

Energi dan Perubahan Iklim

Yuli Setyo Indartono

Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara, Institut Teknologi Bandung

Email: indartono@yahoo.com

1. PENDAHULUAN

Energi berperan besar dalam jalannya peradaban. Kondisi suatu negara berkorelasi positif dengan tingkat konsumsi energi negara tersebut. Sebagai contoh, Amerika Serikat sebagai negara dengan Produk Domestik Bruto (PDB) tertinggi di dunia, yakni USD 13.811.200 x 10⁶ [1], pada tahun 2007 mengkonsumsi energi primer total sebesar 2.361,4 juta ton setara minyak yang berarti 21,6% dari konsumsi energi dunia [2]. Sedangkan dua kekuatan ekonomi raksasa Asia, yakni China dan Jepang masing-masing mengkonsumsi 16,8% dan 4,7% energi primer dunia [2]. Sedangkan Indonesia mengkonsumsi 1% energi primer dunia [2]. Dalam kurun waktu sekitar 3 dekade, 1973 – 2005, konsumsi energi dunia naik sebesar 86,7%, dari 6.126 menjadi 11.435 juta ton setara minyak [3]. Diperkirakan pada periode 2004 – 2030, konsumsi energi dunia akan naik sebesar 57% [4]. OPEC memperkirakan bahwa bahan bakar fosil akan tetap mendominasi suplai energi dunia hingga 2030 dengan kontribusi lebih dari 85% [5]. Dalam kajiannya OPEC yakin bahwa hingga tahun 2030 kebutuhan minyak dunia masih dapat dipenuhi. Hal yang senada dikemukakan juga oleh Kjærstad & Johnsson [6], meski mereka juga menyatakan bahwa bisa saja terjadi *peak oil production* dalam waktu dekat akibat berbagai faktor yang menghambat investasi dan produksi minyak. OPEC [5] menyatakan bahwa beberapa hal yang perlu diwaspadai dalam penyediaan minyak di masa mendatang adalah masalah transportasi serta harga barang dan jasa pendukung industri minyak. Sedangkan Kjærstad & Johnsson [6] menggarisbawahi bahwa di masa mendatang dunia bisa mengalami ketergantungan yang tinggi pada beberapa negara Timur Tengah dan Rusia dalam penyediaan minyak dan gas. Hal ini memunculkan isu keamanan energi (*energy security*) di berbagai negara.

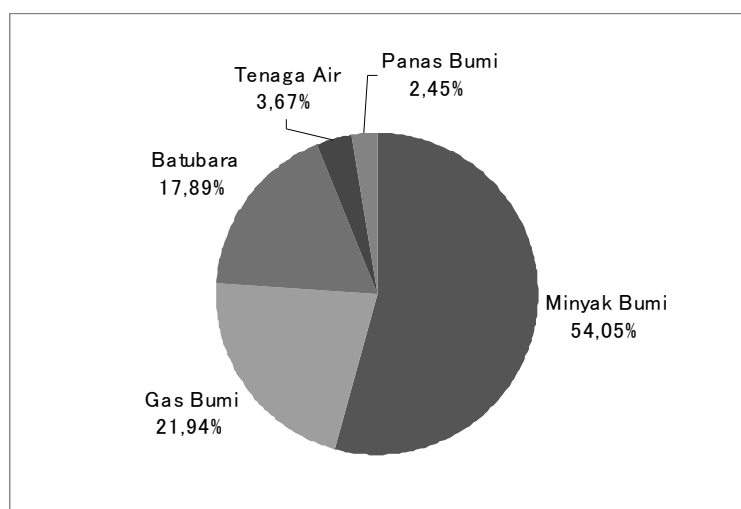
Dalam *Assessment Report ke-4, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* menyatakan bahwa konsentrasi CO₂, yang merupakan Gas Rumah Kaca (GRK) utama, telah mengalami peningkatan dari 280 ppm pada masa sebelum revolusi industri menjadi 379 ppm pada tahun 2005 [7]. Hasil pembakaran bahan bakar fosil mendominasi emisi CO₂ dunia, yakni sebesar 56,6% terhadap emisi CO₂ total per tahun [27]. Konsentrasi CO₂ saat ini telah melampaui kisaran alaminya antara 180 – 300 ppm yang telah bertahan selama 650.000 tahun terakhir [7]. Sedangkan temperatur permukaan bumi telah mengalami peningkatan sebesar 0,76°C ± 0,19°C dari masa 1850-1899 hingga 2001-2005 [7]. Sebelas dari 12 tahun terpanas sejak 1850 terjadi pada periode 1995-2006 (kecuali tahun 1996) [7]. Kenaikan temperatur permukaan bumi tersebut menyebabkan pencairan es di kutub dan ekspansi termal air laut; keduanya berdampak pada kenaikan permukaan air laut. Sejak tahun 1961-2005, rata-rata kenaikan permukaan air laut secara global adalah 1,8 mm ± 0,5 mm per tahun [7]. Pengamatan yang dilakukan Velicogna dan Wahr melalui satelit selama April 2002 – April 2006 menunjukkan bahwa telah terjadi pencairan es di Greenland dalam jumlah besar, yaitu sebesar 248 ± 36 km³ per tahun yang setara dengan kenaikan permukaan air laut sebesar 0,5 ± 0,1 mm

per tahun [8]. Perubahan iklim sangat mungkin (*very likely*) akan menyebabkan semakin tingginya tingkat presipitasi [7] yang bisa menyebabkan musibah terkait tingginya curah hujan seperti banjir dan tanah longsor. Di sisi lain, pada musim kemarau, perubahan iklim mungkin (*likely*) menyebabkan semakin luasnya daerah yang terkena kekeringan [7]. Sebagai negara kepulauan, dengan 17.500 pulau dan garis pantai kedua terpanjang di dunia, yaitu 81.000 km [9] Indonesia sangat rentan terhadap dampak perubahan iklim. Pada tahun 2006 area persawahan di Indonesia yang terendam banjir mencapai 262.984 ha; 104.802 ha diantaranya gagal panen [10]. Sedangkan pada tahun yang sama, area persawahan yang terkena kekeringan mencapai 262.592 ha dengan 63.568 ha diantaranya mengalami gagal panen [10]. Pada Februari 2007, banjir besar yang melanda Jakarta menyebabkan 80 orang meninggal dan kerugian materiil sekitar USD 453 juta [11]. Selain akibat berkurangnya daerah resapan air, buruknya sistem drainase, dan belum siapnya infrastruktur pengendalian banjir [11], banjir besar tersebut dipicu oleh tingginya curah hujan [12].

2. SITUASI ENERGI NASIONAL

2.1 Komposisi Energi Nasional

Tidak berbeda dengan mayoritas negara di dunia, penyediaan energi primer di tanah air masih didominasi oleh bahan bakar fosil. Konsumsi energi primer Indonesia tahun 2005 dapat dilihat pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1 Komposisi konsumsi energi primer Indonesia tahun 2005. Diolah dari [13].

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa peranan sumber energi baru dan terbarukan masih kecil, yaitu sebesar 6,12%.

Sedangkan menurut BP, pada tahun 2007, Indonesia mengkonsumsi energi primer sebesar 114,6 juta ton setara minyak, meningkat 2,9% dibandingkan tahun 2006 [2]. Minyak bumi berkontribusi sebesar 47,5%, gas alam 26,5%, batu bara 24,3%, dan tenaga air sebesar 1,7% [2].

Dengan jumlah konsumsi minyak yang lebih besar daripada produksi [2], ditambah belum mencukupinya kapasitas kilang domestik, Indonesia harus mengimpor minyak untuk mencukupi kebutuhan dalam negeri. Pada tahun 2007 Indonesia tercatat mengimpor minyak sebesar 35% dari konsumsi minyak dalam negeri [14]. Pada tahun 2008, rasio cadangan terhadap produksi minyak bumi Indonesia tercatat 24 tahun [15]. Untuk batubara, pada tahun 2008, konsumsi domestik tercatat hanya sebesar 20% dari produksi batubara nasional [14]. Pada tahun yang sama, rasio cadangan terhadap produksi batubara nasional adalah 93 tahun [15]. Sedangkan untuk gas alam, pada tahun 2007, Indonesia tercatat mengkonsumsi 50,7% dari produksi gas alam nasional [2]. Gas alam memiliki rasio cadangan terhadap produksi sebesar 59 tahun [15].

Untuk menjamin keamanan penyediaan energi di dalam negeri, Presiden telah mengeluarkan Peraturan Presiden No. 5 tahun 2005 tentang Kebijakan Energi Nasional.

Sasaran kebijakan energi nasional dalam peraturan tersebut adalah tercapainya elastisitas energi kurang dari 1 dan bauran energi primer yang optimal pada tahun 2025. Komposisi energi primer yang diharapkan tercapai pada tahun 2025 adalah: minyak bumi kurang dari 20%, gas bumi lebih dari 30%, batubara lebih dari 33%, Bahan Bakar Nabati (BBN) lebih dari 5%, panas bumi lebih dari 5%, energi baru dan terbarukan lainnya (biomassa, nuklir, tenaga air, tenaga surya, dan tenaga angin) menjadi lebih dari 5%, dan batubara yang dicairkan lebih dari 2%.

2.2 Sumber Energi Baru dan Terbarukan

Dilihat dari target capaian prosentase sumber energi terbarukan yang terdapat di dalam Kebijakan Energi Nasional, BBN dan tenaga panas bumi mendapatkan perhatian yang tinggi dari Pemerintah. Hal ini terkait dengan potensi Indonesia dalam budidaya tanaman penghasil BBN serta karakteristik geologis wilayah Indonesia yang kaya dengan sumber energi panas bumi. Dengan potensi sebesar 27 GWe, Indonesia merupakan negara dengan potensi sumber energi panas bumi terbesar di dunia [16]. Hingga tahun 2008, kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi yang sudah mulai berproduksi adalah sebesar 1,092 GW, sedangkan yang sedang dalam tahap pengembangan sebesar 1,538 GW [17].

Pada tahun 2007, tercatat produksi bioethanol sebesar 82.500 kL/tahun, sedangkan biodiesel sebesar 520.000 kL/tahun [18]. Produksi tersebut masih jauh dari target Pemerintah pada 2005-2010 yang mengharapakan bioethanol mampu mensubstitusi 5% konsumsi bensin, yang berarti sebesar 1,48 juta kL, dan biodiesel mensubstitusi 10% konsumsi minyak diesel, yang berarti 2,41 juta kL [18]. Sementara itu, Pembangkit Listrik Tenaga Diesel yang menggunakan BBN tercatat sebanyak 24 buah dengan total kapasitas sebesar 80.825 kW [18].

Kenaikan harga minyak sawit dan produk turunannya pada tahun 2007 menyebabkan industri BBN mengurangi produksi, bahkan beberapa diantaranya menghentikan produksinya, karena ongkos produksi BBN menjadi sangat tinggi. Untuk menjaga pertumbuhan penggunaan BBN, baru-baru ini Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral menerbitkan Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 32 tahun 2008 yang mewajibkan penggunaan BBN secara bertahap. Pada tahun 2025, prosentase penggunaan biodiesel diharapkan mencapai 20% (untuk transportasi, industri, dan pembangkit listrik), bioethanol sebesar 15% (untuk transportasi dan industri), serta minyak nabati murni sebesar 10% (untuk industri, perkapalan, dan pembangkit listrik).

3. SKENARIO PERTUMBUHAN ENERGI BERKELANJUTAN

Pertumbuhan energi berkelanjutan didefinisikan sebagai pertumbuhan energi yang ramah terhadap aspek lingkungan hidup, tidak mengganggu pertumbuhan ekonomi bangsa Indonesia, serta menjamin ketersediaan sumber energi bagi generasi mendatang. Berdasarkan Blue Print Pengelolaan Energi Nasional [19], pada tahun 2025, Indonesia akan memerlukan energi antara 2.750 juta Setara Barel Minyak - SBM (skenario konservasi energi) hingga 4.900 juta SBM (skenario *business as usual* - BaU).

Tabel 1 menunjukkan kebutuhan bahan bakar fosil pada tahun 2025 berdasarkan skenario konservasi energi. Dapat dilihat dari tabel tersebut bahwa produksi ketiga jenis bahan bakar fosil harus ditingkatkan. Untuk minyak bumi, data menunjukkan terjadinya penurunan produksi dalam negeri sejak 1991 [2]. Dengan demikian, tanpa ditemukannya sumur-sumur minyak baru dan atau intervensi teknologi untuk meningkatkan produksi, nampaknya sangat sulit bagi minyak bumi domestik untuk memenuhi kewajibannya. Di sisi konsumsi, telah terjadi penurunan konsumsi minyak bumi, baik dalam prosentase terhadap total energi, maupun

besaran absolut. Dari tahun 2001 – 2007 (kecuali pada 2003 dan 2004), terjadi penurunan konsumsi minyak bumi rata-rata di Indonesia sebesar 4,3% per tahun (diolah dari data [14]).

Tabel 1. Kebutuhan sumber energi fosil tahun 2025 (skenario konservasi)

Jenis Sumber Energi	Target Perpres 5/2005 [2025]	Produksi 2007	Unit	Cad/Prod [2007]
Minyak Bumi	20%	5,50E+08	3,48E+08	SBM 24
Gas Alam	30%	4,594	2,79	TSCF 59
Batubara	33%	2,96E+08	2,01E+08	Ton 93

Sebagai kompensasinya, penggunaan batubara di dalam negeri terus mengalami peningkatan, dari sekitar 20 juta ton pada tahun 2000 [17] hingga mencapai 45,7 juta ton pada tahun 2008 [14]. Meski peningkatan penggunaan batubara dinilai tepat dari aspek ketahanan energi dan pertumbuhan ekonomi, namun tanpa dilakukannya intervensi teknologi untuk mengurangi emisi GRK, kebijakan peningkatan penggunaan batubara tidak sejalan dengan upaya penanggulangan pemanasan global dan perubahan iklim. Batubara, minyak bumi, dan gas alam menghasilkan emisi CO₂ berturut-turut sebesar 940, 798, dan 581 g CO₂/kWh [20]. Pemenuhan terhadap kebutuhan batubara nasional memerlukan kebijakan yang mengutamakan (*mainstreaming*) kebutuhan domestik.

Salah satu teknik untuk mengeliminasi emisi GRK dari pembakaran batubara pada pembangkit listrik adalah penangkapan dan penyimpanan karbon (*Carbon Capture and Storage - CCS*). Pengoperasian CCS saat ini memerlukan biaya sekitar USD 100 per ton CO₂ [21, 22]. Dengan emisi CO₂ pada pembangkit listrik sebesar 78,01 juta ton pada tahun 2005 [13], pengoperasian instalasi CCS pada pembangkit listrik di Indonesia akan memberikan tambahan biaya pada konsumen sebesar Rp 874,6/kWh – atau sebanding dengan Tarif Dasar Listrik. Pilihan transisi yang terjangkau secara ekonomis saat ini diantaranya adalah peningkatan mutu batubara (*coal upgrading*). Hingga tahun 2020, diprediksi peningkatan mutu 1600 juta ton/tahun batubara Bituminus dan 800 juta ton/tahun batubara peringkat rendah dapat berkontribusi terhadap penurunan CO₂ dunia sebesar 0,3 – 0,5 Gt/tahun [23].

Sedangkan penggunaan gas alam, sebagai sumber energi fosil yang paling rendah emisi CO₂ nya, justru mengalami kecenderungan penurunan sejak tahun 2002: dari 2.900.000 MMSCF menjadi sekitar 2.450.000 MMSCF pada tahun 2006 seiring dengan penurunan produksi [17]. Ditilik dari jumlah cadangan, teknologi, serta aspek lingkungan, gas alam merupakan sumber energi fosil yang paling sesuai untuk menggantikan minyak bumi, terutama di sektor pembangkit listrik, transportasi, dan rumah tangga. Berdasarkan Tabel 1 di atas, perlu upaya peningkatan produksi serta pengarusutamaan gas alam untuk kebutuhan domestik demi mewujudkan ketahanan energi nasional.

Dalam Kebijakan Energi Nasional, sumber energi baru dan terbarukan diharapkan dapat memenuhi kebutuhan energi nasional sebesar 17% pada tahun 2025. Berdasarkan asumsi seperti yang terdapat pada Tabel 2, dapat diperkirakan jumlah energi dari sumber energi terbarukan pada tahun 2025. Bila pada tahun 2025 skenario konservasi energi nasional berhasil diterapkan, maka kontribusi energi terbarukan bisa mencapai 20,5% dari kebutuhan energi nasional. Sebaliknya jika skenario BaU yang terjadi, maka kontribusi sumber energi terbarukan hanya 11,5% dari kebutuhan energi nasional. Apabila skenario Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir berjalan seperti yang terdapat dalam Blue Print Pengelolaan Energi Nasional 2005-2025, maka sumbangan PLTN sebesar 10 GW akan meningkatkan kontribusi sumber energi baru dan terbarukan menjadi 22,4% (skenario konservasi) dan 12,6% (skenario BaU).

Tabel 2. Perkiraan jumlah energi dari sumber energi terbarukan pada tahun 2025

Sumber Energi	Potensi [15]	Penggunaan (asumsi)	Operasional per tahun (asumsi)	Energi Tersedia	Kapasitas Terpasang ^a
Tenaga Air	75,67 GW	75%	75%	1,342 PJ	5,55%
Panas Bumi	27 GW	75%	75%	479 PJ	4,04% ^b
Mini/Mikro Hidro	0,45 GW	75%	75%	8 PJ	18,67%
Biomassa	49,81 GW	75%	75%	884 PJ	0,6%
Tenaga Angin	9,29 GW	75%	75%	165 PJ	0,0054%
Tenaga Surya	4,8 kWh/m ² /hr	0,05% daratan Indonesia	60%	568 PJ	0,0067%
JUMLAH				3.446 PJ	

^a Data dari [19] dibandingkan dengan potensi

^b Data dari [17] dibandingkan dengan potensi

Tabel 2 menunjukkan bahwa realisasi penggunaan sumber energi terbarukan secara umum masih sangat kecil dibandingkan dengan potensi yang ada. Oleh karena itu Pemerintah perlu mengajak masyarakat untuk berperan aktif dalam penggunaan sumber energi terbarukan. Salah satu instrumen ekonomi yang bisa dipergunakan Pemerintah untuk meningkatkan penggunaan sumber energi terbarukan oleh masyarakat tanpa mengganggu anggaran negara adalah melalui *neutral-revenue incentive policy*. Kebijakan insentif diartikan bahwa pemerintah memberikan insentif langsung/tidak langsung kepada masyarakat yang menggunakan sumber energi terbarukan. Sedangkan *neutral-revenue* berarti insentif yang diberikan Pemerintah tersebut tidak mengganggu penerimaan negara karena berasal dari pengurangan subsidi energi yang semula dialokasikan Pemerintah. Contoh perhitungan besarnya dana insentif yang bisa didapatkan dari pengurangan subsidi listrik sebagai hasil penggunaan sumber energi terbarukan oleh masyarakat ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengurangan subsidi listrik akibat penggunaan sumber energi terbarukan

Golongan Tarif	Konsumsi Listrik [24] (TWh)	Subsidi Listrik [24] (Miliar Rupiah)	Penggunaan Sumber Energi Terbarukan*	Pengurangan Subsidi (Milyar Rupiah)
R3	1,678	214,72	17%	36,513
I3 & I4	42,209	9.506	17%	1.616

* Diambil berdasarkan target capaian penggunaan sumber energi baru dan terbarukan pada Kebijakan Energi Nasional

Selain penggunaan sumber energi terbarukan, insentif juga dapat diberikan untuk pembelian peralatan yang hemat energi. Sebagai contoh, pada sebuah gedung perkantoran atau komersial, sekitar 60% listrik digunakan untuk keperluan sistem pengkondisian udara. Dengan menggunakan data konsumsi dan subsidi listrik pada Golongan Tarif B2 & B3 [24], penggunaan chiller baru yang lebih hemat energi 35,2% dapat mengurangi subsidi listrik sebesar Rp 562,214 Miliar/tahun. Teknik insentif yang sama juga dapat diterapkan untuk

memasyarakatkan penggunaan mobil hibrida (*hybrid car*) yang telah terbukti bisa menghemat bahan bakar hingga 40%. Pemerintah perlu memikirkan mekanisme insentif yang tepat bagi produsen dan konsumen dalam negeri, sehingga mobil hibrida tidak menjadi barang mewah, seperti halnya di Amerika dan Jepang. Untuk mewujudkan hal ini, perlu koordinasi dan saling pengertian lintas departemen.

Indonesia juga perlu memaksimalkan mekanisme CDM (*Clean Development Mechanism*) untuk memenuhi kebutuhan energinya tanpa memperparah pemanasan global dan perubahan iklim. Dari potensi CDM di sektor energi dan industri yang mencapai 125 juta ton CO₂ hingga tahun 2012 [25], proyek CDM di Indonesia yang telah terdaftar pada Dewan Eksekutif CDM hingga 1 Februari 2009 baru sebanyak 22 proyek dengan proyeksi penurunan emisi CO₂ sebesar 18,4 juta ton CO₂ [26]. Bandingkan dengan China dan India yang masing-masing telah memiliki 396 dan 392 proyek CDM dengan proyeksi penurunan emisi CO₂ sebesar 760 dan 231 juta ton [26].

4. KESIMPULAN

Sebagai negara kepulauan yang terletak di daerah equator, Indonesia rentan terhadap dampak pemanasan global dan perubahan iklim. Oleh karena itu, meski tidak memiliki kewajiban spesifik untuk mengurangi emisi GRK, Indonesia perlu berpartisipasi dalam upaya kolektif dunia mengurangi konsentrasi GRK di atmosfer bumi. Usaha pengurangan konsentrasi GRK memiliki kaitan yang sangat erat dengan masalah penyediaan energi, karena mayoritas GRK berasal dari pembakaran bahan bakar fosil. Di sisi lain, harga energi merupakan isu sensitif, baik dari segi pertumbuhan ekonomi ataupun sosial politik. Oleh karena itu, pertumbuhan energi yang berkelanjutan memiliki tiga dimensi yang saling terkait, yakni ketahanan energi domestik, pertumbuhan ekonomi, dan aspek lingkungan hidup.

Ditinjau dari jumlah produksi dan cadangan bahan bakar fosil yang tersedia, Indonesia perlu segera beralih dari ketergantungan terhadap minyak bumi. Bila dilihat dari faktor lingkungan, jumlah cadangan, dan teknologi, gas alam merupakan bahan bakar yang sesuai untuk menggantikan posisi minyak bumi di sektor transportasi, industri, dan rumah tangga. Dari kacamata aspek ekonomi dan jumlah cadangan sumber energi, dapat dipahami terjadinya peningkatan penggunaan batubara. Namun dari segi lingkungan hidup, peningkatan penggunaan batubara tanpa intervensi teknologi untuk menurunkan emisi pembakaran batubara bertentangan dengan semangat penanggulangan pemanasan global dan perubahan iklim. Di masa mendatang, tingginya kebutuhan domestik pada gas alam dan batubara menuntut adanya pengarusutamaan kebutuhan domestik dibandingkan ekspor.

Meski memiliki potensi yang berlimpah, pemanfaatan sumber-sumber energi terbarukan secara umum masih sangat rendah. Salah satu kebijakan yang bisa dipertimbangkan Pemerintah untuk meningkatkan penggunaan sumber energi terbarukan adalah melalui *neutral-revenue incentive policy*. Sistem ini bisa melengkapi beberapa skema yang telah ada, seperti kebijakan insentif-disinsentif listrik serta pengurangan pajak impor terhadap peralatan teknologi terkait pemanfaatan sumber energi baru dan terbarukan. Pemerintah juga perlu berpihak kepada teknologi rendah emisi karbon, seperti mobil hibrida, dengan cara memberikan insentif yang tepat kepada produsen dan konsumen dalam negeri. Selain itu, Indonesia perlu memaksimalkan mekanisme CDM dalam pemenuhan kebutuhan energi nasional tanpa memperburuk pemanasan global dan perubahan iklim.

REFERENSI

- [1] Wikipedia. List of Countries by GDP (nominal). [http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_\(nominal\)](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_(nominal)). Diakses pada 2 Februari 2009.
- [2] BP. 2008. BP Statistical Review Full Report Workbook 2008. www.bp.com. Diakses pada 2 Februari 2009.
- [3] International Energy Agency. 2007. Key World Energy Statistic. International Energy Agency, Head of Communication and Information Office. France.
- [4] Energy Information Administration. 2007 International Energy Outlook 2007. US Department of Energy. USA.
- [5] OPEC. 2008. World Oil Outlook 2008. OPEC Secretariat. Viena, Austria.
- [6] Kjærstad, J & Johnsson, F. 2009. Resources and future supply of oil. *Energy Policy*. Vol. 37. pp441-464. Elsevier.
- [7] Solomon, S., Qin, D, Manning, M, Alley, R.B, Berntsen, T, Bindoff, N.L, Chen, Z, Chidthaisong, A, Gregory, J.M, Hegerl, G.C, Heimann, M, Hewitson, B, Hoskins, B.J, Joos, F, Jouzel, J, Kattsov, V, Lohmann, U, Matsuno, T, Molina, M, Nicholls, N, Overpeck, G. Raga, V. Ramaswamy, J. Ren, M. Rusticucci, R. Somerville, T.F. Stocker, P. Whetton, J, Wood, RA & Wratt, D. 2007. Technical Summary. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon, S., Qin, d, Manning, m, Chen, z, Marquis, m, Averyt, k.b, Tignor, m & Miller, H.L. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge. United Kingdom and New York, NY, USA.
- [8] Velicogna, I & Wahr, J. 2006. Acceleration of Greenland ice mass loss in spring 2004. *Nature*. Vol. 443. pp329-331. UK.
- [9] Hilman, M, dkk. 2007. Rencana Aksi Nasional dalam Menghadapi Perubahan Iklim. Kementerian Negara Lingkungan Hidup. Jakarta, Indonesia.
- [10] The State Ministry of Environment. 2007. State of Environment Report in Indonesia 2006. Kementerian Negara Lingkungan Hidup. Indonesia.
- [11] Steinberg, F. 2007. Jakarta: Environmental problems and sustainability. *Habitat International*. Vol. 31. pp354-365. Elsevier.
- [12] Wikipedia. Banjir Jakarta 2007. http://id.wikipedia.org/wiki/Banjir_Jakarta_2007. Diakses pada Februari 2009
- [13] Pusat Data dan Informasi. 2006. Statistik Ekonomi Energi Indonesia 2006. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Indonesia.
- [14] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Datawarehouse ESDM. www.esdm.go.id. Diakses pada 6 Februari 2009.
- [15] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2008. Siaran Pers Nomor 24/HUMAS DESDM/2008 tentang Membangun Ketahanan Energi Nasional. www.esdm.go.id. Diakses pada 6 Februari 2009.
- [16] Wahyuningsih, R. 2005. Potensi dan Wilayah Kerja Pertambangan Panas Bumi di Indonesia. Kolokium Hasil Lapangan DIM – 2005. www.dim.esdm.go.id. Diakses 19 September 2005.
- [17] Center for Data and Information on Energy and Mineral Resources, Department of Energy and Mineral Resources. 2008. Statistik Energi Indonesia 2008. www.migas-indonesia.net. Diakses pada 31 Januari 2009.
- [18] Legowo, E.H. 2007. Current Progress on Indonesian Biofuel Implementation. Dipresentasikan pada Workshop on Sustainable Aspect of Biofuel Production. Juni 2007. Jakarta, Indonesia.
- [19] Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. 2006. Blue Print Pengelolaan Energi Nasional. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral. Indonesia.
- [20] Meiviana, A, Sulistiowati, D.R & Soejachmoen, M.H. 2004. Bumi Makin Panas, Ancaman Perubahan Iklim di Indonesia. Kementerian Negara Lingkungan Hidup, JICA & Pelangi. Indonesia.

- [21] Kantor Berita ANTARA. 2007. Total signs MOU with Indonesia on carbon capture. www.antara.co.id/en/arc/2007/12/18/total-signs-mou-with-indonesia-on-carbon-capture/. Diakses 14 Februari 2009.
- [22] Damen, K, Faaij, A & Turkenburg, W. 2009. Pathway Towards Large-Scale Implementation of CO₂ Capture and Storage: A Case Study for The Netherlands. *International Journal of Greenhouse Gas Control*. Vol. 3. pp217-236. Elsevier.
- [23] Couch, G.R. 2003. Coal Upgrading to Reduce CO₂ Emission. Book Review. International Energy Agency, CCC/67, 72pp., 2002. *International Journal of Coal Geology*. Vol. 53. pp241. Elsevier.
- [24] PT. PLN. Statistik PLN 2007. www.pln.co.id. Diakses pada Oktober 2008.
- [25] State Ministry for Environment. 2001. National Strategy Study on the Clean Development Mechanism in Indonesia. State Ministry for Environment, Republic of Indonesia. Jakarta, Indonesia.
- [26] Institute for Global Environmental Strategies. 2009. IGES CDM Project Database. <http://www.iges.or.jp/en/cdm/report.html>. Diakses 3 Februari 2009.
- [27] Barker T., I. Bashmakov, L. Bernstein, J. E. Bogner, P. R. Bosch, R. Dave, O. R. Davidson, B. S. Fisher, S. Gupta, K. Halsnæs, G.J. Heij, S. Kahn Ribeiro, S. Kobayashi, M. D. Levine, D. L. Martino, O. Masera, B. Metz, L. A. Meyer, G.-J. Nabuurs, A. Najam, N. Nakicenovic, H. -H. Rogner, J. Roy, J. Sathaye, R. Schock, P. Shukla, R. E. H. Sims, P. Smith, D. A. Tirpak, D. Urge-Vorsatz, D. Zhou, 2007: Technical Summary. In: *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.].