

Geothermal: Dapat mengurangi ketergantungan bahan bakar fosil dalam menyediakan listrik negara

Disusun oleh Wahyudi Citrosiswoyo
Kepala Laboratorium Lingkungan dan Energi Laut, Jurusan Teknik Kelautan
FTK-ITS dan Ketua Pusat Studi Kebumihan dan Bencana LPPM-ITS

Pengantar

Tim analisis energi Goldman Sachs dari Amerika mengatakan bahwa dalam kurun waktu 6 – 24 bulan mendatang krisis energi akan terus berlanjut dengan harga minyak dapat mencapai antara 150 – 200 dolar AS per barel! Tetapi, Mr. Murti -ketua tim tadi- percaya bahwa harga minyak tidak akan naik lagi dan kembali normal setelah harga minyak yang tinggi dapat mengurangi deman dan merubah kebiasaan konsumsi minyak cukup untuk menjadikan suplai global tertata kembali. Dengan harga minyak sekarang ini, pemerintah telah berada dalam pilihan yang sangat berat untuk mengambil keputusan menaikkan harga minyak. Selain mengurangi kebiasaan boros energi seperti yang dikatakan Tuan Murti yang dapat menstabilkan harga minyak, sekarang ini bangsa Indonesia harus segera memperoleh solusi untuk masalah energi pada masa yang akan datang.

Walaupun krisis energi sekarang ini akan berlalu, usaha untuk mengganti peran bahan bakar fosil dengan sumber energi baru dan terbarukan perlu ditingkatkan lagi. Di antara berbagai sumber energi terbaru yang sedang dikembangkan, di bumi Indonesia terkandung potensi sumber energi sangat besar yang dapat mengurangi peran bahan bakar fosil dalam membangkitkan tenaga listrik. Yaitu sumber energi geothermal atau panas bumi.

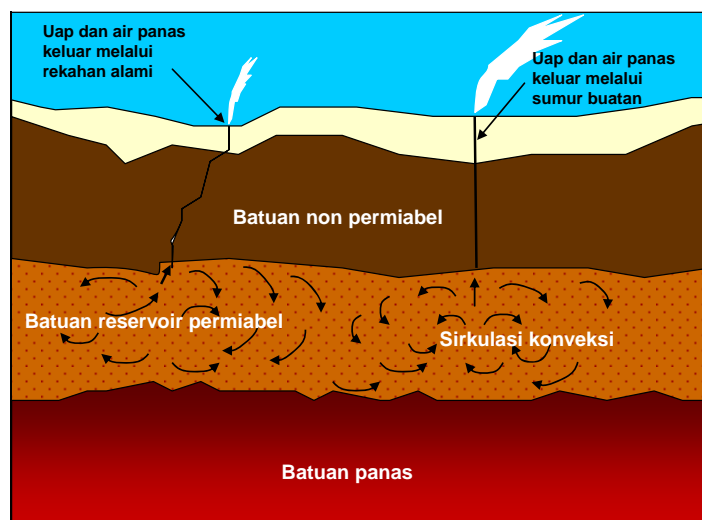
Secara tektonik posisi kepulauan Indonesia berada pada jalur zona tumbukan lempeng (tiga lempeng besar yang bertemu di kepulauan Indonesia). Tumbukan antar lempeng menyebabkan terbentuknya rangkaian gunung berapi yang memanjang dari Sumatra, Jawa, Nusa Tenggara, Sulawesi sampai Maluku. Karena tumbukan tersebut, aliran panas dari perut bumi dapat mencapai posisi yang relatif sangat dekat dengan permukaan bumi. Posisi itu pulalah yang menjadikan negeri ini mempunyai potensi panas bumi 27 GW atau setara dengan 40% dari cadangan energi panas bumi dunia! Dari potensi 27 GW baru dapat diproduksi kurang dari 1000 MW atau kurang dari 3,7%-nya pada tahun 2007. Mengingat sumber energi ini dapat mengganti peran bahan bakar fosil dan bahkan sangat memungkinkan menjadi sumber Pendapatan Negara Bukan Pajak (PNBP), maka usaha untuk meningkatkan produksi sangat perlu untuk ditingkatkan lagi.

Geothermal atau Panas Bumi

Secara singkat geothermal didefinisikan sebagai panas yang berasal dari dalam bumi. Sedangkan energi panas bumi adalah energi yang ditimbulkan oleh panas tersebut. Panas bumi menghasilkan energi yang bersih (dari polusi) dan berkesinambungan atau dapat diperbarui. Sumberdaya energi panas bumi dapat ditemukan pada air dan batuan panas di dekat permukaan bumi sampai beberapa kilometer di bawah permukaan. Bahkan jauh lebih dalam lagi sampai pada sumber panas yang ekstrim dari batuan yang mencair atau magma. Untuk menangkap panas bumi tersebut harus dilakukan pemboran sumur seperti yang dilakukan pada sumur produksi minyak bumi. Sumur tersebut menangkap air tanah yang terpanaskan, kemudian uap dan air panas dipisahkan. Uap air panas dibersihkan dan dialirkan untuk memutar turbin. Air panas yang telah dipisahkan

dimasukkan kembali ke dalam reservoir melalui sumur injeksi yang dapat membantu untuk menimbulkan lagi sumber uap.

Tenaga panas bumi adalah listrik yang dihasilkan dari panas bumi. Panas bumi dapat menghasilkan listrik yang reliabel dan hampir tidak mengeluarkan gas rumah kaca. Panas bumi sebagaimana didefinisikan dalam Undang-undang Nomor 27 Tahun 2003 tentang Panas bumi, adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air dan batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetis semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem panas bumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses penambangan. Panas bumi mengalir secara kontinu dari dalam bumi menuju ke permukaan yang manifestasinya dapat berupa: gunung berapi, mata air panas, dan geyser.



Gambar 1. Sketsa sistem panas bumi

Gradien Geothermal

Secara universal, setiap penurunan 1 km kedalaman ke perut bumi temperatur naik sebesar 25 - 30°C. Atau setiap kedalaman bertambah 100 meter temperatur naik sekitar 2,5 sampai 3°C. Jadi semakin jauh ke dalam perut bumi suhu batuan akan makin tinggi. Bila suhu di permukaan bumi adalah 27°C maka untuk kedalaman 100 meter suhu bisa mencapai sekitar 29,5°C. Untuk kedalaman 1 km suhu batuan dapat mencapai 52-60°C. Pertambahan panas tersebut dikenal sebagai gradien geotermal. Untuk tempat-tempat tertentu di sekitar daerah vulkanik gradien geotermal dapat lebih besar lagi. Variasinya 1 - 25°C / 100m.

Di dalam kulit bumi ada kalanya aliran air dekat sekali dengan batuan panas dengan suhu bisa mencapai 148°C. Air tersebut tidak menjadi uap (*steam*) karena tidak ada kontak dengan udara. Bila air panas tadi bisa keluar ke permukaan bumi melalui celah atau terjadi rekahan di kulit bumi, maka muncul air panas yang biasa disebut dengan *hot spring*. Air panas alam ini biasa dimanfaatkan sebagai kolam air panas, dan banyak pula yang sekaligus menjadi tempat wisata. Mata air panas di Indonesia tak terhitung jumlahnya.

Karena diperlukan kondisi tertentu agar supaya magma dapat berada di dekat permukaan bumi sehingga memungkinkan untuk memanaskan batuan dan air tanah di dalam reservoir, maka di permukaan bumi hanya sedikit tempat yang mempunyai potensi panas bumi. Terutama yang berada di area *Pacific Rim* atau dikenal juga sebagai *ring of fire* yaitu gugusan gunung berapi di kepulauan maupun pinggir benua yang membentang

melingkari Samudra Pasifik. Pada lokasi-lokasi tersebut rekahan-rekahan dalam tubuh batuan di kulit bumi jauh di bawah permukaan memberi jalan bagi magma untuk mengalir naik menuju posisi yang cukup dekat dengan permukaan tanah sehingga mampu memanaskan air tanah yang mengalir kebawah dan menempati lapisan batuan yang berdekatan dengan magma tersebut.

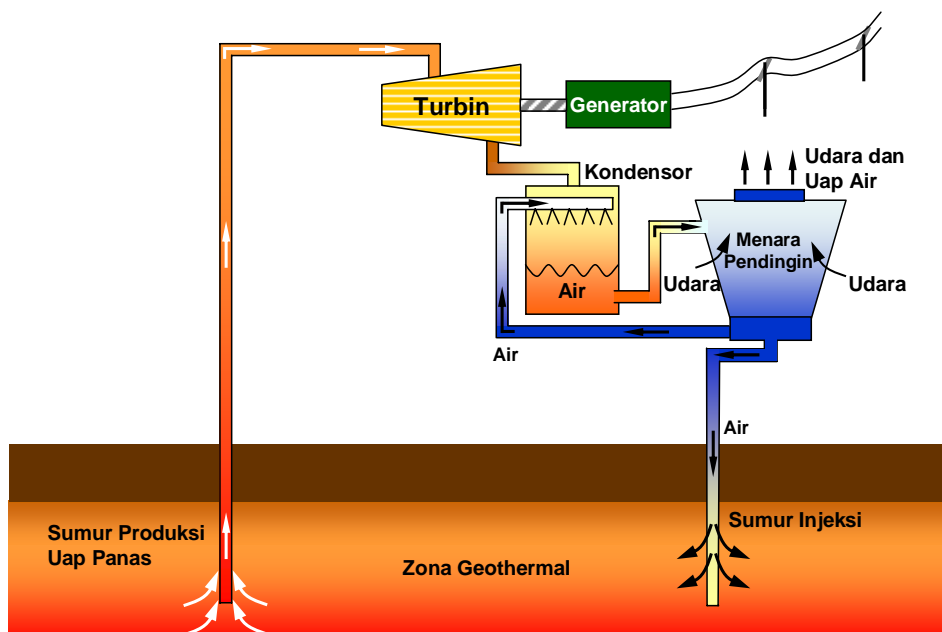
Bagaimana Merubah Panas Bumi Menjadi Tenaga Listrik?

Air dan uap panas yang keluar ke permukaan bumi dapat dimanfaatkan secara langsung sebagai pemanas. Selain bermanfaat sebagai pemanas, panas bumi dapat dimanfaatkan sebagai tenaga pembangkit listrik. Air panas alami bila bercampur dengan udara akan menimbulkan uap panas (*steam*). Air panas dan uap inilah yang kemudian dimanfaatkan sebagai sumber pembangkit tenaga listrik. Agar panas bumi dapat dikonversi menjadi energi listrik maka diperlukan pembangkit (*power plants*).

Reservoir panas bumi biasanya diklasifikasikan ke dalam dua golongan yaitu yang bersuhu rendah (<150°C) dan yang bersuhu tinggi (>150°C). Yang dapat digunakan untuk sumber pembangkit tenaga listrik dan dikomersialkan adalah yang masuk kategori *high temperature*. Namun dengan perkembangan teknologi, sumber panas bumi dengan kategori *low temperature* juga dapat digunakan asalkan suhunya melebihi 50°C. Pembangkit listrik dari panas bumi dapat beroperasi pada suhu yang relatif rendah yaitu berkisar antara 50 s/d 250°C.

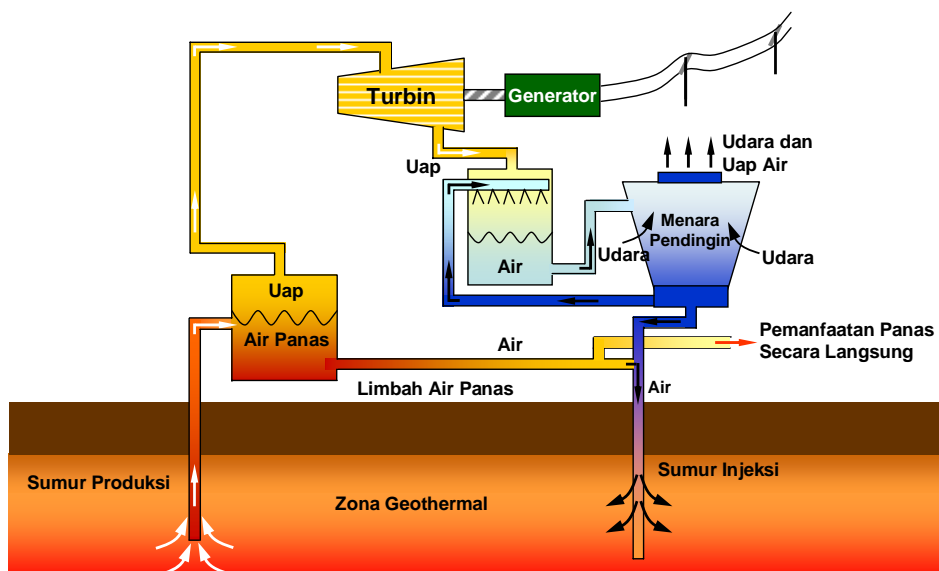
Sebagian besar pembangkit listrik menggunakan uap. Uap dipakai untuk memutar turbin yang kemudian mengaktifkan generator untuk menghasilkan listrik. Banyak pembangkit listrik masih menggunakan bahan bakar fosil untuk mendidihkan air guna menghasilkan uap. Pembangkit Listrik Tenaga Panas bumi (PLTP) pada prinsipnya sama seperti Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), hanya saja pada PLTU, uap dibuat di permukaan menggunakan boiler, sedangkan pada PLTP uap berasal dari reservoir panas bumi. Pembangkit yang digunakan untuk merubah panas bumi menjadi tenaga listrik secara umum mempunyai komponen yang sama dengan power plant lain yang bukan berbasis panas bumi, yaitu terdiri dari generator, turbin sebagai penggerak generator, *heat exchanger*, *chiller*, pompa, dan sebagainya. Ada tiga macam teknologi pembangkit listrik tenaga panas bumi yaitu *dry steam*, *flash steam*, dan *binary cycle*.

PLTP sistem *dry steam* mengambil sumber uap panas dari bawah permukaan. Sistem ini dipakai jika fluida yang dikeluarkan melalui sumur produksi berupa fasa uap. Uap tersebut yang langsung dimanfaatkan untuk memutar turbin dan kemudian turbin akan mengubah energi panas bumi menjadi energi gerak yang akan memutar generator untuk menghasilkan energi listrik (Gambar 2).



Gambar 2. Sketsa Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Sistem *Dry Steam*

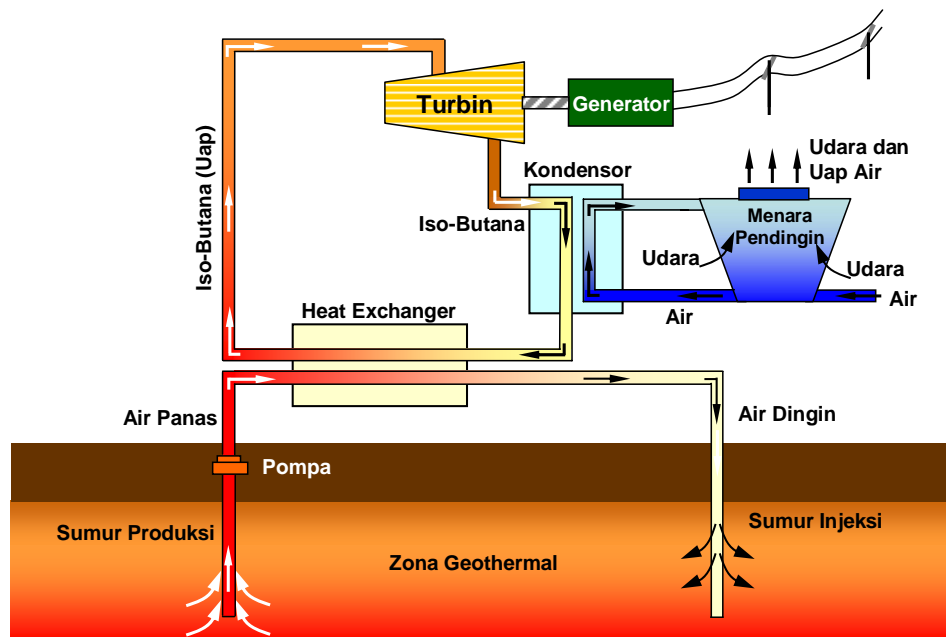
PLTP sistem *Flash Steam* merupakan PLTP yang paling umum digunakan. Pembangkit jenis ini memanfaatkan reservoir panas bumi yang berisi air dengan temperatur lebih besar dari 182°C . Air yang sangat panas ini dialirkan ke atas melalui pipa sumur produksi dengan tekanannya sendiri. Karena mengalir keatas, tekanannya menurun dan beberapa bagian dari air menjadi uap. Uap ini kemudian dipisahkan dari air dan dialirkan untuk memutar turbin. Sisa air dan uap yang terkondensasi kemudian disuntikkan kembali melalui sumur injeksi kedalam reservoir, yang memungkinkan sumber energi ini berkesinambungan dan terbaru (lihat Gambar 3).



Gambar 3. Sketsa Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Sistem *Flash Steam*

PLTP sistem *Binary Cycle* dioperasikan dengan air pada temperatur lebih rendah yaitu antara 107°C - 182°C . Pembangkit ini menggunakan panas dari air panas untuk mendidihkan fluida kerja yang biasanya senyawa organik (misalnya iso-butana) yang mempunyai titik didih rendah. Fluida kerja ini diuapkan dengan heat exchanger yang kemudian uap tersebut digunakan untuk memutar turbin. Air kemudian disuntikkan kembali kedalam reservoir melalui sumur injeksi untuk dipanaskan kembali. Pada seluruh

proses dalam sistem ini air dan fluida kerja terpisah, sehingga hanya sedikit atau tidak ada emisi udara (lihat Gambar 4).



Gambar 4. Sketsa Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi Sistem *Binary Cycle*

Bagaimana Mencari Sumber Panas Bumi?

Seperti halnya pencarian bahan tambang yang lain, untuk sampai kepada tahap produksi perlu dilakukan survei atau eksplorasi. Cara untuk memperoleh sumber panas bumi adalah dengan eksplorasi yang harus dilakukan dalam beberapa tahap. Tahapan survei eksplorasi sumber panas bumi adalah seperti berikut:

1. Survei pendahuluan dengan interpretasi dan analisa foto udara dan citra satelit
2. Kajian kegungupian atau studi vulkanologi
3. Pemetaan geologi dan struktur geologi
4. Survei geokimia
5. Survei geofisika
6. Pemboran eksplorasi

Faktor penting yang sangat mempengaruhi keberhasilan produksi tenaga listrik dari energi panas bumi adalah besarnya gradien geotermal serta besarnya panas yang dihasilkan. Semakin besar gradien geotermal maka akan semakin dangkal sumur produksi yang dibutuhkan. Semakin tinggi temperatur yang dapat ditangkap sampai ke permukaan akan semakin mengurangi biaya produksi di permukaan.

Selain temperatur, faktor-faktor lain yang biasanya dipertimbangkan dalam memutuskan apakah suatu sumberdaya panas bumi layak untuk dimanfaatkan sebagai pembangkit listrik adalah sebagai berikut:

- Mempunyai kandungan panas atau cadangan yang besar sehingga mampu memproduksi uap untuk jangka waktu yang cukup lama, yaitu sekitar 25-30 tahun.
- Menghasilkan fluida yang mempunyai pH hampir netral agar laju korosinya relatif rendah, sehingga fasilitas produksi tidak cepat terkorosi.
- Kedalaman reservoir tidak terlalu besar, biasanya tidak lebih dari 300 m di bawah permukaan tanah.
- Berada di daerah yang relatif tidak sulit dicapai.

- Berada di daerah dengan kemungkinan terjadinya erupsi hidrotermal yang relatif rendah. Proses produksi fluida panas bumi dapat meningkatkan kemungkinan terjadinya erupsi hidrotermal.

Keunggulan Energi Panas bumi dari Sumber Energi Lain

Energi panas bumi dapat menyediakan sumber tenaga yang bersih dan terbarukan serta dapat memberikan keuntungan yang signifikan. Emisi energi panas bumi tak mengandung polutan kimiawi atau tak mengeluarkan limbah dan hanya mengandung sebagian besar air yang diinjeksikan kembali ke dalam bumi. Energi panas bumi adalah sumber tenaga yang andal yang dapat mengurangi kebutuhan impor bahan bakar fosil. Panas bumi juga dapat terbarukan karena praktis sumber panas alami dari dalam bumi tidak ada batasnya.

Beberapa keunggulan sumber energi panas bumi adalah:

- Menyediakan tenaga listrik yang andal dengan pembangkit yang tidak memakan tempat
- Terbaru dan berkesinambungan
- Memberikan tenaga beban dasar yang konstan
- Dapat meng"conserve" bahan bakar fosil
- Memberikan keuntungan ekonomi secara lokal
- Dapat dikontrol secara jarak jauh
- Dapat mengurangi polusi dari penggunaan bahan bakar fosil

Energi Panas Bumi di Dunia

Tenaga panas bumi dapat memberikan/menyediakan 100% kebutuhan listrik dari 39 negara (lebih dari 620 juta jiwa) di Afrika, Amerika Tengah dan Selatan, dan di Negara-negara Pasifik. Penemuan reservoir panas bumi diyakini akan bertambah dengan meningkatkan kegiatan eksplorasi. Potensi sumber energi panas bumi terhitung lebih besar dibandingkan dengan jumlah gabungan sumber energi dari batubara, minyak dan gasbumi, serta uranium yang sekarang ada.

Perkembangan panas bumi di dunia pada dekade terakhir ini menunjukkan kemajuan yang pesat. Kapasitas terpasang total pada tahun 2000 sebesar 8661 MW, diperkirakan dapat naik 55% menjadi 13500 MW atau lebih pada tahun 2010. Pada tahun 2000, hanya 21 negara yang memproduksi tenaga panas bumi. Sampai tahun 2005, sedikit naik menjadi 24 negara. Tetapi, jika 22 negara yang sekarang sedang melakukan eksplorasi dapat berhasil pada tahun 2010, maka jumlahnya akan menjadi 46 negara yang memproduksi tenaga dari panas bumi.

Amerika Serikat masih menjadi negara nomor satu di dunia sebagai produser energi geotermal terbesar. Dengan memanfaatkan teknologi saat ini, energi panas bumi dari reservoir yang telah teridentifikasi diproyeksikan dapat berkontribusi 10% dari kebutuhan listrik di Amerika pada tahun 2050. Sedangkan Filipina pada beberapa tahun belakangan telah melakukan usaha luar biasa untuk memenuhi ambisinya menjadi negara produser energi panas bumi terdepan di dunia pada dua dekade mendatang. Untuk memenuhi ambisinya Filipina mengundang investor asing, menarik Bank Dunia serta mengizinkan perusahaan swasta dari seluruh dunia untuk tender kepemilikan PLTP di seluruh wilayahnya. Di New Zealand dan Australia, pengembangan energi panas bumi dilakukan bersama antara dana pemerintah dan sektor swasta.

Prospek Panas bumi di Indonesia dan di Jawa Timur

Pada tahun 2000 Indonesia mempunyai tidak lebih dari 9,1 miliar barel minyak (kurang dari 1% dari cadangan dunia), 137 triliun kubik feet gas (2% cadangan dunia) 36 miliar ton batubara (3% cadangan dunia). Menurut Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral (DIM), saat ini diperkirakan total potensi energi panas bumi Indonesia sebesar 27000 MW. Potensi ini setara dengan 40% dari cadangan panas bumi dunia. Lokasi panas bumi di Indonesia tersebar di 252 tempat mengikuti jalur gunung api yang membentang dari Sumatra, Jawa, Nusa Tenggara, Sulawesi sampai Maluku. Dari 252 lokasi panas bumi yang ada, baru 31% yang telah dilakukan survei secara rinci. Sehingga jumlah potensi tersebut akan berubah sesuai dengan hasil survei

Potensi panas bumi di Indonesia dengan total kapasitas sebesar 27.000 MW memiliki peluang besar untuk dikembangkan. Pemanfaatannya secara optimal akan dapat memenuhi kebutuhan energi listrik masyarakat Indonesia yang terus meningkat setiap tahun. Menurut PERTAMINA, pada tahun 2020 energi listrik panas bumi dapat dikembangkan dan memberi kontribusi bagi penyediaan energi listrik nasional sebesar 6000 MW. Hal ini menunjukkan tingginya peluang pengembangan sumber energi ini di masa depan.

Pemerintah telah menargetkan dapat memproduksi 2000 MW pada tahun 2008. Tetapi karena berbagai kendala, Indonesia baru mencapai output total mendekati 1000 MW pada tahun 2007 yang lalu. Produksi pada tahun 2010 diharapkan dapat mencapai 2000 MW, menjadi 9500 MW pada tahun 2025. Berarti pada saat ini produksi total listrik tenaga panas bumi baru mencapai kurang dari 3,7 % dari potensi total panas bumi Indonesia dan direncanakan meningkat menjadi 35% pada tahun 2025.

Di Jawa Timur terdapat 11 lokasi panas bumi yang dapat menghasilkan total energi 1206,5 MW atau hampir 5% dari total potensi di Indonesia. Kesebelas lokasi tersebut tersebar di Tirtosari, Pandan, Cangar-Tulungrejo, Songgoriti, Arjuno-Welirang, Telaga Ngebel, Argopuro, Tiris-Lamongan, Blawan Ijen, Rejosari dan Melati. Perkiraan potensi yang dapat dikembangkan antara lain terdapat di Iyang-Argopuro 285 MW, Ngebel-Wilis 120 MW, Ijen 270 MW, Arjuno-Welirang 230 MW dan Tiris-Lamongan 140 MW. Dari potensi yang ada di Jawa Timur belum ada satupun yang dikembangkan untuk pembangkit tenaga listrik. Dengan eksplorasi yang lebih detail pada daerah yang lebih luas, sangat mungkin potensi tersebut lebih besar dari pada yang diperkirakan sekarang. Selain memberikan kemungkinan untuk menghilangkan ketergantungan akan bahan bakar fosil, sumber energi panas bumi juga memungkinkan sebagai sumber PNBPN. Pada era sekarang, hal ini merupakan tantangan sekaligus peluang menarik yang perlu direspons dengan keberanian dan kecerdasan dari pemerintah daerah.

Kendala dan Upaya Mengatasinya

Faktor yang masih menghambat perkembangan industri listrik tenaga panas bumi di Indonesia antara lain adalah mahalnya biaya eksplorasi terutama untuk pemboran eksplorasi. Besarnya biaya pemboran eksplorasi berbanding secara eksponensial dengan kedalaman, padahal untuk mendapatkan temperatur yang tinggi harus membor lebih dalam. Konsekuensinya sumur eksplorasi panas bumi di Indonesia masih terlalu sedikit sehingga tingkat ketidak-pastian keberhasilan masih tinggi. Kendala yang lain adalah investor ragu dengan proyek di Indonesia karena biaya eksplorasi dan pengembangan harus ditanggung dan tidak kembali sampai energi terjual kepada pelanggan.

Pemerintah telah mengimplementasikan pemotongan pajak dan mendorong investor asing untuk meningkatkan pengembangan pemanfaatan sumber daya panas bumi di

Indonesia. Dengan UU Nomor 27 Tahun 2003 Tentang Panas Bumi diharapkan dapat memberikan kepastian hukum bagi investor untuk melakukan usaha di bidang panas bumi di negeri dengan sumber daya panas bumi terbesar di dunia. Harga minyak yang terus melambung serta pemanasan global akibat pembakaran bahan bakar fosil mestinya lebih mendorong lagi pemerintah untuk membuat regulasi yang lebih menarik investor.

Persoalan teknis yang tidak kalah penting untuk mendukung peningkatan produksi energi listrik dari panas bumi adalah perlu segera dilakukan atau menjadi fokus perhatian usaha mengembangkan riset di bidang:

- Ilmu kebumihan yang difokuskan kepada karakterisasi sumberdaya dan reservoir panas bumi.
- Rekayasa dan sains yang ditujukan kepada pemahaman kelakuan batuan bawah permukaan untuk mengembangkan metode penambangan panas yang efektif.
- Teknologi pemboran untuk penambangan panas bumi
- Test lapangan pada daerah dengan karakter geologi yang berbeda-beda.
- Melakukan intensifikasi dan ekstensifikasi eksplorasi

Sebagai penutup saya sampaikan pesan Gawell dan Greenberg dari World Geothermal Development (2007) yang mengatakan bahwa keberhasilan dari pengembangan energi geothermal tergantung pada kebijakan dan inisiatif pemerintah setempat. Keberlangsungan proyek pengembangan akan lebih tergantung kepada faktor cukupnya pendanaan dan dukungan kebijakan yang terus menerus dibanding faktor geologi.

Referensi

- Choi, C.Q. (2007). MIT study: Get more energy from Earth's heat, Geothermal could meet 10 percent of U.S. needs by 2050.
- Gawell, K. And Greenberg, G. (2007). 2007 Interim Report Update on World Geothermal Development.
- Klemow, K.M. (2000). Geothermal Energy: an Overview. Wilkes Univ.
- Murti, A. (2008). Goldman Analysts... (maaf lupa...)
- Nukman, M. (2000). Prospect and Indonesia's Benefit from Geothermal. Geology Lecture Series
- Partowidagdo, W. (2004). Economic Analysis of Geothermal Exploration Insurance in Indonesia. Department of Petroleum Engineering, ITB
- Tester, J. (2007). Universal Heat Mining Geothermal Energy for Everyone. Lab. Of Energy and Environment MIT., Cambridge.
- Wahyuningsih, R. (2005). Potensi dan Wilayah Kerja Pertambangan Panas bumi di Indonesia. Kolokium Hasil Lapangan Direktorat Inventarisasi Sumber Daya Mineral. Dan lain-lain.....(belum selesai)