

## PEMANFAATAN ENERGI GEOTHERMAL DAN DAMPAK PERUBAHAN IKLIM

Zurias Ilyas

ASKP Bidang Perubahan Iklim  
SETKAB

### ABSTRAK

*Indonesia memiliki sumberdaya panas bumi (geothermal energy) 40% geothermal Energy dunia. Diperkirakan Indonesia memiliki potensi energi listrik geothermal sebesar 29.000 Megawatt, hampir setara dengan total pasokan listrik nasional saat ini. Cepatnya pertumbuhan ekonomi membuat kebutuhan listrik naik pesat, sehingga meningkatkan penggunaan panas bumi menjadi hal yang penting. Karena itu, pemerintah Indonesia menjadikan pengembangan energi panas bumi sebagai prioritas. Dengan potensi sumber panas bumi terbesar di dunia yang setara dengan 29.038 MW menurut Badan Geologi di 2010, Indonesia saat ini baru mengembangkan energi panas bumi untuk pembangkit listrik sebesar 1.189 MW (4,3%) saja. Menurut Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025 sebagai penjabaran dari Peraturan Presiden No 5/2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, energi panas bumi diharapkan berkontribusi sebesar sedikitnya 16 GW di 2025. Sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang juga ramah lingkungan, energi panas bumi sangat berpotensi sebagai alternatif pengganti sumber energi fosil yang tidak terbarukan dan menghasilkan dampak lingkungan berupa emisi gas rumah kaca CO<sub>2</sub>.*

### PENDAHULUAN

Potensi energi geothermal untuk pembangkit listrik diperkirakan sebesar 29. Gigawatt, hampir setara dengan total pasokan listrik nasional saat ini. Cepatnya pertumbuhan ekonomi membuat kebutuhan listrik naik pesat, sehingga meningkatkan penggunaan panas bumi menjadi hal yang penting. Karena itu, pemerintah Indonesia menjadikan pengembangan energi panas bumi sebagai prioritas.

Dengan potensi sumber panas bumi terbesar di dunia yang setara dengan 29.038 Mw menurut Badan Geologi di 2010, Indonesia saat ini baru mengembangkan energi panas bumi untuk pembangkit listrik sebesar 1.189 Mw (4,3%) saja. Menurut Blueprint Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025 sebagai penjabaran dari Peraturan Presiden No 5/2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, energi panas bumi diharapkan berkontribusi sebesar sedikitnya 16 Gw di 2025.

Sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang juga ramah lingkungan, energi panas bumi sangat berpotensi sebagai alternatif pengganti sumber energi fosil yang tidak terbarukan dan menghasilkan dampak lingkungan berupa emisi gas rumah kaca CO<sub>2</sub>. Oleh karena itu, pengembangan pemanfaatan energi panas bumi memiliki nilai strategis dalam penghematan penggunaan energi fosil yang berarti berpotensi dalam penghematan devisa negara untuk pembiayaan impor energi,

khususnya bahan bakar minyak, sekaligus untuk mengurangi dampak lingkungan akibat eksploitasi energi fosil. Pemerintah perlu mendorong pemanfaatan energi panas bumi dengan berbagai usaha, baik dalam penyempurnaan kebijakan tata kelola di sisi hulu maupun pemanfaatan energi panas bumi di sisi hilir.

Berbagai kebijakan mengenai pemanfaatan energi geothermal serta peraturan dan perundangan pada tingkat pemerintah pusat maupun daerah, seperti usaha-usaha kajian awal dan kelayakan eksploitasi, serta berbagai perizinan eksplorasi dan eksploitasi sumber panas bumi, perlu diharmonisasikan antara pusat dan daerah serta antarsektor di pemerintahan agar dapat membantu kemajuan pemanfaatan panas bumi untuk kemandirian publik baik di daerah maupun secara nasional, harus di review dan diharmonisasi agar dapat memajukan pemanfaatan energi geothermal.

Di sisi hilir, pemerintah perlu menghasilkan kebijakan yang mendorong tata kelola perniagaan pemanfaatan panas bumi, khususnya pembangkit tenaga listrik panas bumi (PLTP). Kebijakan insentif berupa tarif harga listrik PLTP yang menarik, fasilitas kemudahan fiskal, dan dukungan perbankan merupakan beberapa usaha yang dapat dan telah dilakukan pemerintah dalam mendorong sisi hilir pemanfaatan panas bumi. Di sektor industri, pemerintah perlu membuat kebijakan yang berpihak pada industri nasional dan ikut berperan

serta dalam pengembangan pemanfaatan panas bumi.

Dalam kaitan peningkatan kemampuan industri dalam negeri agar dapat lebih berperan serta dalam pemanfaatan energi panas bumi, pemerintah melalui Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) menetapkan salah satu kegiatan Program Prioritas Nasional Pemerintah di bidang energi yang tercantum di dalam Peraturan Presiden No 5 Tahun 2010 tentang RPJMN 2010-2014, yaitu pengembangan teknologi pembangkit listrik tenaga panas bumi skala kecil.

Kegiatan ini difokuskan pada pengembangan PLTP skala kecil hingga kapasitas 5 Mw dengan membina industri manufaktur dalam negeri untuk meningkatkan tingkat kandungan dalam negeri (TKDN). Keberhasilan pengembangan PLTP skala kecil ini diharapkan akan memberikan terobosan yang sangat besar pada industri PLTP di Indonesia karena kebutuhan akan PLTP skala kecil di Indonesia yang sangat tinggi akan segera bisa dipenuhi.

Sumber pembangkit listrik yang digunakan di Indonesia bagian timur Indonesia adalah diesel generator (pembangkit listrik tenaga diesel/PLTD) yang menggunakan BBM sebagai sumber energinya. Indonesia bagian Timur adalah daerah yang mempunyai potensi sumber panas bumi yang bisa dimanfaatkan untuk pembangkit listrik. Menurut hasil studi yang telah dilakukan BPPT bersama-sama Kementerian Riset dan Teknologi di Provinsi NTB, NTT, Maluku, dan Maluku Utara, terdapat PLTD dengan unit-unit kecil yang berkapasitas maksimal 5 Mw dengan total kapasitas 200 Mw lebih yang dapat disubstitusi PLTP skala kecil. Substitusi ini dapat menghemat penggunaan BBM sebesar lebih dari Rp1,1 triliun per tahun.

BPPT telah mulai mengembangkan PLTP skala kecil dengan menerapkan teknologi *binary cycle* yang sangat sesuai untuk didesain dengan sistem modular. Pengembangan PLTP *binary cycle* dengan kapasitas maksimum 1 Mw sistem modular dilakukan melalui tahapan pengembangan prototipe PLTP *binary cycle* 2 Kw dan *pilot plant* PLTP *binary cycle* 100 Kw. Pengembangan PLTP *binary cycle* 1 Mw sistem modular ini dilakukan melalui kerja sama dengan lembaga riset di Jerman.

Di samping teknologi *binary cycle*, BPPT saat ini sedang mengembangkan PLTP skala kecil kapasitas 3 Mw dengan teknologi *condensing turbine*, yang seluruh prosesnya sejak dari rancang bangun sampai dengan manufaktur komponen utamanya dilakukan di dalam negeri secara maksimal. BPPT telah menyelesaikan pekerjaan rancang bangun PLTP tersebut dan sedang menyelesaikan pembangunan *pilot plant* di lapangan panas bumi Kamojang. Berbagai komponen utama dibangun dan dibuat berbagai

industri nasional, seperti PT Nusantara Turbin & Propulsi untuk *manufacturing* turbin, PT Pindad untuk pabrikasi generator listrik, PT Boma Bisma Indra untuk pabrikasi berbagai komponen *balance of plant* seperti *separator*, *condenser*, dan *jet ejector*. Pembinaan terhadap industri manufaktur tersebut juga akan memberikan *multiplier effect* dalam pengembangan industri komponen skala usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) yang merupakan kluster industri besar tersebut.

*Pilot plant* PLTP BPPT yang dibangun dengan menggunakan komponen dalam negeri secara maksimal ini diharapkan akan menjadi model pengembangan PLTP skala kecil di Indonesia. Target akhir kegiatan ini ialah menghasilkan rekomendasi kebijakan dan model rancang bangun PLTP skala kecil kepada pemerintah sehingga kebijakan yang memungkinkan PLTP skala kecil dengan TKDN maksimal dapat diterbitkan.

Alhasil, itu dapat berkembang secara komersial sehingga proses industrialisasi ketenagalistrikan dan elektrifikasi nasional dapat berkembang dengan lebih cepat. Hal yang cukup penting dalam mendukung kemandirian industri nasional ini ialah bila dimungkinkan penerbitan kebijakan pemerintah tentang penugasan kepada PT PLN untuk mengembangkan energi panas bumi di Indonesia bagian timur seperti Maluku dan Nusa Tenggara dan mengadopsi teknologi PLTP yang dikembangkan SDM dan industri dalam negeri seperti yang telah disebutkan dalam pemilihan teknologi pembangkit listriknya.

Dengan langkah-langkah kebijakan tersebut, komitmen pemerintah dalam memajukan pemanfaatan energi panas bumi diharapkan dapat diwujudkan. Itu tidak hanya akan memberikan manfaat bagi kemandirian dan keamanan energi nasional yang ramah terhadap lingkungan, tetapi sekaligus juga menghasilkan pasar bagi kemampuan dan kemandirian industri pendukungnya serta penghematan devisa yang akan memberikan nilai tambah ekonomi yang sangat berarti bagi negara kita

## GAMBARAN UMUM

### Energi Panas Bumi (Geothermal Energy)

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. Panas bumi (geothermal) terbentuk secara alami di bawah permukaan bumi. Sumber energi tersebut berasal dari pemanasan batuan dan air bersama unsur-unsur lain yang tersimpan di dalam kerak bumi. Energi panas bumi adalah energi diekstraksi dari panas yang

tersimpan di dalam bumi. Energi panas bumi berasal dari inti bumi. Inti bumi terdiri atas berbagai jenis logam dan batuan berbentuk cair, yang memiliki suhu sangat tinggi (Maskoeri Jasin:242).

Energi panas bumi berasal dari aktivitas tektonik di dalam bumi yang terjadi sejak planet ini diciptakan. Panas bumi juga berasal dari panas matahari yang diserap oleh permukaan bumi. Energi panas bumi cukup ekonomis dan ramah lingkungan, tetapi terbatas hanya pada dekat area perbatasan lapisan tektonik. Dikatakan ramah lingkungan karena unsur-unsur yang berasosiasi dengan energi panas tidak membawa dampak lingkungan atau berada dalam batas yang berlaku. Pembangkit listrik tenaga panas bumi hanya dapat dibangun di sekitar lempeng tektonik yang bertemperatur tinggi dari sumber panas bumi tersedia di dekat permukaan. Pengembangan dan penyempurnaan teknologi pengeboran serta ekstraksi telah memperluas jangkauan pembangunan pembangkit listrik tenaga panas bumi dari lempeng tektonik terdekat.

Efisiensi termal dari pembangkit listrik tenaga panas bumi cenderung rendah karena fluida panas bumi berada pada temperatur yang lebih rendah dibandingkan uap atau air mendidih. Berdasarkan hukum termodinamika, rendahnya temperatur membatasi efisiensi dari mesin kalor dalam mengambil energi selama menghasilkan listrik. Energi panas bumi termasuk energi primer, yaitu energi yang diberikan oleh alam, seperti minyak bumi, gas bumi, batu bara dan tenaga air.

Energi panas bumi memiliki beberapa keunggulan dibandingkan energi sumber lain yang dapat diperbaharui, di antaranya: (1) hemat ruang dan pengaruh dampak visual yang minimal, (2) mampu memproduksi secara terus-menerus selama 24 jam, sehingga tidak membutuhkan tempat penyimpanan energi, serta (3) tingkat ketersediaan yang sangat tinggi, yaitu di atas 95%. Sekalipun demikian, pemulihan energi panas bumi memakan waktu yang relatif lama yaitu beberapa ratus tahun. Selain untuk tenaga listrik panas bumi dapat langsung dimanfaatkan untuk kegiatan usaha pemanfaatan energi atau fluida (<http://majarimagazine.com>).

Pengembangan energi panas bumi lebih akrab dengan istilah geothermal nampaknya bukan hanya hadir sebagai solusi alternatif energi, namun juga telah menjadi cita-cita pembangunan masa depan yang ramah lingkungan dan berkesinambungan (karena jumlahnya yang bisa terus diperbaharui). Untuk tahun 2009 saja pemerintah menargetkan produksi energi dari geothermal sebesar 4700 Mega Watt. Meski potensi ketersediannya besar, sejumlah masalah juga hadir seperti belum tersedianya investor yang mau

mengembangkan potensi geothermal di Indonesia, infrastruktur yang belum memadai dan teknologi yang terbatas, hingga pemanfaatannya sampai saat ini yang tergolong rendah.

Dari analisis data para pakar *energy* menyimpulkan bahwa potensi energi panas bumi di Indonesia cukup banyak terdapat di bagian timur negara khususnya di sekitar kepulauan Maluku. Dan salah satu Kabupaten di daerah tersebut yang cukup berpeluang untuk segera dimanfaatkan sumber energi panas buminya adalah Kabupaten Halmahera Barat yang ber-ibu kota di Jailolo. Kabupaten ini merupakan salah satu Kabupaten dan daerah ke dua di Indonesia Timur yang akan mengembangkan energi panas bumi karena potensi yang dimilikinya<sup>[4]</sup> Potensi energi panas bumi di Kabupaten Halbar terbilang baik, misalnya saja daerah gunung berapi yang sudah tidak aktif dan usianya yang sudah cukup tua (minimal setengah juta tahun, dan juga memiliki struktur batuan di dalam tanah yang bisa memanaskan sehingga membentuk uap.

Dari penjelasan sederhana mengenai potensi energi panas bumi di Indonesia, khususnya yang terdapat di Indonesia bagian timur, ada beberapa analisis yang bisa dilakukan. Salah satu hal yang masih menjadi hambatan bagi pengembangan energi panas bumi ini adalah minimnya investor dan pengembang geothermal karena harga yang ditawarkan masih belum sesuai dengan perekonomian.

Dalam rangka peningkatan kemampuan industri dalam negeri agar dapat berperan serta dalam pemanfaatan energi panas bumi, pemerintah melalui Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) menetapkan salah satu kegiatan Program Prioritas Nasional Pemerintah di bidang energi yang tercantum di dalam Peraturan Presiden No 5 Tahun 2010 tentang RPJMN 2010-2014, yaitu pengembangan teknologi pembangkit listrik tenaga panas bumi skala kecil.

BPPT telah mulai mengembangkan PLTP skala kecil dengan menerapkan teknologi *binary cycle* yang sangat sesuai untuk didesain dengan sistem modular. Pengembangan PLTP *binary cycle* dengan kapasitas maksimum 1 Mw sistem modular dilakukan melalui tahapan pengembangan prototipe PLTP *binary cycle* 2 Kw dan *pilot plant* PLTP *binary cycle* 100 Kw. Pengembangan PLTP *binary cycle* 1 Mw sistem modular ini dilakukan melalui kerja sama dengan lembaga riset di Jerman. Di samping teknologi *binary cycle*, BPPT saat ini sedang mengembangkan PLTP skala kecil kapasitas 3 Mw dengan teknologi *condensing turbine*, yang seluruh prosesnya sejak dari rancang bangun sampai dengan manufaktur komponen utamanya dilakukan di dalam negeri secara maksimal, BPPT

juga menggandeng industri dalam negeri untuk membuat komponen utama seperti PT Nusantara Turbin dan Propulsi untuk manufacturing turbin, PT Pindad untuk pabrikasi generator listrik, PT Boma Bisma Indra untuk pabrikasi berbagai komponen *balance of plant* seperti separator, condenser, dan *jet ejector*. Hal ini pun akan dapat mengembangkan industrialisasi ketenagalistrikan dan elektrifikasi nasional lebih cepat. Begitupun peningkatan SDM pada bidang Geothermal turut tumbuh dng perkembangan teknologi di bidang *geothermal energy*.

Teknologi Pembangkit Listrik Panas Bumi:

a. Teknologi uap cepat (*flash steam*)

Pembangkit jenis ini menggunakan cairan hidrotermal bersuhu 200 derajat Celsius. Cairan ini disirkan ke tangki yang letaknya lebih rendah untuk kemudian dengan cepat berubah fase menjadi uap. Uap ini akan menggerakkan turbin yang selanjutnya menggerakkan generator/ pembangkit. Faktor kapasitasnya dapat mencapai 93% dan modalnya per kWe mencapai 1.250 hingga 1.300 dolar Amerika (2005). Teknologi ini adalah yang paling banyak diterapkan di pembangkit-pembangkit panas bumi di dunia termasuk di Indonesia.

b. Teknologi siklus binary (*binary cycle*)

Pembangkit jenis ini menggunakan cairan hidrotermal bersuhu sedang, di bawah 200 derajat Celsius. Air panas dan cairan berbeda dengan titik didih jauh lebih rendah dialirkan ke dalam pengubah panas. Panas dari cairan panas bumi menyebabkan cairan pendamping berubah dengan cepat menjadi uap, yang kemudian menggerakkan turbin. Faktor kapasitas juga dapat mencapai 93%, namun modal yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kWe lebih besar daripada teknologi uap cepat, yaitu sekitar 1.600 hingga 1.700 dolar Amerika (2005).

c. Teknologi batu panas kering (*hot dry rock*)

Panas dari dalam perut bumi diambil dari pecahan atau pori-pori bumi. Penambangan panas bumi dilakukan dengan membentuk reservoir panas bumi yang terbuat dari batu yang impermeabel (tidak dapat ditembus). Teknologi ini masih sangat mahal, berkisar antara 4.600 hingga 4.700 dolar Amerika (2005), dengan faktor kapasitas sekitar 86%.

## PERUBAHAN IKLIM

Perubahan iklim adalah perubahan variabel iklim, khususnya suhu udara dan curah hujan yang terjadi secara berangsur-angsur dan dalam jangka waktu yang panjang antara 50 – 100 tahun (*inter centennial*). Disamping itu harus dipahami bahwa perubahan tersebut disebabkan oleh kegiatan manusia, khususnya yang berkaitan dengan

pemakaian bahan bakar fosil dan alih guna lahan. Jadi perubahan yang disebabkan oleh faktor-faktor alami, seperti tambahan aerosol dari letusan gunung berapi, tidak diperhitungkan dalam perubahan iklim. Dengan demikian fenomena alam yang menimbulkan perubahan iklim ekstrem seperti siklon yang dapat terjadi di dalam suatu tahun (*inter annual*) dan El-Nino serta La-Nina yang dapat terjadi di dalam sepuluh tahun (*inter decadal*) tidak dapat digolongkan ke dalam iklim global.

Kegiatan manusia yang dimaksud adalah kegiatan yang telah menyebabkan peningkatan konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer, khususnya dalam bentuk karbondioksida ( $\text{CO}_2$ ), metana ( $\text{CH}_4$ ), dan Nitrous Oksida ( $\text{N}_2\text{O}$ ), gas-gas inilah yang selanjutnya menyebabkan peningkatan suhu udara, karena sifatnya yang seperti kaca yaitu dapat meneruskan radiasi gelombang pendek yang tidak bersifat panas, tapi dapat menahan radiasi gelombang panjang yang bersifat panas. Akibatnya atmosfer bumi makin memanas dengan laju yang setara dengan laju perubahan konsentrasi GRK.

Dari hasil penelitian sampai dengan tahun 2010, emisi GRK (Gas Rumah Kaca) meningkat menjadi 39%. Konsentrasi ini tercatat sebagai yang terbesar yang pernah terjadi. Berdasarkan IPCC *Fourth Assessment Report*, emisi GRK yang dihasilkan oleh pemakaian energi-lah yang berkontribusi besar dalam peningkatan konsentrasi GRK, dan konsumsi bahan bakar fosil sebagai penyumbang terbesarnya. Salah satu cara untuk memperkecil konsentrasi GRK di atmosfer adalah dengan beralih dari sumber energi dengan emisi GRK tinggi (batu bara dan minyak) ke sumber energi dengan emisi GRK yang lebih rendah yaitu energi terbarukan.

### Panas Bumi, Energi terbarukan yang Ramah Lingkungan.

Beberapa sumber energi terbarukan yang cukup potensial untuk memenuhi kebutuhan energi listrik, mekanik, atau panas di dunia adalah Bioenergi, Energi Surya, Energi Panas Bumi, Hydropower, Laut dan Bayu. Kisaran potensi yang dimiliki oleh sumber energi panas bumi adalah yang terbesar kedua setelah energi surya yaitu antara 118 EJ/tahun (minimum) dan 110 EJ/tahun (maksimum). Emisi  $\text{CO}_2$  dari plant berbahan bakar batu bara adalah 940 g/kWe, plant berbahan bakar gas menyumbang 370 g/kWe, sedangkan rata-rata dunia untuk plant panas bumi dengan siklus terbuka untuk lapangan panas bumi suhu tinggi adalah 120 g/kWe. Bahkan, untuk plant siklus tertutup, dimana fluida panas bumi diinjeksikan kembali ke dalam tanah tanpa hilangnya uap atau gas ke atmosfer, emisi  $\text{CO}_2$ nya adalah nol. Plant panas bumi terbaru, hampir semuanya di desain sebagai siklus tertutup. Perbandingan yang signifikan.

Penggunaan panas bumi, secara langsung akan menurunkan konsentrasi GRK.

## TINJAUAN

Energi panas bumi atau biasa disebut geothermal memiliki banyak manfaat, salah satunya sebagai pembangkit listrik. Energi panas bumi akan dijadikan salah satu energi utama selain migas dan batubara. Kondisi alam dengan banyaknya pegunungan membuat Indonesia menjadi negara dengan potensi panas bumi terbesar di dunia, yakni sekitar 40% dari seluruh potensi di dunia.

Energi Geo (Bumi) thermal (panas) berarti memanfaatkan panas dari dalam bumi. Saat ini panas inti bumi kira-kira mencapai 500 derajat celsius (9,932 F). Maka tidak mengherankan jika tiga meter teratas permukaan bumi tetap konstan mendekati 10-16 Celcius (50-60 F) setiap tahun. Berkat berbagai macam proses geologi, pada beberapa tempat temperatur yang lebih tinggi dapat ditemukan di beberapa tempat.

Yang jadi pertanyaan kita adalah Apakah jika kita menggunakan energi dari panas bumi dapat menyebabkan perubahan iklim?

Untuk mengetahui apakah ada pengaruh pemanfaatan energi panas bumi untuk PLTP terhadap perubahan iklim, haruslah kita tahu apa yang menyebabkan iklim bisa berubah.

Perubahan iklim yang terjadi di dunia saat ini diyakini sebagai dampak pemanasan global. Ini merupakan salah satu isu penting kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh pembangunan bidang energi. Kekhawatiran masyarakat dunia akan isu perubahan iklim didorong oleh meningkatnya efek GRK, terutama emisi CO<sub>2</sub>. Gas CO<sub>2</sub> berperan penting dalam meningkatkan suhu bumi, namun jika sudah berlebihan dapat membawa dampak merugikan. Di lain pihak, peningkatan gas rumah kaca terutama CO<sub>2</sub> merupakan hasil dari kegiatan bidang energi. Pemakaian energi fosil oleh sebagian besar kalangan dianggap sebagai penyumbang terbesar gas CO<sub>2</sub>. Sebagian besar energi yang ramah lingkungan masuk dalam klasifikasi energi baru atau sumber energi yang dapat diperbarui. Dari semua emisi gas, yang sangat dominan adalah gas CO<sub>2</sub> hasil pembakaran bahan bakar energi fosil batubara, minyak bumi, dan gas bumi.

Emisi CO<sub>2</sub> dari pembangkit listrik panas bumi sangat rendah bila dibandingkan dengan minyak dan batubara. Pembangkit listrik panas bumi (geothermal) mempunyai emisi CO<sub>2</sub> paling rendah dibandingkan pembangkit listrik berbahan bakar fosil, sehingga memiliki kesempatan untuk memanfaatkan CDM produk Protokol Kyoto. Pada

tahun 1997 di Kyoto sebuah tata cara penurunan emisi GRK yang kemudian dikenal dengan nama Protokol Kyoto diadopsi. Melalui Protokol Kyoto target penurunan emisi oleh negara-negara industri telah dijadwalkan dan akan dilaksanakan melalui mekanisme yang transparan. Di dalam Protokol Kyoto telah disepakati target dan jadwal penurunan emisi yang harus dilakukan negara maju, yaitu sebesar 5% dari tingkat emisi tahun 1990 yang harus dicapai dalam periode 2008-2012. Untuk mencapai target penurunan emisi dikenal mekanisme fleksibel atau Kyoto yang terdiri dari 3 yaitu: Joint Implementation (JI), Mekanisme Pembangunan Bersih (*Clean Development Mechanism*, CDM), dan Perdagangan Emisi (*Emission Trading*). CDM adalah satu-satunya mekanisme yang dapat dilakukan negara maju bersama negara berkembang. JI dan ET hanya bisa dilakukan antar negara maju.

Penggunaan energi merupakan sumber penyebab utama terjadinya pemanasan global, karena menghasilkan karbon dioksida, CO<sub>2</sub> yang merupakan gas rumah kaca.

Akibat pemanasan global menyebabkan terjadinya perubahan iklim dan berdampak pada perubahan penggunaan/konsumsi energi. Dampak perubahan iklim terhadap penggunaan/konsumsi energi dapat berupa:

1. Penurunan tingkat konsumsi energi untuk pemanasan ruangan dan kenaikan penggunaan energi untuk pendinginan ruangan;
2. Penurunan kebutuhan energi untuk pemanasan air (seperti untuk mandi), dan kenaikan konsumsi energi untuk pendinginan/pembuatan es;
3. Konsumsi energi yang lebih besar untuk proses-proses yang sensitif terhadap perubahan cuaca, seperti pemompaan untuk pengairan sawah, dan lain-lain;
4. Kenaikkan konsumsi energi listrik untuk Air Conditioner (AC);
5. Perubahan konsumsi energi pada beberapa sektor ekonomi, seperti sektor transportasi, konstruksi, pertanian dan lain-lain.

Pembangunan di masa depan sangat bergantung pada ketersediaan jangka panjang energi, dalam jumlah yang meningkat, dari sumber-sumber yang dapat diandalkan, aman dan sehat ditinjau dari segi lingkungan (WCED, 1987). Tingkat kemajuan yang dicapai suatu negara umumnya sebanding dengan tingkat konsumsi energinya. Sebagai contoh, tingkat konsumsi energi rata-rata orang Indonesia sekitar 14 Giga Joule, sedangkan tingkat konsumsi energi rata-rata Amerika Serikat, Belanda, Inggris, dan Jepang berturut-turut adalah 317, 216, 164, dan 141 Giga

Joule. Saat ini, sekitar 86% konsumsi energi dunia berasal dari sumber daya tak terbarukan, yaitu bahan bakar fosil (BBF) berupa minyak bumi, gas alam, dan batu bara, dan hanya 6% saja yang berasal dari sumber energi terbarukan. **Jadi Panas bumi merupakan pilihan terbaik sebagai pengganti batubara** karena saat ini panas bumi merupakan satu-satunya teknologi yang mampu menggantikan batu bara untuk menghasilkan listrik.

Menyediakan energi yang dapat diandalkan, terjangkau dan berkelanjutan, sementara mengurangi kontribusi terhadap perubahan iklim adalah tantangan pembangunan Indonesia. Indonesia membutuhkan energi dan transportasi untuk bertumbuh. Pertumbuhan ekonomi berkelanjutan mendorong kebutuhan akan listrik meningkat tujuh persen per tahun. Namun penyediaan listrik tidak sejalan dengan pertumbuhan yang tinggi ini produksi listrik baru saja ditingkatkan sekitar enam persen per tahun. Bahkan pertumbuhan lebih tinggi dapat terjadi apabila 70 juta orang yang saat ini tidak memiliki akses atas listrik, dapat terlayani. Akses dan konsumsi listrik masyarakat Indonesia masih yang terendah diantara negara-negara berkembang di Asia Timur. Metode pembangkit listrik yang digunakan saat ini terus meningkat bersumber dari batu bara adalah penghasil gas rumah kaca yang terus meningkat. Akibat kebutuhan akan listrik yang terus meningkat, emisi gas rumah kaca Indonesia yang berasal dari pembakaran bahan bakar fosil, diperkirakan akan bertambah pula. Melihat trend sektor energi dan kelistrikan saat ini, tingkat emisi bahan bakar fosil Indonesia akan meningkat tiga kali lipat di tahun 2030. Peningkatan ini sebagian besar diakibatkan oleh penggunaan bahan bakar fosil untuk pembangkit listrik. Walaupun kerusakan hutan dan konversi peruntukan lahan di Indonesia mendominasi emisi saat ini, namun emisi Energi dan Perubahan Iklim dari bahan bakar fosil akan meningkat sangat cepat, apabila tidak dilakukan perubahan. Tantangannya adalah bagaimana memenuhi kebutuhan akan listrik, sementara menahan peningkatan laju emisi dari sektor energi listrik. Untuk mengurangi ketergantungan akan minyak bumi, pemerintah Indonesia memiliki rencana yang secara signifikan akan meningkatkan penggunaan batu bara untuk pembangkit listrik, dari 35 menjadi 70 persen di tahun 2020. Dalam hal emisi karbon, batu bara adalah dua kali lebih 'kotor' dibandingkan dengan gas alam. Peralihan ke batu bara ini mengartikan bahwa emisi gas rumah kaca dari pembakaran bahan bakar fosil (1994-2004) telah meningkat lebih cepat dari perekonomian.

Harapan untuk menjadi lebih efisien dan bersih dalam memanfaatkan energi, Indonesia sebaliknya menggunakan lebih banyak energi dan menghasilkan emisi untuk tiap unit pertumbuhan

ekonomi (PDB). Emisi per kapita dari konsumsi bahan bakar fosil meningkat lebih tinggi daripada China dan India, negara-negara dengan pertumbuhan PDB yang lebih tinggi dibandingkan dengan Indonesia saat ini. Di luar dampak iklim, ekspansi tinggi atas penggunaan batu bara telah memunculkan kekhawatiran mengenai kemungkinan dampak lingkungan dan kesehatan di pulau Jawa dan Bali yang padat, dan beberapa pulau lain yang rentan terhadap perubahan. Indonesia sangat kaya akan sumber energi terbarukan, terutama panas bumi, tenaga air, dan biomassa. Namun, sumber-sumber ini masih belum dieksplorasi atau belum dikembangkan, walaupun potensinya sangat besar bagi sumber energi bersih dalam negeri.

Dalam rangka mempromosikan energi terbarukan, Indonesia dapat memanfaatkan peluang pendanaan karbon. Sebagai bagian dari agenda pembangunan karbon-rendah untuk sektor energi, Indonesia dapat menyesuaikan harga ke opportunity cost dan memanfaatkan pendanaan iklim berbiaya-rendah untuk menciptakan insentif bagi energi terbarukan, mengurangi emisi tidak sehat. Meski ada usaha untuk meningkatkan, pasokan listrik hasil panas bumi di Indonesia hanya mencapai 1.189 Megawatt. Belum lama ini pemerintah melakukan upaya untuk meningkatkan penggunaannya.

Ada beberapa hambatan yang harus ditangani yaitu :

- a. kurangnya investasi untuk mendukung mencapai target peningkatan panas bumi
- b. keterbatasan kebijakan dan regulasi untuk mendukung Undang-undang Panas Bumi
- c. kurangnya insentif dan mekanisme harga yang sesuai dengan manfaat bagi lingkungan hidup untuk melakukan investasi terutama dengan risiko lebih tinggi di wilayah panas bumi yang belum dieksplorasi
- d. terbatasnya kemampuan institusional untuk merencanakan pengembangan energi panas bumi dan melibatkan para pengembang
- e. lemahnya kemampuan lokal dalam bidang pengkajian sumberdaya, pembuatan peralatan, konstruksi, serta menjalankan dan merawat fasilitas pembangkit panas bumi.

Akan tetapi bila dibandingkan dengan batubara, panas bumi memiliki banyak keuntungan baik dari sisi ekonomi, sosial maupun lingkungan. Dari sisi ekonomi komponen biaya produksi PLTP jauh lebih murah karena tidak ada komponen biaya bahan bakar serta resiko fluktuasi biaya akibat harga bahan bakar yang tidak stabil dan cenderung meningkat.

Dari sisi lingkungan, PLTP lebih ramah lingkungan karena emisi yang dihasilkan sangat rendah yaitu sekitar 180 Kg/MWh, lima kali lebih

rendah dibandingkan emisi yang dihasilkan PLTU yang hampir mencapai 1000 Kg/MWh

Dalam jangka panjang keberlanjutan PLTP lebih terjamin mengingat panas bumi merupakan energi yang terbarukan. Bila diakumulasi secara total dari hulu hingga hilir, area lahan yang dibutuhkan untuk PLTP lebih efisien yaitu 0,4 – 3,2 hektar per Megawatt dibandingkan PLTU yang mencapai 7,7 hektar per Megawatt.

Namun perlu diingat dan diperhatikan bahwa pembangunan PLTP tetap akan memiliki sisi positif dan negatif.

Keuntungan dan kerugian PLTP

1. Keuntungan

- Bersih, karena tidak menggunakan bahan bakar fosil, sehingga tidak ada timbunan limbah dan tumpahan minyak.
- Hemat lahan, karena tidak memerlukan pembendungan sungai, penebangan hutan
- Dapat diandalkan, karena dapat beroperasi 24 jam sepanjang tahun.
- Fleksibel, karena dapat dirancang modular, sehingga dapat meningkatkan kapasitas sesuai permintaan yang meningkat.
- Hemat biaya, karena tidak memerlukan tambahan transportasi untuk pengangkutan bahan bakar.

Keunggulan lain dari energi panas bumi adalah dalam faktor kapasitas (*capacity factor*), yaitu perbandingan antara beban rata-rata yang dibangkitkan oleh pembangkit dalam suatu periode (*averageload generated in period*) dengan beban maksimum yang dapat dibangkitkan oleh PLTP tersebut (*maximum load*). Faktor kapasitas dari pembangkit listrik panas bumi rata-rata 95%, jauh lebih tinggi bila dibandingkan dengan faktor kapasitas dari pembangkit listrik yang menggunakan batubara, yang besarnya hanya 60 - 70%.

Beberapa kekuatan (*strength*) energi panas bumi di Indonesia antara lain adalah: potensi sumber daya panas bumi Indonesia diperkirakan setara 28 GW; sumber daya panas bumi merupakan sumber energi terbarukan sehingga pemanfaatannya bisa berkelanjutan; energi panas bumi berpeluang untuk mendapatkan dana karbon kredit; dukungan UU No. 27/2003; kegiatan pemanfaatan panas bumi sejalan dengan upaya pelestarian lingkungan.

2. Kerugian

- Biaya investasi lebih mahal dibandingkan penggunaan energi lainnya
- Nilai susut investasi pada peralatan akan lebih cepat, karena PLTP dibangun di kawasan sumber air panas dan uap yang

mengeluarkan gas H<sub>2</sub>S yang bersifat korosif.

- Dapat mengakibatkan Terjadinya hujan asam
- Dapat menurunkan stabilitas tanah sehingga dapat menyebabkan erosi dan amblesan (*subsidence*)
- Penyusutan dan menurunnya debit dan kualitas sumber air disekitarnya.
- Berubahnya tataguna lahan.
- Terganggunya kelimpahan dan keanekaragaman biota disekitar PLTP

kelemahan energi panas bumi lainnya antara lain adalah sebagai berikut: pembangkit listrik panas bumi hanya ekonomis di daerah panas bumi aktif; pembangkit listrik panas bumi membutuhkan investasi yang sangat mahal untuk eksplorasi, pengeboran, dan pembangunan pembangkit; pembangunan pembangkit listrik panas bumi dapat mempengaruhi stabilitas tanah di daerah sekitarnya dan aktivitas seismik dapat timbul karena pengeboran; sumber panas bumi dapat habis jika tidak dikelola dengan baik.

Potensi energi terbarukan di Indonesia cukup besar namun pemanfaatannya sampai saat ini masih sangat kecil. Hal ini disebabkan karena pada umumnya biaya investasi awal untuk pengembangan energi baru dan terbarukan masih relatif mahal, sehingga harga energinya menjadi mahal dan tidak dapat bersaing dengan harga energi konvensional yang masih disubsidi. Sebagai contoh, harga listrik dari PLTP sekitar 9,0 sen USD/Kwh, harga listrik dari energi surya sekitar 19 – 30 sen USD/Kwh, harga listrik dari energi angin sekitar 3 – 8 sen USD/kwh, harga BBN sekitar 57 senUSD/liter dibandingkan dengan tarif dasar listrik sekitar 7 sen/Kwh dan bahan bakar minyak, solar Rp4.300/liter dan premium Rp4.500/liter. Kondisi ini mengakibatkan investor tidak tertarik untuk melakukan bisnis di bidangnya energi terbarukan. Agar minat investor meningkat dalam mengembangkan energi baru terbarukan, dibutuhkan suatu insentif fiskal (modal dengan bunga rendah, pembebasan pajak, sumber dana khusus) dan non-fiskal (kemudahan perijinan, penyediaan informasi), selain itu dibutuhkan *feed intariff* dari energi baru terbarukan.

Biaya untuk investasi PLTP sekitar 1.300 – 2.000 US\$/kWh, dan biaya termahal berada di sektor hulu yaitu untuk eksplorasi sumur panas bumi. Investasi ini dinilai lebih mahal jika dibandingkan PLTU batubara yang sekitar 900 – 1.200 US\$/kWh maupun PLTGU dan PLTG yang investasinya sekitar 800 – 1.000 US\$/kWh.

Investasi untuk pengembangan energi panas bumi membutuhkan dana yang besar dan harus

didukung dengan regulasi yang jelas dari pemerintah, dan dukungan dari lembaga pendanaan karena pihak pemberi dana tidak akan mau memberikan pinjaman untuk proyek yang tidak dijamin oleh pemerintah terutama dari sisi regulasinya.

PLN masih mengkonsumsi BBM solar sekitar 2 juta kiloliter pertahun, terutama untuk pembangkit yang menggunakan mesin diesel yang masih dipakai sebagai pembangkit utama di daerah Indonesia Timur, terutama pada pulau-pulau “isolated” area seperti di pulau Lombok, Sumbawa, Flores, Ambon, Banda, Halmahera, sebagian besar Sulawesi, Papua, dan lain-lain.

Dari data PLN tahun 2008, BPP (Biaya Pokok Penyediaan) listrik di pulau Lombok sekitar Rp1.600/Kwh, di Ambon Rp1.800/Kwh dan di Jayapura sekitar Rp1.900/Kwh padahal harga jual ke masyarakat umum hanya sekitar Rp650/Kwh, kerugian PLN sangat besar dan harus ditanggung dengan subsidi listrik pemerintah dari APBN.

Investasi yang diperlukan untuk pengembangan panas bumi dalam tahapan yang ingin dicapai oleh Indonesia sesuai dengan target yang dikemukakan dalam *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2006–2025i. Ketergantungan konsumsi energi nasional yang sangat besar terhadap BBM harus dikurangi melalui diversifikasi energi secara konsisten, dan substitusi terhadap BBM untuk berbagai pemakaian, termasuk bahan bakar pembangkitan listrik. Penggunaan sumber-sumber energi non-BBM seperti gas bumi, batubara dan panas bumi (geothermal) untuk pembangkit tenaga listrik di Indonesia harus diperbesar untuk mengurangi subsidi listrik pemerintah.

## **KESIMPULAN**

Dari uraian-uraian tersebut dapat disimpulkan bahwa manfaat pemakaian energi panas bumi adalah:

- a. tidak seperti energi terbarukan lainnya, panas bumi selalu tersedia sehingga cocok sebagai pengganti batu bara
- b. sumberdaya panas bumi tersedia di wilayah banyak penduduk dengan kebutuhan listrik yang tinggi dan terus tumbuh
- c. akan meningkatkan ketahanan energi karena panas bumi merupakan energi yang tersedia secara lokal dan tidak bisa diekspor
- d. tidak terpengaruh fluktuasi harga bahan bakar fosil.
- e. Sebagai salah satu sumber energi terbarukan yang ramah lingkungan,
- f. energi panas bumi sangat berpotensi sebagai alternatif pengganti sumber energi fosil yang menghasilkan dampak lingkungan berupa emisi gas rumah kaca CO<sub>2</sub>.

- g. Potensi energi panas bumi sangat besar, tapi perlu dikaji apakah mampu menutupi baseload utk P.Jawa sampai dengan tahun 2025 sesuai dengan *Blueprint* Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025 yang dicanangkan 16 Gw s/d tahun 2025. Sebagai alternatif lain dapat digunakan energi baru (PLTN) atau energilainnya yg ramah lingkungan untuk memenuhi baseload di P.Jawa
- h. Indonesia dengan potensi geothermal yg tinggi akan mendapatkan peluang untuk unggul dalam teknologi dan SDM yang cakap dalam bidang teknologi energi geothermal. Oleh karena Pemerintah (RISTEK, ESDM) dengan litbang2 terkait perlu menyiapkan Program Studi geothermal Bumi bekerjasama dng Perguruan tinggi Nasional yng didukung oleh Kemeterian Pendidikan dan Kebudayaan.

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. (Media Indonesia, 8 Mei 2012/ humasristek)
2. <http://cuksupriyadi.blogspot.com/2009/01/negeri-terkaya-energi-panas-bumi>.
3. <http://www.esdm.go.id/siaran-pers/55-siaran-pers/3021-pengembangan-energi-panas-bumi-di-indonesia.htmlhtml>
4. <http://iklimkarbon.com/2010/05/04/pembangkit-listrik-tenaga-panas-bumi-pltp/>