroperasi. Skenario ini terjadi disebabkan investasi PLTP di Negara tersebut, memperoleh kemudahan dari pemerintah dengan memberikan insentif perpajakan, tersedianya sarana jalan raya, jaringan transmisi, dan harga listrik yang tinggi serta pembebasan seluruh perpajakan pada masa eksplorasi.

Sedangkan di Indonesia, insentif pengembangan panas bumi belum diterbitkan oleh pemerintah, Selama ini disamakan dengan aturan investasi minyak dan gas bumi. Selain itu, lapangan panas bumi terletak di daerah terpencil yang tidak memiliki sarana jalan raya. Pada saat pembangunan PLTP Kamojang (1975-1983), untuk mengangkut peralatan, pengembang harus membangun/mengganti jembatan-jembatan antara Cirebon-Sumedang-Garut.

Khususnya di Amerika Serikat, negara adidaya yang mempunyai kebijakan energi domestik yang mendorong penggunaan energi non BBM, menyimpan cadangan minyak dalam negeri, mengimpor minyak bumi dari Timur Tengah dan mendorong perusahaan-perusahaan AS untuk mengeksplorasi minyak bumi di luar AS. Insentif penambangan batubara di AS dalam bentuk royalti hanya 7,5%. Dibandingkan dengan Indonesia, royalti dari hasil penambangan batubara dari perijinan Perjanjian Karya perusahaan Pertambangan Batubara (PKP2B) mencapai 13,5%.

Dengan kebijakan energi tersebut, pada tahun 1987, AS menggunakan panas bumi dengan kapasitas terpasang mencapai 2.090 MW di 14 lapangan panas bumi. Pada tahun 1990, kapasitas meningkat menjadi 2.516 MW dan pada tahun 2005 menjadi 2.534 MW. Sebaliknya AS juga pernah membangun PLTP di Sanoma Country di Negara Bagian California yang mengalami kerugian 87 juta dolar AS yang disebabkan sumber panas bumi di Sanoma Country dapat berpindah-pindah sehingga pemboran sumur produksi gagal memperoleh uap panas sehingga gagal menghasilkan tenaga listrik (Majalah Tempo, 15 September 1984).

Menurut Syafra Dwipa (2005), eksplorasi panas bumi berisiko tinggi dimana keterdapatannya reservoir panas bumi dibentuk oleh tatanan dan kondisi geologi yang kompleks. Tidak ada garansi bahwa pemboran eksplorasi atau pemboran produksi akan mendapatkan fluida panas yang ditargetkan. Pengembang harus siap baik mental maupun financial menerima eksplorasi sebagai kegiatan yang berisiko.

Filipina, negara yang memiliki sedikit sumber minyak bumi, telah mengembangkan panas bumi sangat maju, dengan kapasitas terpasang 1.931 MW atau 44,5% dari potensi panas buminya. Hal ini disebabkan kebijakan pemerintah yang memberikan berbagai kemudahan sehingga negara tersebut dapat mengurangi ketergantungan pada pasokan minyak dari Timur Tengah. Hal yang mendukung, harga listrik di Filipina mengikuti harga kelayakan ekonomi, pemerintah Filipina tidak memberikan subsidi tenaga listrik.

Secara global, investasi panas bumi akan tumbuh bila harga minyak bumi dunia paling rendah 20 dolar AS per barel. Pada periode 1989-1996, kegiatan pengembangan panas bumi mengalami tekanan berat akibat melimpahnya minyak bumi dengan harga antara 13 – 17 dolar AS per barel. Di Filipina, pengembangan panas bumi akan sangat menarik bila harga minyak bumi diatas 25 dolar AS per barel. Pengembangan panas bumi di Indonesia juga mengalami tekanan ekonomi dan tekanan tersebut bertambah berat pada saat berlangsungnya krisis ekonomi 1997 yang masih berpengaruh hingga

saat ini. Akibatnya target pemerintah untuk membangkitkan tenaga listrik sebesar 1.400 MW pada akhir Pelita VI (1998) tidak tercapai. Dengan harga minyak bumi saat ini, seharusnya panas bumi akan menjadi sumber energi alternatif.

## 2.2 Akuifer Temperatur Rendah

Sumber panas bumi akuifer temperature rendah (*Low Temperature Aquifer*) umumnya dicirikan dengan kenampakan air panas (*hot springs*) dibawah  $100^{\circ}$  C dan entalpi rendah. Terletak pada areal yang tidak memiliki anomali panas melainkan hasil sirkulasi fluida melalui batuan panas atau akibat gradien geotermal. Dipermukaan memperlihatkan terbentuknya sejumlah mineral atau air panas bertemperatur rendah dengan kondisi geologi yang stabil. Di Perancis, paling sedikit 35% penggunaan energi ini dengan temperatur dibawah  $80^{\circ}$  C, terutama pada musim dingin digunakan sebagai pemanas ruang. Hal yang sama terjadi di Islandia, Rusia dan negeri lainnya. Indonesia juga menggunakan sumber energi ini yang telah berkembang sebagai wilayah wisata (geowisata) seperti yang ditemukan di Ciater, Garut, Arjosari Kabupaten Pacitan, Sulawesi Selatan, dan sebagainya.

## 2.3 Batu Panas Kering (*Hot Dry Rock, HRD*)

Sumber panas bumi Batu Panas Kering (*Hot Dry Rock*) dicirikan dengan batuan panas kristalin yang tidak berasosiasi dengan air dan tingkatan permeabilitas rendah bahkan pejal. Negara yang telah melakukan kajian atas sumber ini antara lain Kerajaan Inggris (United Kingdom) yakni kemungkinan pengembangan panas bumi HRD dengan reservoir pada batuan sedimen pra-Tersier.

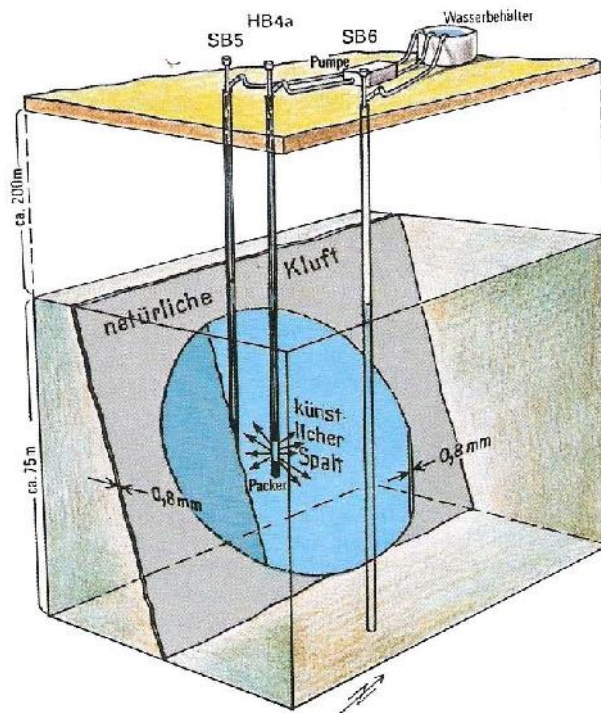
Pada tahun 1977, Kementerian Riset dan Teknologi Republik Federasi Jerman (Jerman Barat, sebelum bersatu) melakukan penelitian terhadap sumber panas bumi "*Hot Dry Rock*" di Falkenberg. Proyek ini, dikerjakan Geological Survey Of Lower Saxony (Kantor Survei Geologi Negara Bagian Niedersachsische, Hannover), dan Bundesamt für Geowissenschaften und Rohstoffe, dan Geophysikalischen Intitute der Universitäten Bochum (Gambar 2).

Untuk mengambil panas dari batuan granit kristalin yang impermeabel tersebut diperlukan pembuatan reservoir buatan dan 2 (dua) sumur bor berdampingan dengan kedalaman 275 m. Sumur bor pertama digunakan untuk memasukkan air ke dalam reservoir buatan yang disebut sebagai sumur injeksi dan sumur kedua sebagai sumur produksi dengan maksud untuk mengeluarkan uap panas yang dipanaskan oleh batuan beku granit kristalin.

Proyek ini sebenarnya dimaksudkan untuk membetuk lapangan panas bumi yang mirip dengan lapangan panas bumi di jalur gunung api. Proses ini memerlukan teknologi khusus dengan peralatan yang tahan panas. Proyek ini masih pada tahapan penelitian dengan tujuan :

1. Percobaan terhadap sistem hidrolika dan mekanik batuan. Percobaan ini menghasilkan data dan informasi tentang sifat fisika batuan (aliran panas, berat jenis, permeabilitas, tahanan jenis dsbnya), taksiran pemekaran rekahan, sifat gerakan rekahan buatan pada reservoir buatan, dan kimia batuan pada batuan reservoir buatan yang berkaitan dengan ketahanan aliran fluida. Percobaan ini juga mengamati hasil kegiatan penambahan tekanan terhadap terbentuknya rekahan sehingga terbentuk reservoir buatan yang akan digunakan sebagai wadah pemanasan air yang dimasukkan melalui sumur injeksi. Percobaan ini juga ditujukan untuk mengukur volume reservoir buatan yang terbentuk dan perubahan bukaan rekahan sebagai fungsi penambahan

tekanan fluida. Juga menentukan areal rekahan bersifat elastis dengan lebar maksimum 1 milimeter. Hasil lain diperoleh informasi kapasitas reservoir, kecepatan kebocoran, porositas reservoir dan sistem sirkulasi air yang berjalan dalam reservoir serta kebutuhan air.



Gambar 2, Sistem Pengembangan Panas Bumi HDR di Falkenberg, Jerman.

2. Percobaan ini juga ditujukan untuk memantau perubahan tekanan dan temperatur uap panas yang keluar dari sumur produksi dari waktu ke waktu dan pengukuran jumlah uap panas yang dihasilkan, sehingga dapat ditentukan kapasitas uap panas bumi buatan yang dihasilkan. Bersamaan percobaan ini juga dilakukan pemantauan kebutuhan air sebagai bahan baku uap panas yang diperlukan oleh perbandingan antara kebutuhan air dan produksi uap sehingga bisa diperkirakan potensi tenaga listrik yang dihasilkan.
3. Menentukan ukuran rekahan batuan dalam reservoir buatan dengan menggunakan metoda seismik pasif yang didasarkan atas gelombang yang terjadi pada saat pemecahan batuan. Semula pengukuran dilakukan dengan penempatan geophone dipermukaan, namun hasil pengukuran kegempaan kurang berhasil oleh karenanya dipindahkan ke dalam sumur untuk memperoleh data seismik yang akurat. Maksud pengukuran ini untuk mengamati pembentukan rekahan-rekahan.
4. Pengukuran besar rekahan yang bertujuan untuk mengamati pengaruh antara rekahan buatan dan rekahan alamiah. Pengukuran ini digunakan alat FEL (Focused Electrical Log) yang menghasilkan tahan jenis batuan dan temperature reservoir buatan.
5. Disamping itu juga diamati kemampuan peralatan yang digunakan dan pengamatan sifat kehausan sehingga dapat diperbaiki untuk pelaksanaan pengeboran panas bumi HRD pada masa mendatang. Percobaan ini juga

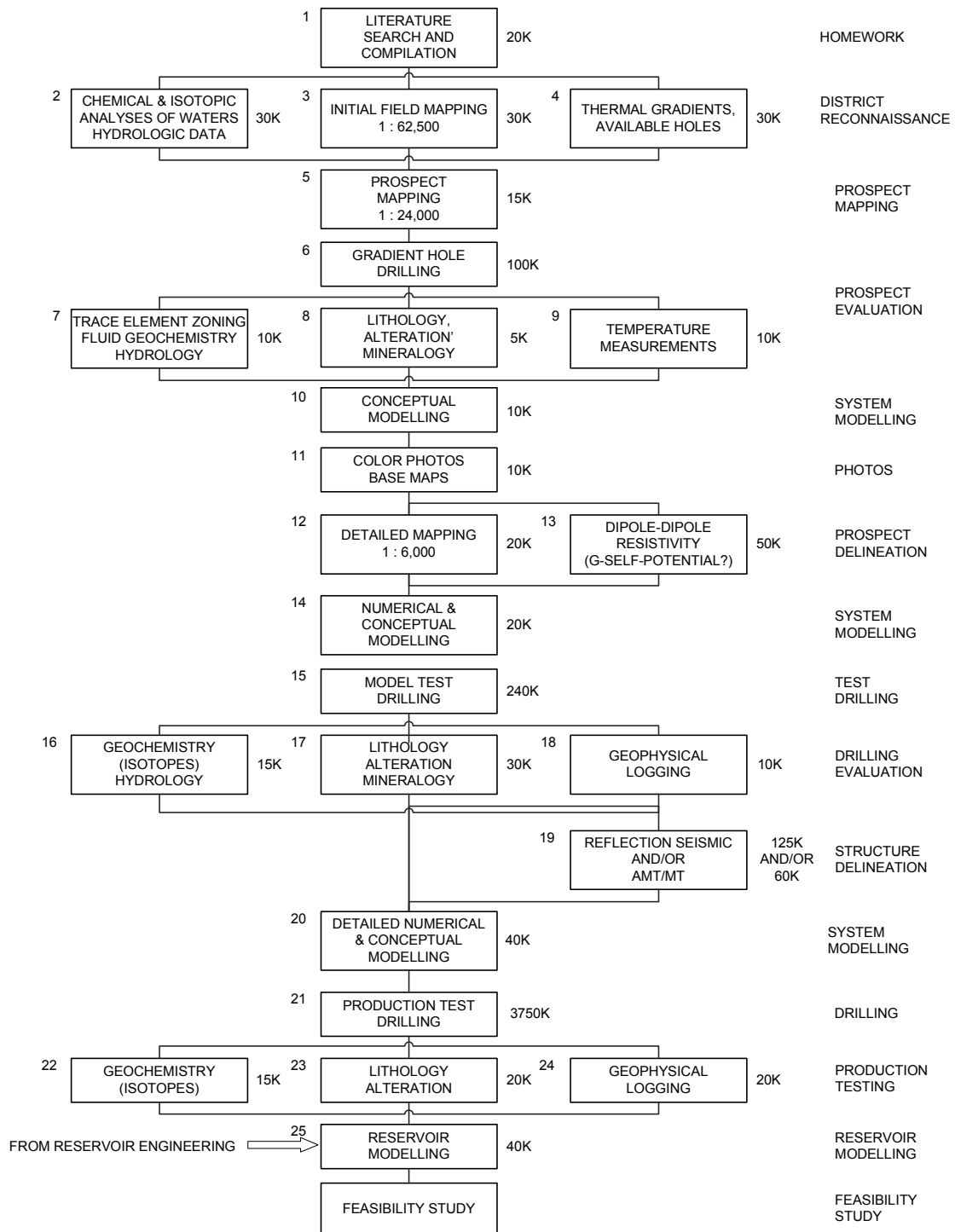


dijadikan sebagai percobaan awal dalam rangka pelaksanaan Program Pengeboran Dalam Kontinen dengan kedalaman 10.000 meter (10 KM) yang terletak di sebelah utara kota Munchnen, negara bagian Bavaria. Pengeboran ini sudah dimulai pada Desember 1986.

### **3. TAHAPAN EKSPLORASI**

Untuk mendapatkan lapangan panas bumi yang komersial, diperlukan kegiatan eksplorasi secara bertahap. Kegiatan eksplorasi panas bumi pada lapangan panas bumi jalur gunung api atau "convective hydrothermal" melalui 16 tahapan yang memerlukan dana dan waktu yang lama. Tahapan eksplorasi dan perkiraan ongkos eksplorasi sangat diperlukan dalam rangka membangun PLTP di Indonesia, dalam rangka pengawasan pengembangan panas bumi suatu lapangan, penetapan kinerja eksplorasi. Dengan diberikan kesempatan pelelangan areal panas bumi berdasarkan UU No. 27 Tahun 2003 Tentang Panas Bumi, evaluasi kegiatan eksplorasi dan harga lelang memerlukan analisis rasio sehingga pemerintah Indonesia tidak mengalami kerugian. Menurut (Wards S.H dkk, 1982), tahapan eksplorasi panas bumi sebagai berikut :

1. Tahap Studi Literatur yang meliputi pengumpulan daya sekunder, analisa foto udara, studi geomorfologi, geologi regional, geomagnet regional dan laporan geologi lainnya yang berkaitan. Kegiatan ini diperlukan dana 20.000 dolar AS.
2. Tahap Studi Tinjau pada suatu areal yang luas yang ditentukan dari hasil studi literatur. Kegiatannya meliputi pengambilan contoh untuk analisa kimia dan isotop dari contoh air, pemetaan geologi pendahuluan dengan sekala tertentu, dan pengukuran gradient geothermal. Kegiatan ini dimaksudkan untuk menaksir temperatur dan kondisi geologi faktual di lapangan panas bumi. Tahap ini memerlukan biaya 90.000 dolar AS.
3. Tahap Pemetaan areal Prospek dengan sekala semi rinci pada areal terpilih yang mempunyai peluang besar untuk memperoleh sumber uap panas bumi dari hasil eksplorasi tahap sebelumnya. Kegiatan yang dilakukan meliputi pemetaan struktur geologi dengan tujuan mendapatkan data patahan dan areal reservoar panas bumi. Biaya yang diperlukan 15.000 dolar AS.
4. Penilaian areal prospek yang meliputi kegiatan pengukuran gradien geothermal dengan metoda pemboran dengan biaya 100.000 dolar AS, kegiatan pengamatan unsur kimia jarang, mineral ubahan dan pengukuran temperatur dengan biaya 25.000 dolar AS. Tujuannya memperoleh data geologi bawah permukaan.
5. Sistem modeling dengan kegiatan evalluasi data yang diperoleh sebelumnya sehingga dapat tersusun model panas bumi daerah prospek. Pekerjaan ini memerlukan dana 10.000 dolar AS.
6. Tahap Pembuatan Foto Udara Berwarna dengan sasaran membuat peta dasar rupa bumi (topografi). Tujuannya untuk membuat peta dasar yang akan digunakan untuk pemetaan geologi rinci dan kegiatan eksplorasi lainnya.
7. Tahap Deliniasi Areal Prospek yakni penggambaran areal prospek dengan kegiatan pemetaan geologi sekala rinci (1:6000) dan pengukuran tahan jenis (geolistrik) dan potensial diri. Biaya yang diperlukan mencapai 70.000 dolar AS.
8. Tahap Modelling, dengan menggunakan metode numerik dan komputerisasi dengan biaya 20.000 dolar AS.
9. Pemboran Uji dengan tujuan menguji hasil eksplorasi yang dilakukan sebelumnya dengan pemboran uji dengan kedalaman antara 500-800 m. Biaya yang diperlukan 240.000 dolar AS.



BAGAN TAHAP EKSPLORASI PANAS BUMI DAN BIAYA YANG DIPERLUKAN (K = 1.000 X \$ AMERIKA SERIKAT)

Gambar 3. Bagan Tahap Eksplorasi Panas Bumi

10. Evaluasi pemboran dengan melakukan analisa isotop dengan tujuan perkiraan temperatur reservoir, sistem hidrotermal, perkiraan permeabilitas batuan inti bor dan serbuk pemboran, pengamatan mineral ubahan, litologi, logging geofisika. Biaya yang diperlukan mencapai 55.000 dolar AS. Penyelidikan struktur geologi dengan menggunakan metode sismik pantul dengan biaya antara 60.000 – 125.000 dolar AS. Pekerjaan ini dilakukan bila keyakinan penyelidikan sebelumnya masih diragukan.
11. Tahap Sistem Modeling dengan tujuan evaluasi data permukaan dan bawah permukaan yang diperoleh dari pemboran. Pekerjaan khusus ini memerlukan waktu 2 bulan dengan menyerahkan pekerjaan ke pihak ke-3 (konsultan ahli senior 2 orang) dengan biaya 40.000 dolar AS.
12. Pemboran Uji Produksi berdasarkan hasil evaluasi seluruh data yang diperoleh termasuk masukan dari konsultan. Biaya yang diperlukan 3.750.000 dolar AS untuk 3 sumur dengan total kedalaman 1.525 meter.
13. Uji Produksi terhadap hasil pemboran uji produksi dengan kegiatan melakukan analisa isotop, mineral ubahan dan logging dengan dana 35.000 dolar AS.
14. Tahap Modeling Reservoir dengan menggunakan perekayasa reservoir dengan biaya 40.000 dolar AS.
15. Studi Kelayakan untuk pengembangan, konstruksi

Dari uraian tersebut diatas dapat disimpulkan bahwa untuk setiap daerah prospek panas bumi diperlukan dana antara 4.590.000 – 4.655.000 dolar AS. Tahapan eksplorasi dan biaya yang diperlukan tersebut diatas, diambil dari Proyek Pengembangan Panas Bumi di Nevada Utara Amerika Serikat. Kajian eksplorasi ini diperlukan bagi instansi pemerintah yang mempunyai wewenang untuk menerbitkan perijinan usaha pengembangan panas bumi.

#### **4. PENGAWASAN EKSPLORASI**

Dalam road map panas bumi, pemerintah menargetkan penggunaan energi panas bumi untuk pembangkit listrik mencapai 9500 MW pada tahun 2025. Pada tahun 2008, sasaran penggunaan energi panas bumi mencapai 2000 MW, bertambah 1.193 MW yang berasal dari WKP yang telah ada. Dalam road map tersebut diharapkan peningkatan pemanfaatan panas bumi yang berasal dari Wilayah Kerja Panasbumi (WKP) baru akan dimulai pada periode 2012-2016. Peningkatan pada periode 2016-2025 sebesar 4.500 MW yang direncanakan seluruhnya berasal dari WKP baru.

Dari program pemerintah pengembangan baur energi tersebut diatas, dalam pengembangan panas bumi diperlukan investasi baik dari swasta nasional maupun swasta asing. Sedangkan eksplorasi panas bumi bisa dilakukan oleh pemerintah. Pertanyaan selanjutnya, hasil eksplorasi yang dilaksanakan oleh pemerintah dan swasta akan dinilai/dihargai berapa oleh pemerintah ?. Penilaian diperlukan dalam proses penawaran pelelangan WKP atau proses divestasi saham kepemilikan.

Untuk mendapatkan jawaban tersebut diatas diperlukan pengawasan terhadap kegiatan eksplorasi secara terus menerus. Sama halnya dengan penambangan minyak dan gas bumi, mineral dan batubara, maka pemegang ijin WKP juga wajib melaksanakan kegiatan eksplorasi seperti yang diatur dalam UU No. 27 Tahun 2003. Biaya eksplorasi dan risiko eksplorasi menjadi tanggung jawab perusahaan yang nantinya akan diperhitungkan sebagai modal awal dalam tahap eksploitasi. Akibat kegiatan eksplorasi, pihak swasta menguasai data kekayaan panas bumi dari pada instansi pemerintah itu sendiri sehingga swasta dapat menggunakan data dan informasi tersebut untuk berbagai kepentingan yang menguntungkan pihak swasta seperti

keuntungan memperoleh dana dari pihak ketiga seperti perbankan, dana kerja sama dengan perusahaan lain, dan dana dari bursa saham, rentan dengan penipuan data dan informasi serta dapat dipindah alihkan kepemilikan perusahaan.

Atas dasar tersebut maka diperlukan pengawasan kegiatan eksplorasi dan eksploitasi panas bumi diantara diperlukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan evaluasi terhadap data eksplorasi, penilaian kembali setiap areal kegiatan eksplorasi panas bumi dan penilaian harga dalam proses pelelangan terutama pelelangan untuk WKP Baru. Hasil eksplorasi panas bumi yang dilakukan oleh instansi pemerintah dan WKP terminasi harus dapat dihargai dengan nilai yang wajar dan layak sehingga posisi tawar menawar pihak pemerintah lebih baik. Badan Geologi Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, pada awal 2007 telah menyerahkan 14 WKP baru. WKP dan sebagian daerah prospek panas bumi lainnya telah dilakukan eksplorasi mencapai tahap 10 (sistem modeling) berdasarkan tahapan eksplorasi (Gambar 3) bahkan ada yang telah mencapai tahap 15 (tahap uji pemboran). Bila terjadi pelelangan, terjadi penurunan penilaian atas tahap eksplorasi yang sangat ekstrim misalnya dinilai oleh pengembang hanya tahap 5 (pemetaan areal prospek) berarti data eksplorasi yang dimiliki pemerintah dinilai rendah. Untuk mendapatkan penilaian yang layak, perlu diawasi kebenaran atas data eksplorasi, tahapan, jenis, metode, peralatan yang digunakan, kerapatan pengukuran, korelasi data eksplorasi yang dilaporkan serta pengawasan terhadap tenaga ahli eksplorasi. Manfaat utama dari pengawasan eksplorasi, instansi pemerintah memperoleh kebenaran data yang dilaporkan, mencegah penggunaan data yang tidak benar sejak awal terutama pada tahap rancang bangun PLTP, serta dapat meningkatkan posisi tawar menawar pemerintah. Tahapan eksplorasi, anggaran biaya eksplorasi dan pengalaman pengembangan panas bumi di negara lain dapat digunakan sebagai pembandingan.
2. Perlu ditetapkan standar atau pedoman evaluasi laporan kegiatan eksplorasi dan eksploitasi panas bumi. Pedoman ini diperlukan sehingga terdapat ketentuan minimal yang harus dilaksanakan oleh pengembang. Pihak penilai juga berkerja dalam rambu pedoman/standar sehingga tidak terjadi permintaan diluar rambu pedoman.
3. Evaluasi terhadap kegiatan eksplorasi yang dilaksanakan oleh WKP yang berkaitan dengan sasaran penggunaan panas bumi tahun 2008 sebesar 1.193 MW. Indonesia memiliki 7 WKP yang telah berproduksi dan meningkatkan kapasitas pembangkit. Pada tahun 2006-2007, direncanakan akan terjadi penambahan kapasitas terpasang listrik panas bumi di Sibayak (2 x 5,1 MW), Wayang Windu (110 MW), Kamojang Unit-4 (60 MW), Darajat Unit-3 (110 MW) dan Unit-4 (145 MW), Dieng Unit-2 dan Unit-3 (2 x 60 MW) dan Lahendong 2 x 20 MW sehingga jumlah seluruhnya mencapai 595,2 MW atau hanya 49,9% dari sasaran pembangkit tahun 2008 (Pusat Sumber Daya Geologi, 2006). Bila dibandingkan antara kondisi lapangan dan rencana pemerintah, tampaknya sasaran penggunaan panas bumi pada tahun 2008 sukar tercapai. Tidak tercapainya, sasaran tahun 2008 bukan berarti road map harus direvisi, seharusnya dikejar pada tahun selanjutnya dalam periode 2005-2025. Permasalahan lain, lapangan panas bumi generasi 2011-2025 termasuk lapangan marginal yang terletak di pulau-pulau kecil.
4. Pengawasan administratif dan pengawasan teknis tahap eksplorasi dan eksploitasi harus diperketat terutama dalam pertetujian terhadap Rencana Kerja dan Anggaran Biaya Tahunan (RKAB). RKAB merupakan awal pengawasan usaha pertambangan termasuk penambangan uap panas bumi. Hal yang penting

- dinilai dalam RKAB adalah kegiatan eksplorasi dan prosedur, tekanan kepala sumur, temperatur aliran pada kepala sumur, cadangan terbukti di kepala sumur, aspek finansial, pendapatan negara, aspek tenaga kerja, rencana pengadaan fasilitas produksi dan barang modal (master list), pengembangan masyarakat setempat, pencapaian keberhasilan dan sebagainya.
5. Bila pengembangan panas bumi melaksanakan perluasan areal eksplorasi, peningkatan areal produksi uap dan peningkatan kapasitas pembangkit, penilai (evaluator) harus bisa menentukan asal usul investasi. Investasi peningkatan kapasitas produksi bisa saja berasal dari pengembang yang telah dianggarkan dalam biaya operasional yang diperoleh dari penjualan. Apabila pengembang akan melepaskan kepemilikan saham, evaluator harus bisa menentukan harga saham yang layak. Kesukaran dalam penentuan harga saham, biasanya faktor psikologis sangat menentukan dimana harganya tidak berdasarkan perhitungan ekonomi (kasus Bre-X, Busang). Bila investasi diperlakukan sebagai telur ayam, pejabat penilai harus bisa menentukan asal-usul telur ayam tersebut. Kemungkinan pertama, telur ayam berasal dari induknya sendiri, artinya bertambahnya areal produksi dan peningkatan pembangkit berasal dari pendapatan perusahaan yang berasal dari hasil pendapatan yang berjalan. Dengan digunakan pendapatan untuk pengembangan, maka keuntungan perusahaan menjadi kecil bahkan minus. Akibatnya pemerintah tidak memperoleh pajak badan. Kemungkinan ke-2 telur ayam telur tersebut dibeli dengan dana yang berasal dari luar 100%, artinya investasi berasal dari luar tanpa menggunakan pendapatan hasil penjualan. Evaluasi ini diperlukan dalam rangka pengawasan investasi dan program divestasi terutama yang dilakukan oleh pengembang Penanaman Modal Asing. Hasil evaluasi ini, bisa digunakan dalam peninjauan status lapangan dimasa yang akan datang terutama pada saat Indonesia menggunakan tarif listrik pada tingkat harga yang menguntungkan secara ekonomi.
  6. Evaluasi aspek pendapatan negara juga diperlukan sehingga tidak terjadi pengembang panas bumi dengan keuntungan sangat tipis yakni dibawah tingkat bunga perbankan. Bila hal ini terjadi, pengembang lebih baik melakukan terminasi kontrak dan mengalihkan kekayaannya sebagai deposito di perbankan. Dalam evaluasi pendapatan negara, perlu disusun pengelompokan pembangkit panas bumi berdasarkan kapasitas terpasang dan jumlah listrik yang dihasilkan. Minimal dikelompokkan atas 3 kelompok yakni PLTP Sekala Besar, PLTP sekala menengah dan PLTP Sekala Kecil. Untuk kelompok sekala besar, keuntungan minimal yang diterima oleh perusahaan minimal diatas prosentase bunga perbankan rata-rata dalam tahun berjalan yakni lebih besar 7%, 3-4% untuk sekala menengah dan 2-3% untuk PLTP sekala kecil. Penetapan keuntungan minimal diperlukan untuk kepentingan perpajakan yang harus dibayar ke pihak pemerintah. Bila target minimal keuntungan tidak tercapai maka perusahaan pembangkit perlu disehatkan melalui pengawasan dan pembinaan dari instansi pemerintah. Bila perusahaan PLTP mengalami kerugian, perlu diambil tindakan diantaranya mengganti jajaran manajemen dengan memasukkan unsur pemerintah. Manajemen baru harus mampu memulihkan kinerja perusahaan tersebut.
  7. Dimasa yang akan datang, pengembang pembangkit energi bersih akan memperoleh pendapatan tambahan dari negara maju dalam kerangka pengurangan emisi gas karbon dioksida. Aspek keuangan ini telah disepakati dalam Protokol Kyoto, tentang pengurangan emisi karbon dioksida. Negara yang tercantum dalam Annex-1 berkewajiban menurunkan emisi gas karbon

- dioksida rata-rata 5,2% dari emisi 1990 untuk periode tahun 2008-20012 dengan harga 0,8 Kg- Ekuivalen CO<sub>2</sub> per kwh yang dikenal sebagai program CDM (Clean Development Mechanisme, Mekanisme Pembangunan Bersih). Hingga saat ini, CDM dalam pengembangan panas bumi, formula pendapatan tambahan ini belum disepakati siapa yang berhak mendapatkannya.
8. Hal lain yang perlu disiapkan regulasi tentang kemungkinan pengembangan panas bumi dengan teknologi biner dimana pembangkit listrik panas bumi tidak menggunakan uap panas bumi tetapi menggunakan air panas (hotspring) dengan temperatur antara 100-140<sup>0</sup> C dari lapangan panas bumi untuk memanaskan isobutana dan isopentana. Uap yang dihasilkan akan digunakan untuk memutar turbin. Air panas yang digunakan dimasukkan kembali ke dalam. Teknologi biner panas bumi pertama beroperasi terdapat di kompleks Coso Hot Springs (Mojave Desert, AS) dengan kapasitas terpasang 72 MW. Filipina, negara yang tidak memiliki minyak dan gas bumi, telah menggunakan teknologi biner dengan kapasitas pembangkit 125 MW di Mahiao dan 15,7 MW di Makban dan Selandia Baru dengan pembangkit di Rotokawa (30 MW), Mokai (60 MW), Kostarika (Miravalea, 18 MW). Bila teknologi biner digunakan, diperlukan ketentuan tersendiri.

## **5. KESIMPULAN**

Secara ekonomis, sumber panas bumi yang dapat dikembangkan sebagai sumber energi pembangkitan listrik terdapat di sepanjang jalur gunung api yang memerlukan eksplorasi secara bertahap dalam waktu lama. Indonesia memiliki prospek dalam pengembangan panas bumi dengan penawaran pada pihak swasta nasional dan asing dalam mengwujudkan program pengembangan panas bumi 9500 MW pada tahun 2025. Pengawasan eksplorasi juga harus ditingkatkan sehingga dapat memberikan sumbangan dalam pendapatan negara disamping pelayanan energi murah.

## **6. UCAPAN TERIMA KASIH**

Penghargaan setinggi tingginya kepada Dr. Sjafra Dwipa yang bersedia bertukar pikiran, masukan, koreksi dan mendorong untuk penyelesaian makalah ini.

## **ACUAN**

Bermen, E.R, 1975, Geothermal Energy, Energy Technology Review no. 4

Bundesantalt fur Geowissenschaften und Rohstoffe, 1983, Tatig Keitsberich 1981/1982

Febijanto, Irhan, 2005, Investment Prospect for Power Generator in Indonesia in the framework of CDM, BPPT Seminar "Fuel Utilization & Direction of Future Power Generator Technology in Indonesia" , Jakarta, July 21, 2005.

Herman, D.Z, 2005, Potensi Panas Bumi dan Pemikiran Konservasinya, Buletin Sumber Daya Mineral, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral Volume 1 Nomor 1 Edisi Tahun 2005.

Mining Journal, London, June 17, 1988, Geothermal Energy : Fuel For The Future.

Pusat Sumber Daya Geologi, 2006, Kegiatan Inventarisasi, Evaluasi, Eksplorasi dan Konservasi Sumber Daya Mineral Tahun Anggaran 2005.

Sjafra Dwipa, 2005, Peluang dan Tantangan Pengembangan Panas Bumi, Buletin Sumber Daya Mineral, Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral Volume 1 Nomor 1 Edisi Tahun 2005.

Sjafra Dwipa, 2006, Integrated Geological, Geochemical and Geophysical Survey in Jaboi Geothermal Field, Asia Geothermal Symposium, China

Ward S.H, Ross H,P, Nielsons D.L, 1982, Exploration strategy for high temperature hydrothermal system in Basin and Range Province, Energy Minerals, AAPG no. 25 Tulsa-Oklohoma USA.