

Pengembangan Energi Panas Bumi yang Berkelanjutan

(Sustainable Development of Geothermal Energy in Indonesia)

ANDIESTA EL FANDARI, ARIEF DARYANTO, GENDUT SUPRAYITNO

ABSTRACT

Electricity consumption in Indonesia increases rapidly in line with population growth. Electricity contribute to promote prosperity and public welfare as well as encouraging increased economic activity. Electricity has played an important role as one of the vital infrastructure that has support of political and economic as a priority. These situations make electricity demand continue to rise. On the other hand, electricity production from fossil fuels have not being able to meet high electricity demand. In accordance with government policies to accelerate infrastructure electricity development without ignoring its sustainability then electricity supply is currently focused on renewable energy development. One of renewable energy is geothermal. As the world's third largest geothermal electricity producer, it is very unfortunate if that great potential from geothermal development and its utilization still not optimal. This article discusses how the sustainable geothermal energy development in Indonesia. Geothermal energy development as one of the renewable energy becomes very important to be discussed related to fossil fuel reserves are finite, price fluctuations in energy which influenced by world economic and political situation and rising levels of greenhouse gas emission from fuel combustion.

Keywords: energy, geothermal, sustainable development, electricity, renewable energy

PENDAHULUAN

Keberlangsungan berbagai macam bentuk aktivitas dalam masyarakat serta sektor industri nasional, sangat tergantung terhadap tersedianya energi listrik. Hal ini yang menyebabkan ketergantungan terhadap ketersediaan energi listrik semakin hari semakin meningkat. Oleh karena itu sektor ketenagalistrikan mempunyai peranan yang sangat strategis dalam menentukan upaya peningkatan kesejahteraan masyarakat serta mendorong berjalannya roda perekonomian nasional.

Sehubungan dengan peranan strategis sektor ketenagalistrikan, sudah menjadi kewajiban pemerintah untuk mengusahakan energi listrik dapat tersedia dalam jumlah yang cukup dengan mutu dan tingkat keandalan yang baik. Akan tetapi, seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dan pertumbuhan ekonomi menyebabkan permintaan terhadap energi listrik pun semakin hari semakin meningkat. Di sisi lain, pasca krisis ekonomi melanda

Indonesia beberapa tahun lalu, pembangunan beberapa

pembangkit yang semula sudah direncanakan menjadi terkendala. Selain hal tersebut diatas, kendala lain muncul karena keterbatasan dana dari pemerintah untuk berinvestasi pada sektor tenaga listrikan terutama pembangunan pembangkit baru. Investasi dari pihak swasta yang diharapkan bisa berjalan dengan baik menjadi terhambat karena adanya permintaan suatu prasyarat kondisi tertentu. Permasalahan yang kompleks tersebut pada akhirnya menyebabkan penambahan pasokan tenaga listrik tidak mampu mengimbangi tingginya pertumbuhan permintaan akan tenaga listrik, sehingga menyebabkan terjadinya kondisi krisis penyediaan tenaga listrik di beberapa daerah. Kondisi tersebut mengakibatkan terhambatnya perkembangan ekonomi daerah dan nasional.

Sejalan dengan UU no.30 tahun 2007 tentang energi, maka keamanan dan keberlanjutan pasokan energi domestik menjadi sesuatu yang perlu diupayakan secara sinergis antara pemerintah, pihak swasta dan masyarakat. Hal ini dikarenakan jika tidak ada antisipasi

keamanan dan keberlanjutan pasokan energi dari awal maka akan membawa konsekuensi yang lebih mahal di masa yang akan datang.

Mengatasi krisis penyediaan energi dan menghindari dampak kerusakan lingkungan hidup akibat *global warming* maka dibutuhkan sumber energi alternatif yang baru dan terbarukan serta lebih ramah lingkungan. Pemanfaatan dan pengembangan energi terbarukan menjadi semakin penting mengingat semakin terbatasnya sumber energi fosil atau sumber energi non-terbarukan. Melalui Perpres No 5 tahun 2006 tentang Kebijakan Energi

Nasional, pemerintah telah berupaya menyusun strategi pengelolaan energi nasional 2006-2025, dimana dalam peraturan tersebut disebutkan bahwa dalam pasokan energi nasional harus dipenuhi 17% energi terbarukan. Hal tersebut menyatakan dengan jelas bagaimana peranan energi terbarukan di masa yang akan datang. Bentuk energi baru dan terbarukan (EBT) yang tersedia di Indonesia adalah panas bumi, tenaga air, biomasa, energi matahari dan energi kelautan. Besarnya potensi dan pemanfaatan energi terbarukan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut ini :

TABEL 1 Potensi dan Pemanfaatan Energi Baru dan Terbarukan

No.	Non energi fosil/ <i>Non fossil energy</i>	Sumberdaya/ <i>Resource (SD)</i>	Kapasitasterpasang/ <i>Installed capacity (KT)</i>	Rasio/ <i>Ratio (KT/SD) (%)</i>
1.	Hidro / <i>Hydro</i>	75670 MW	6654,29 MW	8.8
2.	Panas bumi / <i>Geothermal</i>	29038 MW	1226 MW	4.2
3.	Mini-mikrohidro / <i>Mini-micro hydro</i>	769,69 MW	228,983 MW	29.75
4.	Biomasa / <i>Biomass</i>	49810 MW	1618,40 MW	3.25
5.	Energi surya / <i>Solar energy</i>	4,80 kWh/m ² /day	22,45 MW	-
6.	Energi angin / <i>Wind energy</i>	3-6 m/s	1,87 MW	-
7.	Uranium	3000 MW ³⁾	30 MW ³⁾	1

Sumber : Ditjen EBTKE, Kementerian ESDM

Kepulauan Indonesia terletak di salah satu kerangka tektonik yang paling aktif di dunia, terletak diantara perbatasan Indo-Australia, Pasifik, Filipina dan lempeng tektonik Eurasia. Posisi strategis tersebut menjadikan Indonesia sebagai negara paling kaya dengan energi panas bumi yang tersebar di 285 titik daerah sepanjang busur vulkanik dengan total potensi sebesar 29.215 GWe (Badan Geologi Kementerian ESDM, 2011).

Menurut Laporan yang dikeluarkan oleh WWF pada tahun 2012 dengan judul "*Igniting the Ring of Fire: A Vision for Developing Indonesia's Geothermal Power*" Indonesia memiliki potensi energi panas bumi terbesar di dunia, dengan setidaknya 29 Giga Watt total potensi panas bumi. Dari jumlah tersebut, baru dimanfaatkan sekitar 1,2 Giga Watt. Kebijakan Energi Nasional telah menargetkan agar panas bumi dapat menyokong 5% bauran energi nasional pada 2025, namun hingga saat ini panas bumi baru berkontribusi 1% dengan perkembangan yang lambat.

Beragam kendala dan tantangan dihadapi dalam pengembangan panas bumi, baik dari sisi kebijakan dan regulasi, pengaturan institusi, isu koordinasi lintas sektor, otonomi daerah, sumber daya manusia, isu tata kelola (*good governance*), dan hal-hal teknis, seperti: akurasi

data, proses tender, pelibatan masyarakat dalam proses pembangunan, negosiasi harga, perijinan, dan lainnya.

Artikel ini membahas bagaimana pembangunan energi panas bumi yang berkelanjutan di Indonesia. Pengembangan energi panas bumi sebagai salah satu energi terbarukan menjadi sangat penting untuk didiskusikan terkait dengan cadangan energi fosil yang terbatas, harga energi yang fluktuatif karena dipengaruhi oleh situasi politik dan ekonomi dunia serta meningkatnya emisi gas rumah kaca akibat pembakaran bahan bakar fosil.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode penelitian deskriptif kualitatif. Data yang digunakan dalam penelitian ini diambil melalui *in-depth interview* dengan seorang pakar dan studi pustaka dari berbagai sumber yang relevan. Proses pengambilan data melalui *in depth interview* berdasarkan kerangka Indikator Energi Pembangunan Berkelanjutan dari IAEA yang disederhanakan oleh Prof. Thierry Lefèvre. Hasil dari *in depth interview* kemudian dikombinasikan dengan data dan literature yang relevan.

Sektor Ketenagalistrikan

1. Kondisi Infrastruktur Ketenagalistrikan Saat Ini

Sistem kelistrikan yang ada di kepulauan Indonesia belum sepenuhnya terintegrasi pada jaringan transmisi tenaga listrik. Saat ini sistem kelistrikan yang telah terintegrasi dengan baik hanya di pulau Jawa-Madura-Bali. Hasil yang dicapai dalam pembangunan transmisi tenaga listrik untuk pulau-pulau utama adalah sebagaimana diperlihatkan pada Tabel 2.

TABEL 2. Panjang transmisi tenaga listrik

No.	Pulau	SUTET (kms)	SUTT (kms)	Total (kms)
1.	Sumatera	782	8.906	9.689
2.	Jawa-Madura-Bali	5.092	15.501	20.593
3.	Kalimantan	-	1.429	1.429
4.	Sulawesi	-	2.474	2.462
5.	Nusa Tenggara	-	-	-
6.	Maluku	-	-	-
7.	Papua	-	-	-
Indonesia		5.874	28.310	34.184

Sumber : *Master Plan Pembangunan Ketenagalistrikan 2010 s.d 2014*

2. Kondisi Permintaan dan Penyediaan Tenaga Listrik

Permintaan tenaga listrik dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan dengan pertumbuhan rata-rata sekitar 7% per tahun. Sementara itu pengembangan sarana dan prasarana ketenagalistrikan khususnya penambahan kapasitas pembangkit selama lima tahun terakhir (2004-2008) hanya tumbuh rata-rata sebesar 4,4% per tahun. Ketidakseimbangan antara permintaan dengan penyediaan tenaga listrik tersebut, mengakibatkan kekurangan pasokan tenaga listrik di beberapa daerah terutama di luar sistem kelistrikan Jawa-Madura-Bali tidak dapat dihindari. Kondisi pertumbuhan penyediaan tenaga listrik yang rendah tersebut juga merupakan akibat krisis ekonomi yang melanda Indonesia pada periode tahun 1998/1999, dimana pada saat itu pertumbuhan kapasitas terpasang hanya tumbuh sebesar 1,13%. (RUPTL, 2011)

Energi Panas Bumi (Geothermal Energy)

Menurut Undang-Undang No. 27 Tahun 2003, panas bumi adalah sumber energi panas yang terkandung di dalam air panas, uap air, dan batuan bersama mineral ikutan dan gas lainnya yang secara genetik semuanya tidak dapat dipisahkan dalam suatu sistem Panas Bumi dan untuk pemanfaatannya diperlukan proses penambangan.

Energi panas bumi adalah energi yang diekstraksi dari panas yang tersimpan di dalam bumi. Energi panas bumi ini berasal dari aktivitas tektonik di dalam bumi yang terjadi sejak planet ini diciptakan. Panas ini juga berasal dari panas matahari yang diserap oleh permukaan bumi. Energi ini telah dipergunakan untuk memanaskan (ruangan ketika musim dingin, atau air) sejak peradaban Romawi, namun sekarang lebih populer untuk menghasilkan energi listrik. Energi panas bumi cukup ekonomis dan ramah lingkungan, namun terbatas hanya pada dekat area perbatasan lapisan tektonik. Pembangkit listrik tenaga panas bumi hanya dapat dibangun di sekitar lempeng tektonik di mana temperatur tinggi dari sumber panas bumi tersedia di dekat permukaan.

Pengembangan dan penyempurnaan dalam teknologi pengeboran dan ekstraksi telah memperluas jangkauan pembangunan pembangkit listrik tenaga panas bumi dari lempeng tektonik terdekat. (Meilani dan Wuryandari, 2010)

1. Energi Panas Bumi di Indonesia

Berdasarkan data dari Badan Geologi-Kementerian Energi Sumber Daya Mineral pada tahun 2010, Indonesia merupakan salah satu negara dengan potensi panas bumi yang cukup besar yaitu ± 29 GW atau setara dengan 40 % potensi panas bumi dunia, namun demikian pemanfaatannya masih kecil yaitu sebesar 1.189 MW atau setara 4,2% dari potensi yang ada. Posisi tersebut menempatkan Indonesia di urutan ketiga sebagai negara pemanfaat energi panas bumi setelah Philipina dan Amerika Serikat. Data potensi Panas Bumi di Indonesia berdasarkan tiap-tiap provinsi bisa dilihat dalam Tabel 3 di bawah ini :

TABEL 3. Potensi panas bumi Indonesia per Provinsi

No	Pulau	Provinsi	Jumlah Titik Potensi	Potensi (MW)	Kapasitas Terpasang (MW)
1	Sumatera	Nanggroe Aceh Darussalam	17	1232	-
		Sumatera Utara	16	3260	12
		Sumatera Barat	17	1890	-
		Riau	1	25	-
		Jambi	8	1032	-
		Bengkulu	5	1433	-
		Bangka Belitung	3	75	-
		Sumatera Selatan	6	1911	-
2	Jawa	Lampung	13	2658	-
		Banten	5	790	-
		Jawa Barat	40	5839	1057
		Jawa Tengah	14	2099	60
3	Bali	Daerah Istimewa Yogyakarta	1	10	-
		Jawa Timur	11	1354	-
		Bali	5	296	-
4	Nusa Tenggara	Nusa Tenggara Barat	3	195	-
		Nusa Tenggara Timur	19	1276	-
5	Kalimantan	Kalimantan Barat	5	65	-
		Kalimantan Selatan	3	50	-
6	Sulawesi	Sulawesi Utara	5	793	60
		Gorontalo	2	185	-
		Sulawesi Tengah	16	515	-
		Sulawesi Barat	6	207	-
		Sulawesi Selatan	14	489	-
7	Maluku	Sulawesi Tenggara	12	330	-
		Maluku Utara	13	394	-
8	Papua	Maluku	13	560	-
		Papua Barat	3	75	-
Total			276	29.038	1.189

Sumber : Dirjen Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2011

2. Sejarah Pengembangan Energi Panas Bumi di Indonesia

Di bawah pemerintahan kolonial Belanda, dari awal abad ke-19 sampai dengan pertengahan abad ke-20, sumber daya panas bumi di Indonesia telah dibuktikan keberadaannya dari survei geologi pemerintah kolonial Belanda. Setelah Indonesia merdeka, *The Volcanological Survey of Indonesia* (VSI) didirikan sebagai lembaga resmi pemerintah Indonesia yang bertanggung jawab untuk menyelidiki serta mencatat keberadaan gunung berapi di Indonesia (Hockstein dalam Takemae et al, 2012). Pengembangan energi panas bumi modern di Indonesia dimulai dengan di Kamojang pada tahun 1983 diikuti dengan beroperasinya Unit-1 PLTP (30MW) pada tahun 1983, dan 2 unit lainnya beroperasi dengan kapasitas 55 MW pada tahun 1985. *Monoblock* yang berada di Pulau Sumatera dengan kapasitas 2 MW terdapat di Sibayak-Brastagi telah beroperasi sebagai pembangkit listrik untuk pertama kali. Pembangkit Listrik Panas Bumi (PLTP) yang pertama dengan kapasitas 20 MW beroperasi di daerah Lahendong pada bulan Agustus 2001 (Pertamina Geothermal dalam Takemae et al, 2012).

Konsep Pembangunan Berkelanjutan (Sustainable Development)

World Commission on Environment and Development (WECD) telah memberikan kriteria yang paling sering dikutip untuk pembangunan berkelanjutan dengan sebagai berikut:

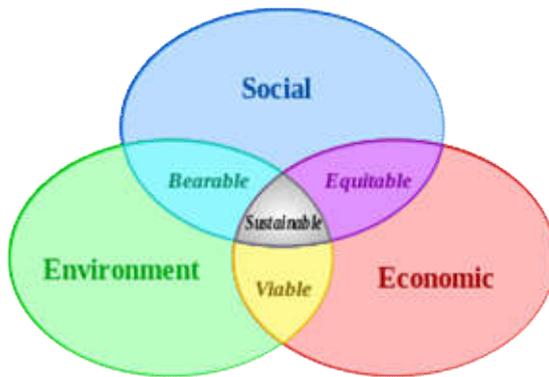
“development that meets the needs of present generations without compromising the ability of future generations to meet their own needs” (WCED 1987, p. 43 dalam Spangenberg, 2000)

Definisi lain dari pembangunan yang berkelanjutan:

“The economic development in a specified area (region, nation, the globe) is sustainable if the total stock of resources - human capital, physical reproducible capital, environmental resources, exhaustible resources does not decrease over time”. (Pearce dan Warford dalam An-Naf, 2005)

Konsep pembangunan berkelanjutan didirikan atau didukung oleh 3 pilar, yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan. Ketiga pendekatan tersebut bukanlah pendekatan yang berdiri sendiri-sendiri, tetapi saling terkait dan mempengaruhi satu sama lain. (Munasinghe - cruz dalam Landiyanto dan Wardaya, 2005).

Secara skematis, keterkaitan antara 3 komponen tersebut dapat dilihat dalam Gambar 1 seperti berikut ini :



GAMBAR 1. Tiga Komponen Utama Sustainable Development

1. Energi Terbarukan dalam Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan dapat disebut berkelanjutan bila memenuhi kriteria ekonomis, bermanfaat secara sosial, dan menjaga kelestarian lingkungan hidup. Konsep pembangunan berkelanjutan terus mengalami perubahan sejak diperkenalkan pada tahun 1970. Pada tahun tujuh puluhan konsep pembangunan berkelanjutan didominasi oleh dimensi ekonomi yang dipicu adanya krisis minyak bumi pada tahun 1973 dan tahun 1979. Harga minyak dunia melambung yang mengakibatkan resesi di negara-negara maju khususnya di negara pengimpor minyak. Seiring dengan normalnya pasokan minyak dunia, dimensi lingkungan mulai mendapat perhatian pada tahun delapan puluhan. Konferensi *Earth Summit* yang diadakan oleh PBB di Rio de Janeiro pada tahun 1992 merupakan titik tolak dipertimbangkannya dimensi sosial dalam pembangunan berkelanjutan (Teri dalam Sugiyono, 2004). Salah satu hasil penting dalam konferensi ini adalah pembentukan komisi pembangunan berkelanjutan (CSD – *Commission on Sustainable Development*). Komisi ini telah menghasilkan kesepakatan untuk mengimplementasikan konsep pembangunan berkelanjutan seperti yang tertuang dalam Agenda 21. Kesetaraan akses akan sumber daya bagi semua lapisan sosial dan memberantas kemiskinan juga menjadi agenda penting dalam konferensi ini (Sugiyono, 2004)

Secara khusus definisi untuk pembangunan energi berkelanjutan telah dirumuskan oleh CSD sebagai berikut:

“Energy for sustainable development can be achieved by providing universal access to a cost-effective mix of energy resources compatible with different needs and requirements of various countries and regions. This should include giving a greater share of the energy mix to renewable energies, improving energy efficiency and greater reliance on advanced energy technologies, including fossil fuel technologies. Policies relating to energy for sustainable development intended to promote these objectives will address many of the issues of economic and social development as well as facilitate the responsible management of environmental resources (CSD dalam Sugiyono, 2004).

2. Indikator Energi untuk Pembangunan Berkelanjutan

Indikator energi mengembangkan data statistik lebih jauh untuk memberikan pemahaman lebih dalam mengenai permasalahan utama yang terjadi serta menyoroti hubungan penting yang tidak bisa dibuktikan jika hanya menggunakan statistik dasar. Selain itu, indikator energi mencerminkan hubungan sebab akibat antara tren energi dan kebijakan lainnya yang merupakan kunci bagi para pembuat kebijakan serta dapat mengembangkan dialog antar institusional. Kumpulan inti awal dari indikator energi untuk pembangunan berkelanjutan meliputi 30 indikator yang diklasifikasikan ke dalam 3 besar dimensi pembangunan berkelanjutan yaitu sosial, ekonomi dan lingkungan dengan 7 tema dan 19 sub-tema. Kumpulan inti tersebut meliputi 4 indikator dimensi sosial dalam Tabel 4, 16 indikator dimensi ekonomi dalam Tabel 5 dan 10 indikator dimensi lingkungan dalam Tabel 6. Daftar indikator energi tersebut dipilih berdasarkan pembahasan para ahli dari organisasi internasional yang tergabung dalam proyek perencanaan dan pelaksanaan Johannesburg (*World Summit on Sustainable Development*) serta pengetahuan dan pengalaman yang diambil dari fase implementasi untuk negara-negara yang berpartisipasi (Abdalla dan Vera, 2006).

TABEL 4. Indikator Energi untuk Pembangunan Berkelanjutan (Dimensi Sosial)

Sosial		
Tema	Sub Tema	Indikator Energi
Kesetaraan	Aksesibilitas	SOC 1
	Keterjangkauan	SOC 2
	Disparitas	SOC 3
Kesehatan	Keamanan	SOC 4

Sumber : Abdalla dan IAEA dalam Vera, 2006.

Keterangan indikator (Tabel 4) :

SOC 1 : Proporsi rumah tangga (atau populasi) tanpa listrik atau energi komersial, atau ketergantungan pada energi non-komersial.

SOC 2 : Proporsi pendapatan rumah tangga yang dihabiskan untuk bahan bakar dan listrik.

SOC 3 : Penggunaan energi dalam rumah tangga untuk setiap kelompok pendapatan dan campuran bahan bakar yang sesuai.

SOC 4 : Kecelakaan yang menyebabkan kematian untuk setiap energi yang dihasilkan oleh rantai bahan bakar.

TABEL 5. Indikator Energi untuk Pembangunan Berkelanjutan (Dimensi Ekonomi)

Ekonomi			
Tema	Sub Tema	Indikator Energi	
Pola produksi dan penggunaan	Keseluruhan penggunaan	ECO 1	
	Keseluruhan produktivitas	ECO 2	
	Efisiensi suplai		ECO 3
			ECO 4
	Produksi		ECO 5
			ECO 6
	Penggunaan akhir		ECO 7
			ECO 8
			ECO 9
			ECO 10
Diversifikasi (Bauran bahan bakar)		ECO 11	
		ECO 12	
		ECO 13	
Ketahanan energi	Harga	ECO 14	
	Impor	ECO 15	
	Strategi stok untuk bahan bakar	ECO 16	

Sumber : IAEA dalam Abdalla dan Vera, 2006

Keterangan Indikator (Tabel 5) :

ECO 1 : Penggunaan energi per kapita.

ECO 2 : Penggunaan energi per unit GDP.

ECO 3 : Efisiensi konversi energi dan distribusi.

ECO 4 : Rasio cadangan energi terhadap produksi.

ECO 5 : Rasio sumber daya energi terhadap produksi.

ECO 6 : Intensitas energi untuk industri.

ECO 7 : Intensitas energi untuk pertanian.

ECO 8 : Layanan / intensitas energi komersial.

ECO 9 : Intensitas energi dalam rumah tangga.

ECO 11 : Proporsi bahan bakar dalam energi dan listrik (pasokan dan konsumsi).

ECO 12 : Proporsi energi non-karbon dalam energi dan listrik.

ECO 13 : Proporsi energi terbarukan dalam energi dan listrik.

ECO 14 : Harga energi (dengan dan tanpa subsidi).

ECO 15 : Ketergantungan net impor energi.

ECO 16 : Persediaan bahan bakar kritikal untuk setiap konsumsi bahan bakar yang sesuai.

TABEL 6. Indikator Energi untuk Pembangunan Berkelanjutan (Dimensi Lingkungan)

Lingkungan		
Tema	Sub Tema	Indikator Energi
Atmosfir	Perubahan iklim	ENV 1
	Kualitas udara	ENV 2
		ENV 3
Air	Kualitas air	ENV 4-1
		ENV 4-2
Tanah	Kualitas tanah	ENV 5
	Hutan	ENV 6
		ENV 7
	Manajemen dan timbunan limbah	ENV 8
		ENV 9
		ENV 10

Keterangan Indikator (Tabel 6)

- ENV 1 :Emisi gas rumah kaca dari produksi dan penggunaan energi, per kapita dan per unit GDP.
- ENV 2 :Konsentrasi ambien polutan udara di perkotaan.
- ENV 3 :Emisi polutan udara dari sistem energi.
- ENV4-1:Debit pencemaran dalam limbah cair dari sistem energi termasuk pembuangan minyak.
- ENV4-2:Jumlah kecelakaan, pembuangan minyak dan mineral baik yang berlisensi maupun ilegal ke pesisir dan lingkungan laut.
- ENV 5 :Area tanah dimana pengasaman melebihi beban kritis.
- ENV 6 :Tingkat deforestasi yang dikaitkan dengan penggunaan energi.
- ENV 7 :Rasio timbunan sampah untuk unit energi yang dihasilkan.
- ENV 8 :Rasio sampah yang dibuang terhadap total sampah yang dihasilkan.
- ENV 9 :Rasio limbah radioaktif padat untuk unit energi yang dihasilkan.
- ENV 10 :Rasio limbah radioaktif padat yang tersimpan dan masih menunggu untuk dibuang terhadap total limbah radioaktif yang dihasilkan

Indikator Energi untuk Pembangunan Berkelanjutan di Indonesia

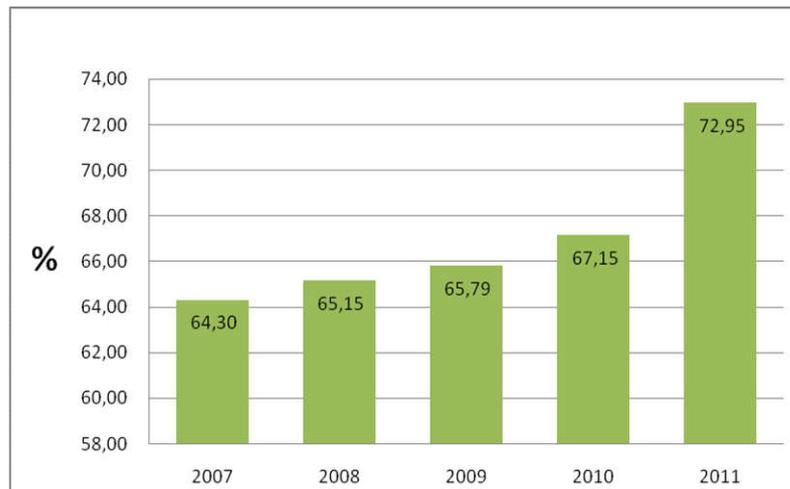
Prof. Thierry Lefèvre dari *Centre for Energy Environment Resources Development/Foundation for International Human Resource Development* (CEERD/FIHRD) dalam presentasinya yang berjudul “*Energy Indicators for Sustainable Development : Potential Indicators for ASEAN Region*” pada kegiatan *The First Regional Workshop* untuk proyek *Regional Energy Policy and Planning for ASEAN Sustainable Development (REPP-ASD)* Tahun 2006 di Bangkok, Thailand menyederhanakan kerangka Indikator Energi Pembangunan Berkelanjutan dari IAEA untuk negara-negara ASEAN termasuk Indonesia menjadi seperti berikut ini :

a. Indikator Sosial yang Berkelanjutan

1. Aksesibilitas

• Rasio Elektrifikasi

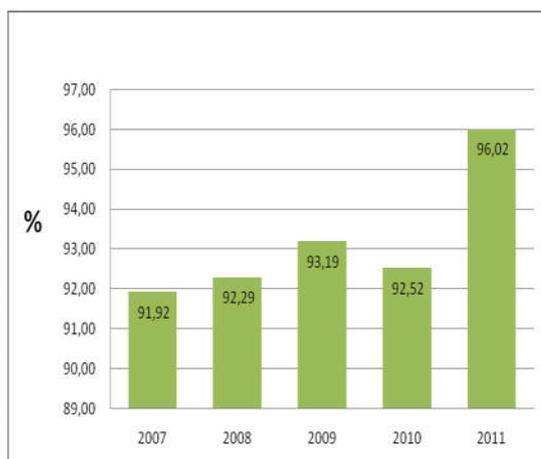
Rasio elektrifikasi tahun 2011 mencapai 72,95% dari total rumah tangga nasional sebesar 62 juta rumah tangga, hal ini menunjukkan bahwa masih ada sekitar 27,05% atau 19 juta rumah tangga yang belum mendapatkan akses tenaga listrik. Lima tahun yang lalu yaitu pada tahun 2007, rasio elektrifikasi baru mencapai 64,34% yang artinya terjadi peningkatan rata-rata sebesar 1,72% setiap tahunnya selama periode 5 tahun. Perkembangan rasio elektrifikasi adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 2 berikut ini :



GAMBAR 2. Perkembangan Rasio Elektrifikasi di Indonesia

- Rasio Desa Berlistrik

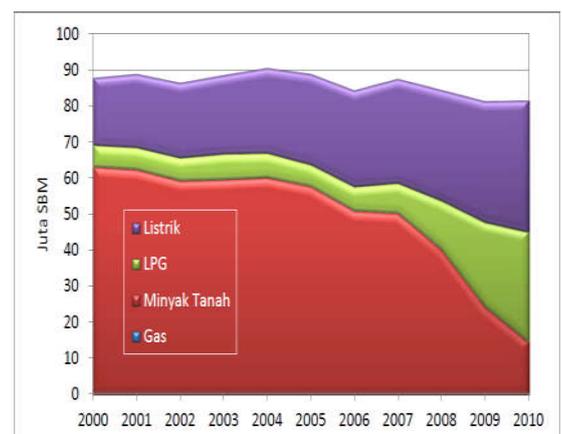
Rasio desa berlistrik tahun 2011 mencapai 96,02% atau sebanyak 75.477 desa/kelurahan dari 78.609 desa/kelurahan sudah berlistrik. Pada tahun 2007 rasio desa berlistrik mencapai 91,92% yang artinya terjadi peningkatan sekitar 0,85% setiap tahunnya. Jumlah desa/kelurahan di Indonesia pada tahun 2011 meningkat tajam dibandingkan tahun 2007 dengan penambahan sebanyak 7.054 desa/kelurahan. Peningkatan jumlah desa/kelurahan yang sangat tajam tersebut karena banyak terjadi pemekaran semenjak kebijakan otonomi daerah diterapkan (RUKN Kementerian ESDM, 2012). Perkembangan rasio desa berlistrik adalah sebagaimana terlihat pada Gambar 3 berikut ini:



GAMBAR 3. Perkembangan Rasio Desa Berlistrik di Indonesia

Keterjangkauan

PDB per kapita Indonesia pada tahun 2010 adalah 9,74 juta rupiah (konstan 2000), meningkat dari 6,74 juta rupiah pada tahun 2000, atau tumbuh 3,8% per tahun. Pada periode yang sama konsumsi energi sektor rumah tangga meningkat dari 296,6 menjadi 325,5 juta SBM (dari 87,9 turun menjadi 81,7 juta SBM, tanpa biomasa). Konsumsi energi sektor rumah tangga menyumbang sebesar 30% (dengan biomasa) dari total konsumsi energi final nasional pada tahun 2010. Apabila tanpa biomasa, sektor rumah tangga hanya menyumbang 10% atau sekitar 81,74 juta SBM. Pertumbuhan konsumsi energi rumah tangga menurut jenis dari tahun 2000 hingga 2010 bisa dilihat pada Gambar 4 berikut ini.



GAMBAR 4. Konsumsi Energi Rumah Tangga Menurut Jenis (Tanpa Biomasa)

Konsumsi listrik per pelanggan atau per rumah tangga di Indonesia masih relatif rendah apabila dibandingkan dengan negara-negara maju. Pertumbuhan konsumsi listrik per tahun per pelanggan dari tahun 2000 hingga 2010 tidak terlalu tinggi hanya sekitar 2,9%. Karena rasio elektrifikasi Indonesia yang masih rendah maka laju pertumbuhan jumlah pelanggan listrik karena adanya pelanggan baru cukup tinggi yaitu sekitar 3,9%. Sebagian besar pelanggan baru biasanya berada pada daerah terpencil atau perdesaan yang konsumsi listrik awalnya tidak terlalu tinggi. Akibatnya pertumbuhan konsumsi listrik per pelanggan secara nasional tidak terlalu tinggi. (B2TE, 2012)

Indikator Ekonomi yang Berkelanjutan

1. Ketersediaan Sumber Daya

Indonesia memiliki banyak potensi energi panas bumi, yang tersebar di 285 titik di seluruh wilayah, potensi tersebut menghasilkan lebih dari 29.000 MW. Hal ini menjadikan Indonesia sebagai negara yang mempunyai potensi energi panas bumi terbesar di dunia dengan potensi lebih dari 40 % cadangan panas bumi dunia. Hanya saja dari total potensi tersebut, Indonesia baru memanfaatkan kurang dari 5 % saja. Total kapasitas terpasang energi panas bumi pada tahun 2012 adalah 1.226 MW (Sukarna dalam

Yunan et al, 2013). Data potensi panas bumi yang lebih lengkap tersaji dalam Tabel 6.

2. Keamanan untuk pasokan energi

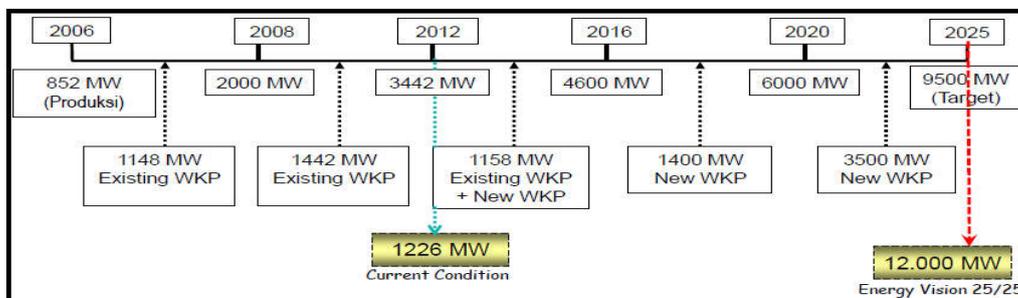
Perlunya Indonesia untuk mengurangi ketergantungan terhadap minyak dan beralih pada sumber energi alternatif adalah untuk mengamankan ketahanan energi nasional yang berkelanjutan di masa mendatang. Indonesia dapat menjadi *net-energy importir* pada tahun 2019, apabila energi dikelola secara *business-as-usual* artinya tidak dikelola dengan mengedepankan prinsip-prinsip konservasi energi. Bahan Bakar Minyak (BBM) adalah energi tak terbarukan yang suatu saat akan habis. Untuk mengimbangi tingkat konsumsi energi di Indonesia dan memenuhi kebutuhan energi masyarakat maka pemanfaatan energi baru terbarukan harus dimaksimalkan. (ESDM, 2012)

Saat ini pemerintah sedang berusaha untuk melakukan pengembangan energi yang berprinsip energi hijau, terutama panas bumi. Keputusan Presiden Nomor 5/2006 tentang Kebijakan Energi Nasional (KEN) menargetkan bahwa pada tahun 2025 listrik yang berasal dari energi panas bumi harus mencapai 9500 MW atau berkontribusi 5% dari total konsumsi energi nasional seperti yang terlihat dalam Gambar 5.

TABEL 6. Potensi Panas Bumi di Indonesia

No	Lokasi	Sumber Daya		Cadangan			Total
		Spekulasi	Hipotetik	Terduga	Mungkin	Terbukti	
1	Sumatra	4.059	2.543	6.254	15	380	13.521
2	Jawa	1.710	1.826	3.708	658	1.815	9.717
3	Bali-Nusa	410	359	983	-	15	1.767
4	Sulawesi	145	-	-	-	-	145
5	Maluku	1.287	139	1.285	150	78	2.939
6	Kalimantan	545	97	409	-	-	1.051
7	Papua	75	-	-	-	-	75
Total		8.231	4.964	12.639	823	2.288	29.215

Sumber : Survey Geologi (ESDM), 2011



GAMBAR 5. Road Map Pengembangan Panas Bumi 2006-2025

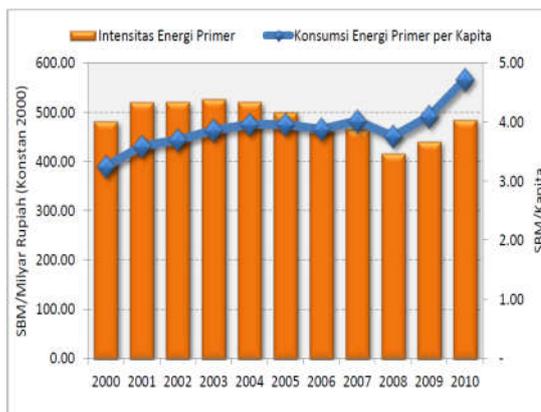
TABEL 7. Pembangunan Pembangkit Listrik Panas Bumi (2010-2015)

Pembangunan	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Pembangunan Energi Panas Bumi						
Kapasitas Penambahan		37	115	3	375	1.797
Kapasitas Terpasang	1.189	1.226	1.341	1.344	1.719	3.516

Sementara itu untuk mendukung pemanfaatan energi panas bumi, pemerintah memalui program percepatan 10.000 MW Tahap II menargetkan pembangunan pembangkit listrik panas bumi sebesar 4.925 MW hingga tahun 2014 dengan rincian pengembangan lapangan yang ada dan sudah berproduksi 465 MW, pengembangan lapangan yang ada tetapi belum berproduksi 1535 MW dan wilayah kerja panas bumi baru 2925 MW (Sukarna, 2012). Kondisi perkembangan pembangunan pembangkit listrik panas bumi dari tahun 2010 sampai dengan proyeksi tahun 2015 tersaji dalam Tabel 7.

3. Efisiensi Energi

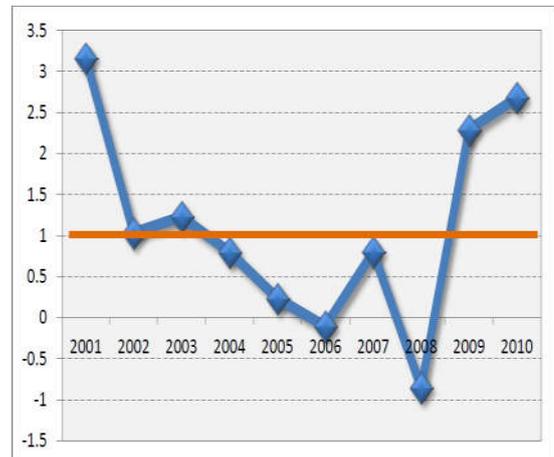
Hingga saat ini, konsumsi energi primer per kapita di Indonesia sebenarnya masih tergolong rendah bila dibandingkan dengan negara-negara lainnya khususnya negara maju dan negara-negara ASEAN seperti Singapura, Malaysia dan Thailand. Meskipun demikian, pertumbuhannya menunjukkan tren meningkat, dari 3,25 SBM/kapita pada tahun 2000 menjadi 4,73 pada tahun 2010 (tanpa biomasa) seperti yang terlihat dalam Gambar 6



GAMBAR 6. Konsumsi Energi Primer Per Kapita dan Intensitas Energi Primer (Tanpa Biomasa)

Gambar 6 diatas memperlihatkan bahwa intensitas energi Indonesia menunjukkan adanya penurunan dari tahun 2000 hingga 2008 dan kembali naik hingga tahun 2010. Hal tersebut mengindikasikan pemanfaatan energi

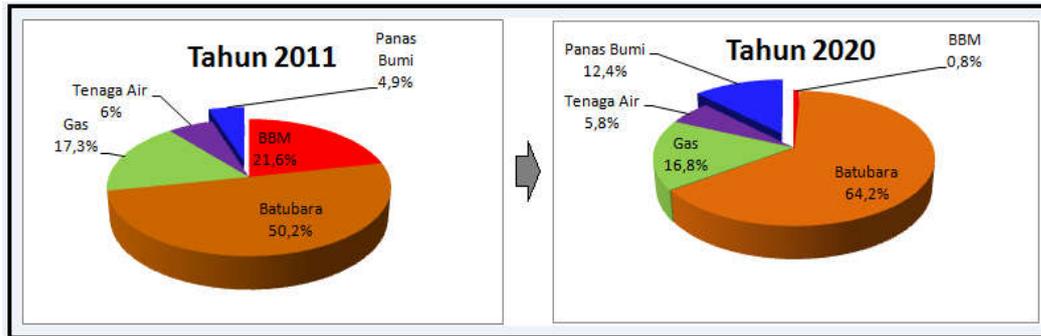
di Indonesia belum produktif. Elastisitas energi merupakan rasio antara laju pertumbuhan konsumsi energi (final atau primer, tanpa biomasa) dan laju pertumbuhan ekonomi (PDB). Semakin besar elastisitas energi menunjukkan bahwa negara tersebut boros dalam penggunaan energi, dan semakin kecil elastisitas energi berarti negara tersebut semakin efisien memanfaatkan energinya. Elastisitas energi primer Indonesia berfluktuasi dari kurang dari satu (kadang minus) hingga lebih dari satu seperti yang terlihat dalam Gambar 7 di bawah ini :



GAMBAR 7. Elastisitas Energi Primer (Tanpa Biomasa)

Tentu saja, nilai lebih dari satu berarti laju pertumbuhan energi lebih cepat daripada laju pertumbuhan PDB. Pada tahun 2009 dan 2010, nilai elastisitas energi Indonesia jauh diatas angka satu dengan tren meningkat. (B2TE, 2012)

Salah satu sumber inefisiensi utama PLN beberapa tahun terakhir ini pemakaian minyak yang terlalu banyak pada pemakaian *fuel-mix* untuk produksi listrik. Dalam tahun 2008 komposisi produksi kWh berdasarkan bahan bakar adalah BBM 36%, batubara 35%, gas alam 17%, panas bumi 3% dan tenaga air 9%. Kemudian PLN dalam RUPTL 2011-2020 segera memperbaiki perencanaan komposisi *fuel mix* tersebut dengan target yang diperlihatkan pada Gambar 8 berikut ini :



GAMBAR 8. Sasaran Komposisi Produksi Listrik Tahun 2020 berdasarkan Jenis Bahan Bakar (%)

Pembangkit yang akan dibangun antara lain adalah proyek percepatan 10.000 MW yang akan menurunkan konsumsi BBM secara signifikan dan karenanya akan menurunkan biaya produksi tenaga listrik.

Indikator efisiensi tenaga listrik juga bisa dilihat dari besarnya susut jaringan. Efisiensi susut jaringan dilakukan dengan mengurangi energi listrik yang hilang selama proses pendistribusian dari pembangkit sampai ke konsumen. Data Statistik Ketenagalistrikan pada tahun 2012 menjelaskan susut jaringan transmisi PLN pada tahun 2011 adalah sebesar 16.671 GWh yang terdiri dari susut transmisi sebesar 3.996 GWh dan susut distribusi sebesar 12.675 GWh. Dibandingkan dengan produksi netto sebesar 177.256 GWh maka susut jaringan transmisi adalah 2,25 % dan susut distribusi 7,34 %. Adapun data susut tenaga listrik PLN untuk 7 tahun terakhir mulai dari tahun 2004 sampai dengan tahun 2011 bisa dilihat dalam Tabel 8 berikut ini :

TABEL 8. Prosentase Susut Tenaga Listrik PLN

Tahun	Transmisi	Distribusi	Total
2004	2,33	8,96	11,29
2005	2,27	9,28	11,55
2006	2,26	9,18	11,44
2007	2,24	8,84	11,08
2008	2,17	8,29	10,46
2009	2,18	7,93	10,11
2010	2,25	7,64	9,89
2011	2,25	7,34	9,59

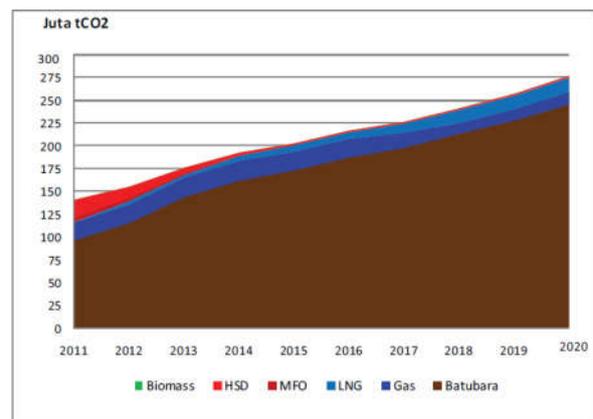
Sumber : Statistik Ketenagalistrikan, 2012

4. Indikator Lingkungan yang Berkelanjutan

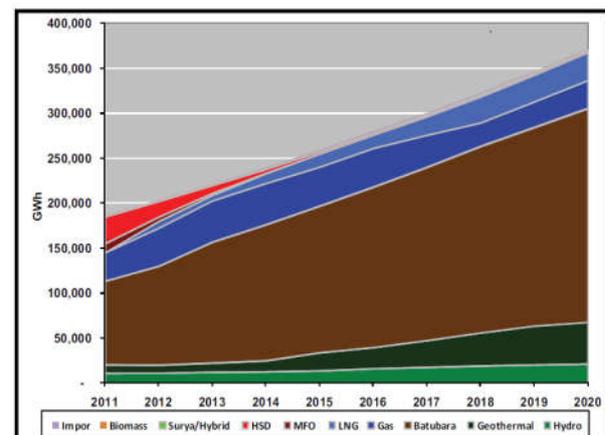
a. Perubahan iklim dan emisi

Lebih dari 90 persen gas rumah kaca (GRK) Indonesia saat ini berasal dari emisi penggunaan lahan dan hutan,

meskipun begitu para ahli memprediksi akan terjadi peningkatan emisi CO₂ yang mencapai 810.000.000 ton CO₂ ekuivalen (CO₂e) yang berasal dari pembangkit listrik pada tahun 2030. Hal ini disebabkan karena ketergantungan pembangkit listrik terhadap bahan bakar batu bara. Angka tersebut meningkat hampir tujuh kali lipat dari tahun 2005 (DNPI, 2010).



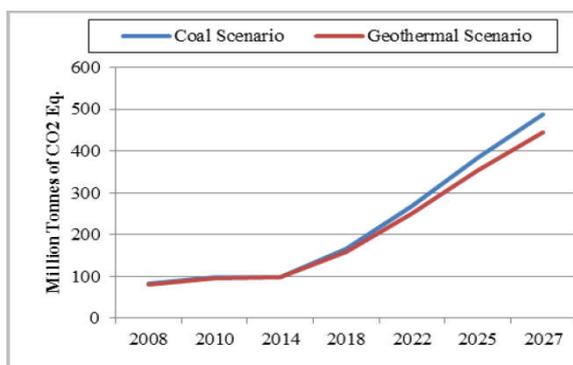
GAMBAR 8. Emisi CO₂ per jenis bahan bakar (gabungan Indonesia)



GAMBAR 9. Komposisi Produksi Energi Listrik Berdasarkan Jenis Bahan Bakar Total Indonesia (GWh)

Gambar 8 memperlihatkan emisi CO₂ yang akan dihasilkan apabila produksi listrik Indonesia dilakukan dengan *fuel mix* seperti pada Gambar 9. Dari Gambar 8 dapat dilihat bahwa emisi CO₂ se-Indonesia akan meningkat dari 141 juta ton pada 2011 menjadi 276 juta ton pada tahun 2020. Dari 276 juta ton emisi tersebut, 245 juta ton (89%) berasal dari pembakaran batubara. (RUPTL, 2011)

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Tanoto dan Wijaya (2011) memproyeksikan bahwa pada tahun 2014, emisi yang dihasilkan dari skenario pembangkit listrik panas bumi lebih rendah daripada emisi yang dihasilkan dari skenario pembangkit listrik batu bara. Pada titik akhir horison perencanaan, skenario yang menggunakan batubara mengeluarkan 487 juta ton CO₂ ekuivalen, sedangkan skenario dengan panas bumi berhasil mengurangi emisi sebesar 43.3 juta ton dari skenario yang ditimbulkan oleh batubara seperti yang terlihat dalam Gambar 10 berikut ini :



GAMBAR 10. Emisi yang Ditimbulkan oleh Skenario Pembangkit Listrik Batur Bara dan Pembangkit Listrik Panas Bumi

Sehubungan dengan komitmen nasional mengenai pengurangan emisi Gas Rumah Kaca (GRK), PLN selaku Badan Usaha Milik Negara (BUMN) akan melakukan upaya pengurangan emisi GRK dari semua kegiatan ketenagalistrikan (pembangkit, transmisi, gardu induk dan distribusi). PLN akan menggunakan peluang yang diberikan oleh Protokol Kyoto (PK), yaitu peluang bagi Negara *Non Annex I* untuk mendapatkan kredit dari upaya pengurangan emisi GRK melalui mekanisme CDM (*Clean Development Mechanism*). Selain itu PLN juga mengembangkan proyek melalui mekanisme VCM (*Voluntary Carbon Mechanism*), dimana saat ini sudah ada 3 proyek yang telah selesai proses validasinya sesuai VCS (*Voluntary Carbon Standard*). Daftar proyek PLN yang dikembangkan melalui

mekanisme CDM dan VCM dapat dilihat pada Tabel 9 (RUPTL, 2011).

b. Penggunaan lahan

Sumber energi panas bumi di Indonesia kebanyakan ditemukan di daerah hutan lindung yang diawasi oleh Kementerian Kehutanan. Sampai dengan Tahun 2010, hak kepemilikan tanah di area hutan lindung tersebut tidak dapat dikeluarkan oleh Kementerian Kehutanan. Hal ini dikarenakan Undang-Undang Kehutanan melarang kegiatan eksploitasi di area hutan lindung. Menurut para ahli, tujuan Undang-Undang Kehutanan dibuat adalah untuk melindungi hutan dari eksploitasi yang akan merusak fungsi hutan dan ekologiannya seperti penambangan dan penebangan pohon untuk industri kayu. (Respects Magazine, 2012). Panas bumi sebagai energi terbarukan pada umumnya tidak memberikan dampak kerusakan serius pada lingkungan seperti yang diakibatkan oleh kegiatan industri kayu dan penambangan.

Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) adalah salah satu pembangkit tenaga listrik yang ramah lingkungan. Sistem PLTP adalah sistem pembangkit tertutup yang tidak memiliki limbah buangan seperti limbah yang timbul pada pembangkit dengan bahan bakar batubara, gas ataupun bahan bakar minyak. Kegiatan PLTP tidak menggunakan lahan yang terlalu besar sehingga tidak akan terlalu banyak melakukan penebangan terhadap pohon yang ada. Dengan adanya PLTP pada sebuah kawasan tertentu maka kelestarian air di kawasan tersebut akan selalu terjaga karena PLTP sangat membutuhkan air tanah untuk menghasilkan uap panas.

Diantara pembangkit lainnya, PLTP merupakan pembangkit dengan potensial besar yang memiliki sistem pembangkit ramah lingkungan. Akan tetapi jika dikaitkan dengan penerapan Undang-Undang Kehutanan, banyak permasalahan yang timbul dalam kegiatan usaha PLTP. Regulasi yang memasukkan pemanfaatan panas bumi dalam kelompok pertambangan akan membatasi pemanfaatan potensi panas bumi yang kebanyakan terdapat di kawasan hutan lindung. (Marliska dalam Buletin DJLPE, 2011)

TABEL 9. Daftar Proyek PLN yang Dikembangkan Melalui Mekanisme CDM dan VCM

No	Nama Proyek	Lokasi	Emission Reduction Mechanism	Status Saat Ini	Annual Project Emission Reduction (tCO ₂ e/year)
1	PLTP Kamojang IV (60 MW)	Jawa Barat	CDM	Registered	402.780
2	PLTP Lahendong II (20 MW)	Tomohon, Minahasa, Sulawesi Utara	CDM	Registered	66.713
3	PLTP Lahendong III (20 MW)	Tomohon, Minahasa, Sulawesi Utara	CDM	PDD Development	50.663
4	PLTA Genyem (20 MW)	Papua	CDM	PDD Development	50.000
5	PLTM Lobong (1,6 MW), Mongango (1,2 MW), Merasap (1,5 MW)	Kalimantan Barat, Gorontalo, dan Sulawesi Utara	CDM	PDD Development	8.749
6	PLTMG Bontang (14 MW)	Kalimantan Timur	CDM	Under validation	21.282
7	PLTA Sipansihaporas (50 MW)	Sumatra Utara	VCS	Validation completed	159.596
8	PLTA Lau Renun (82 MW)	Sumatra Utara	VCS	Validation completed	229.048
9	PLTA Musi (210 MW)	Bengkulu	VCS	Validation completed	847.020

Sumber : RUPTL, 2011

KESIMPULAN

Pemanfaatan energi terbarukan menjadi sangat penting dilakukan karena hal ini terkait dengan tuntutan global. Energi terbarukan memiliki dampak yang baik bagi ekonomi dan lingkungan. Energi panas bumi merupakan energi terbarukan yang ramah lingkungan sehingga pemanfaatannya bisa berkelanjutan. Indonesia mempunyai 40% potensi cadangan energi panas bumi di dunia. Hal ini dapat berpotensi besar untuk memanfaatkan panas bumi sebagai bahan bakar pembangkit tenaga listrik pengganti energi fosil.

Dalam artikel ini, disebutkan bahwa terdapat indikator-indikator terkait dengan pembangunan energi terbarukan yang berkelanjutan yang dikeluarkan oleh IAEA. Kerangka dari IAEA tersebut bisa diaplikasikan untuk mengidentifikasi indikator yang relevan untuk negara-negara di ASEAN termasuk Indonesia. Berdasarkan beberapa indikator tersebut, pembangunan panas bumi yang berkelanjutan di Indonesia difokuskan pada hal-hal berikut ini :

a. Efisiensi energi

Kebijakan pemerintah untuk melakukan efisiensi dengan konservasi dan diversifikasi energi diharapkan mampu meningkatkan efisiensi energi baik dari sisi pasokan dan pemanfaatan di semua sektor serta dapat meningkatkan pangsa energi terbarukan dalam bauran energi nasional.

b. Elektrifikasi

Potensi panas bumi di Indonesia yang begitu besar bisa menjadi solusi peningkatan rasio elektrifikasi jika dimanfaatkan secara optimal.

c. Dukungan terhadap Energi Terbarukan

Banyaknya kebijakan yang mendukung kegiatan pengembangan energi terbarukan termasuk panas bumi diharapkan dapat menjadikan panas bumi sebagai sumber energi pengganti bahan bakar tenaga listrik bukan hanya sumber energi yang bersifat komplementer.

d. Kemanan pasokan

Melalui Kebijakan Energi Nasional yang dituangkan dalam Perpres No. 5 Tahun 2006 bertujuan untuk mewujudkan ketahanan dan kemandirian energi guna mendukung pembangunan nasional yang berkelanjutan. Salah satu sasaran yang diharapkan dengan adanya kebijakan tersebut adalah terwujudnya energi (primer) *mix* yang optimal pada tahun 2025 dengan porsi panas bumi menjadi lebih dari 5%. Sehingga dominasi minyak pada bauran energi nasional nantinya dapat digantikan dengan energi panas bumi yang berkelanjutan.

e. Perubahan Iklim

Pemakaian lahan dalam kegiatan eksplorasi panas bumi tidak terlalu besar. Pengelolaan panas bumi bukanlah merupakan kegiatan penambangan dan pemanfaatan lahan untuk

eksploitasi sehingga tidak bertentangan dengan UU Kehutanan. Meskipun biaya produksi panas bumi cukup besar akan tetapi emisi yang dihasilkan dari PLTP lebih rendah daripada emisi yang dihasilkan dari pembangkit listrik batu bara. Jika dikaitkan dengan konsep CDM, harga energi panas bumi menjadi lebih kompetitif dibandingkan dengan harga energi konvensional lainnya.

Terkait dengan banyaknya resiko yang timbul, dalam pengembangan energi panas bumi diperlukan program yang tepat dan terencana serta sumber pendanaan yang jelas. Pengembangan energi panas bumi yang berkelanjutan belum bisa berjalan jika tidak didukung dari berbagai pihak. Seluruh pemangku kepentingan baik dari pemerintah, pemerintah, swasta, akademisi, lembaga penelitian, lembaga swadaya masyarakat maupun dari pihak lainnya harus bekerja sama melakukan upaya agar Kebijakan Energi Nasional bisa tercapai.

DAFTAR PUSTAKA

- An-Naf, J. (2005). *Pembangunan Berkelanjutan dan Relevansinya Untuk Indonesia. Jurnal Madani* : Edisi II.
- Balai Besar Teknologi Energi Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (B2TE BPPT). (2012). *Perencanaan Efisiensi dan Elastisitas Energi 2012*. Jakarta: Penerbit BPPT. ISBN 978-979-3733-57-9.
- Direktorat Jenderal Ketenagalistrikan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2012). *Statistik Ketenagalistrikan 2011*. Jakarta : Penerbit DJLPE.
- DNPI [Dewan Nasional Perubahan Iklim]. (2010). *Indonesia's Greenhouse Gas Abatement Curve*. DNPI. Jakarta.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2012). *Rencana Umum Ketenagalistrikan Nasional 2012-2031*. Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia. (2012). *Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT PLN (Persero) 2011-2021*. PT PLN
- (Persero) Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Landiyanto, E.A. (2007). *Kerangka Pembangunan Regional dalam Agenda 21: Berkelanjutan dan Berwawasan Lingkungan. Munich Personal RePEc Archive* : No. 2381.
- Lefèvre, T. (2006). "Energy Indicators for Sustainable Development : Potential Indicators for ASEAN Region". Dipresentasikan pada saat The First Regional Workshop of the project on "Regional Energy Policy and Planning for ASEAN Sustainable Development. Bangkok. Juni 2006.
- Marliska, E.D. (2011). *PLTP (Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi) di Indonesia*. Buletin DJLPE Kementerian Energi DAN Sumber Daya Mineral. *Tersedia di http://www.djlpe.esdm.go.id/modules/news/mbl_detail.php?news_id=3205* [diakses 5 Oktober 2013].
- Meilani, H. Dan Wuryandari, D. (2010). *Potensi Panas Bumi Sebagai Energi Alternatif Pengganti Bahan Bakar Fosil untuk Pembangkit Tenaga Listrik di Indonesia. Jurnal Ekonomi dan Kebijakan Publik* : Vol. 1. No. 1, Juni 2010 47-44.
- Respects Magazine. (2012). *Geothermal : Dihargai Lebih Tinggi, Tapi Masih Tedapat Hambatan*. Respects Magazine Edisi 06 Vol. 2 2012. *Tersedia di <http://thepresidentpostindonesia.com/2012/12/24/geothermal-dihargai-lebihtinggi-tapi-masih-terdapat-beberapa-hambatan/>* [diakses 5 Oktober 2013].
- Spangenberg, J.H., 2000. "Sustainable Development Concepts and Indicators". Dipresentasikan pada saat Workshop. Almaty. Maret 2000.
- Sugiyono, A. (2004). "Perubahan Paradigma Kebijakan Energi Menuju Pembangunan yang Berkelanjutan". Dipresentasikan pada saat Seminar Akademik Tahunan Ekonomi I, Pascasarjana FEUI & ISEI. Jakarta. Desember 2004.

- Tanoto, Y and Wijaya, M.E. (2011). Economic and Environmental Emissions Analysis in Indonesian Electricity Expansion Planning : Low-rank Coal and Geothermal Energy Utilization Scenarios. *International Journal of Renewable Energy Research* : Vol. 1.
- Vera, Ivan A. and Abdalla, Kathleen L. (2006). Energy Indicators to Assess Sustainable Development at the National Level : Acting on the Johannesburg Plan of Implementation. *Energy Studies Review* : Vol. 14: Iss. 1, Article 11.
- World Wide Fund for Nature [WWF] Report. (2012). Igniting the Ring of Fire : A Vision for Developing Indonesia's Geothermal Power. Jakarta : Penerbit WWF. ISBN: 978-979-1461-29-0.
- Yunan, A. et al. (2013). Sustainable Development Model of Geothermal Energy : A Case Study at Darajat Geothermal Power Plant, Garut-Indonesia. *Journal of Natural Sciences Research* : Vol.3, No.7.

PENULIS:

Andiesta El Fandari✉

Mahasiswa Sekolah Pasca Sarjana Manajemen dan Bisnis, Institut Pertanian Bogor.

✉Email : diestadahlan@gmail.com

Arief Daryanto, Gendut Suprayitno

Pengajar pada Sekolah Pasca Sarjana Manajemen dan Bisnis, Institut Pertanian Bogor. Gedung MB IPB - Jl.Raya Pajajaran, Bogor – Indonesia 16151.