

Strategi Penyediaan Energi yang Berkesinambungan¹

Oleh :

Ir. Agus Sugiyono, M.Eng.
Peneliti, BPP Teknologi

Abstrak

Keterkaitan antara energi, lingkungan dan ekonomi saat ini merupakan hal yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan energi. Berbagai model telah dikembangkan untuk membantu dalam perencanaan energi. Dalam makalah dibahas perencanaan energi di Indonesia yang meliputi kondisi permintaan dan penyediaan energi saat ini dan proyeksi untuk masa depan serta permasalahan yang dihadapi dalam penyediaan energi. Hasil dari model MARKAL menunjukkan bahwa batubara mempunyai pangsa yang terbesar sebagai penyedia energi primer bagi Indonesia untuk masa depan.

1. Pendahuluan

Bagi Indonesia energi memegang peranan yang penting karena disamping untuk mencukupi keperluan dalam negeri juga sebagai komoditi ekspor. Konsumsi energi dalam negeri perkapita di Indonesia masih kecil dan diperkirakan akan terus meningkat seperti di negara berkembang lainnya. Untuk mencukupi kebutuhan energi tersebut diperlukan pengembangan sumber-sumber energi. Karena pengembangan sumber energi memerlukan waktu yang cukup lama serta biaya yang besar, maka harus dilakukan dengan perencanaan yang baik.

Keterkaitan antara sektor energi dengan pertumbuhan ekonomi merupakan salah satu aspek dalam perencanaan energi. Dalam pengambilan keputusan yang menyangkut perencanaan energi juga muncul paradigma baru yaitu keterkaitan antara energi, ekonomi, dan lingkungan (*EEE : Energy-Environment-Economics*). Ini merupakan tanggapan dari kenaikan penggunaan energi untuk memacu pertumbuhan ekonomi dengan kerusakan ekologi sebagai konsekuensi dari kenaikan penggunaan energi tersebut di masa lampau. Indonesia pun tidak lepas dari permasalahan tersebut disamping permasalahan lain seperti penggunaan energi nonkomersial dan keterbatasan bahan bakar minyak yang merupakan andalan sumber energi saat ini.

Berbagai model telah dikembangkan untuk membantu dalam perencanaan energi. Model yang berdasarkan ekonometrik atau teknik statistik banyak digunakan untuk membuat proyeksi kebutuhan energi jangka panjang. Sedangkan untuk strategi penyediaan energi, banyak digunakan teknik optimisasi dengan fungsi obyektif tertentu. Disamping itu juga telah dikembangkan model rekursif yang berdasarkan kesetimbangan permintaan dan penyediaan energi dengan mengatur parameter harga untuk jangka panjang. Model-model tersebut diantara Model Edmond-Reilly, Model Global 2100 dan model dari *World Energy Council* yang semuanya merupakan model global yang dibagi menjadi beberapa wilayah untuk jangka panjang. Sedangkan untuk Indonesia salah satu model yang cukup detail mengenai perencanaan energi adalah model MARKAL.

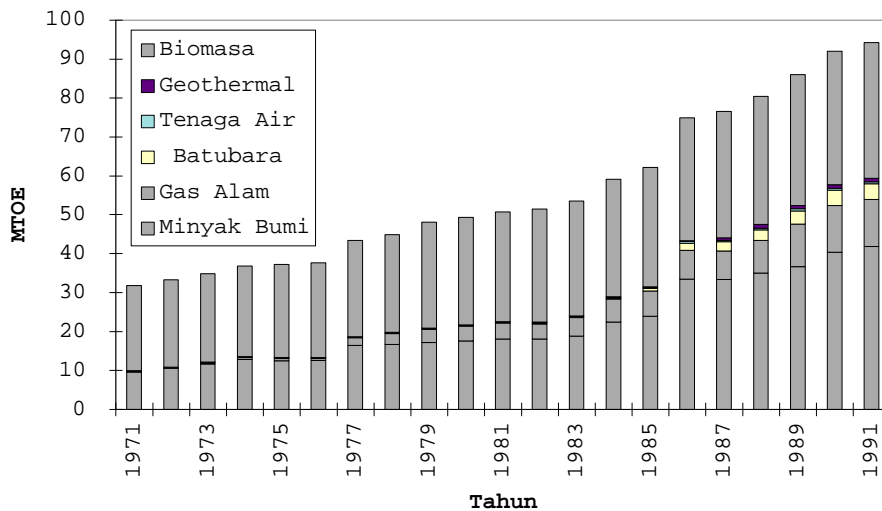
Dalam makalah ini akan dibahas berbagai permasalahan dalam penyediaan energi, khususnya di Indonesia. Selanjutnya akan diuraikan tentang strategi penyediaan energi untuk jangka panjang serta prospek dari berbagai sumber energi untuk masa depan. Pembahasan

¹ Laporan Teknis, Desember 1995

termasuk juga aspek lingkungan yang akhir-akhir ini menjadi topik dalam berbagai seminar, baik nasional maupun internasional.

2. Pertumbuhan Ekonomi dan Penggunaan Energi

Berdasarkan data statistik (gambar 1) terlihat bahwa selama 5 tahun terakhir ini pangsa energi nonkomersial sudah mulai turun digantikan dengan energi komersial. Untuk energi komersial, konsumsi energi primer yang terbesar adalah minyak bumi diikuti dengan gas alam dan batubara. Sedangkan pangsa sumber energi terbarukan seperti tenaga air dan geothermal masih sangat kecil.

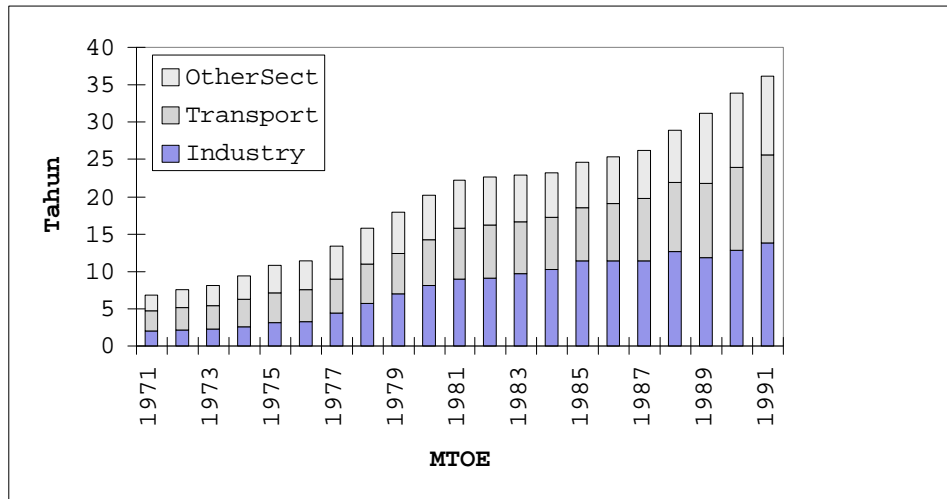


Gambar 1. Konsumsi energi primer [5]

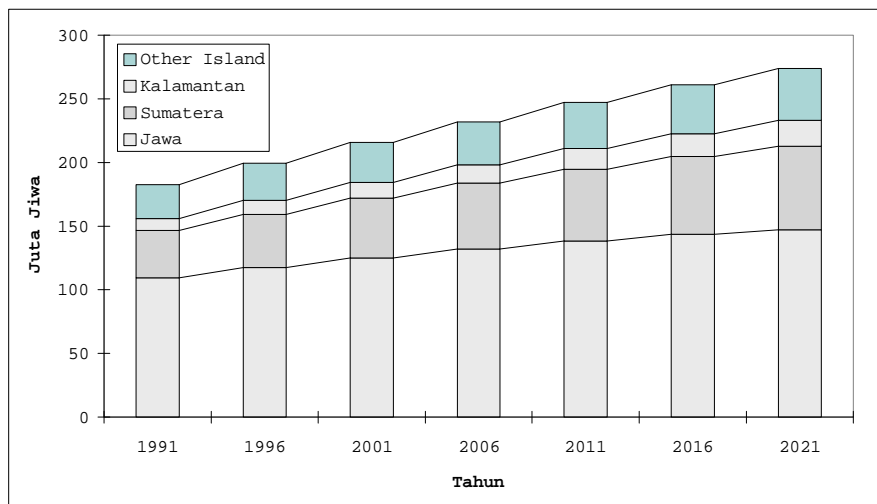
Penggunaan energi komersial untuk setiap sektor ditunjukkan pada gambar 2. Sektor industri merupakan pemakai terbesar dengan pertumbuhan sekitar 10 % per tahun. Pangsa kedua penggunaan energi adalah sektor transportasi dengan pertumbuhan sekitar 7.6 % per tahun dan sektor rumah tangga dengan pertumbuhan sekitar 7.3 % per tahun.

Pertumbuhan penduduk merupakan salah satu faktor yang banyak mempengaruhi permintaan energi. Berdasarkan sensus tahun 1990 jumlah penduduk sudah mencapai 179,3 juta jiwa dan pertumbuhan penduduk saat ini sekitar 1.8 % per tahun. Pada gambar 3 diperlihatkan proyeksi pertumbuhan penduduk Indonesia sampai tahun 2021.

Faktor lain yang banyak mempengaruhi permintaan energi, disamping pertumbuhan penduduk, adalah pertumbuhan ekonomi dan efisiensi dalam memanfaatkan energi tersebut. Indonesia termasuk negara yang mempunyai pertumbuhan ekonomi yang cukup tinggi. Kebijakan pemerintah pertengahan tahun 1980 menghasilkan pertumbuhan produk domestik bruto (GDP) sebesar 7,5 % pada tahun 1989, 7,1 % pada tahun 1990 dan sebesar 6.6 % pada tahun 1991. Pertumbuhan GDP jangka panjang diperkirakan berkisar antara 5 % sampai 6 % per tahun [1].



Gambar 2. Konsumsi energi tiap sektor [5]

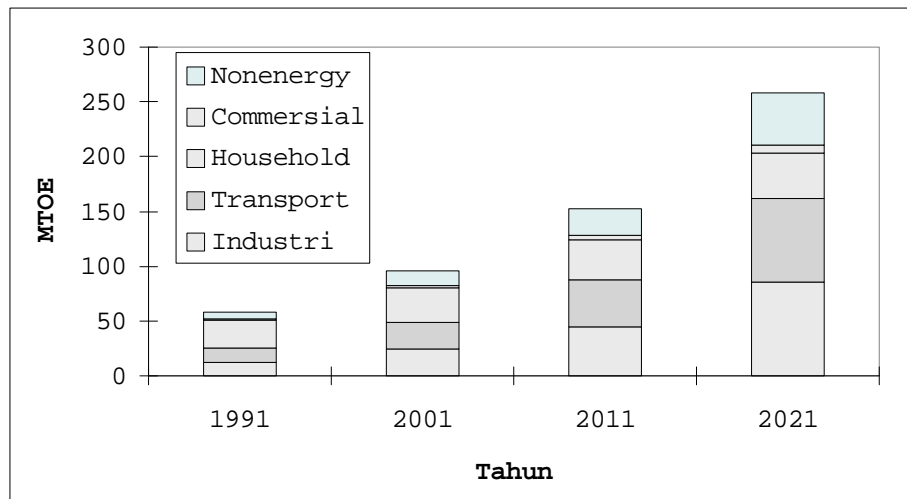


Gambar 3. Proyeksi pertumbuhan penduduk [1]

3. Strategi Penyediaan Energi

3.1 Proyeksi permintaan dan penyediaan energi

Gambar 4 memperlihatkan proyeksi permintaan energi setiap sektor sampai tahun 2021. Seperti data statistik, pertumbuhan permintaan energi pada sektor industri, transportasi serta rumah tangga cukup besar. Pada tahun 2001 pangsa permintaan energi di sektor rumah tangga paling besar dan mencapai 33 % dari total permintaan energi. Hal ini disebabkan makin meningkatnya standard hidup masyarakat serta makin makin meningkatnya keperluan energi listrik untuk rumah tangga. Pada tahun 2021 diharapkan pertumbuhan penduduk sudah tidak terlalu besar sehingga pangsa permintaan energi di sektor rumah tangga juga menurun menjadi sekitar 16 %. Pada saat itu pangsa permintaan energi di sektor industri menempati urutan pertama sebesar 33 %.



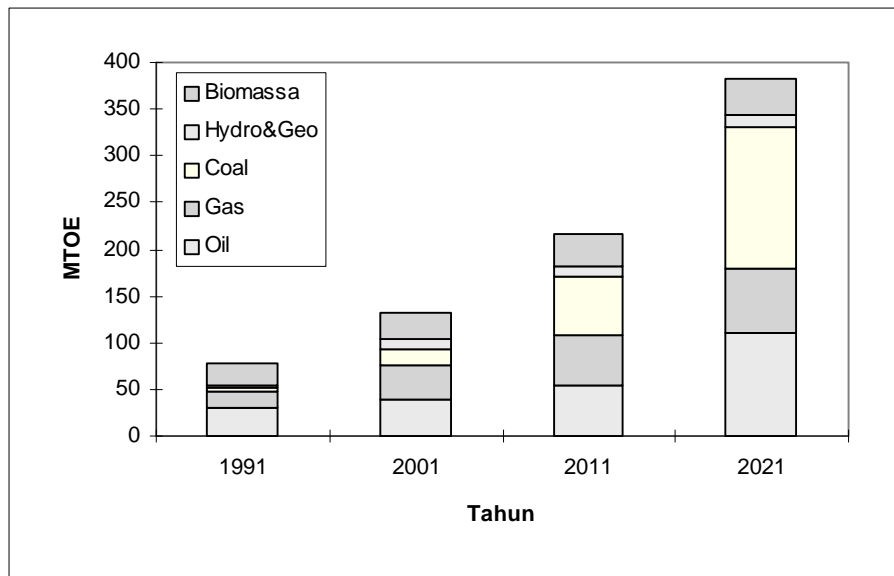
Gambar 4. Proyeksi permintaan energi tiap sektor [2]

Dengan melihat kondisi cadangan dan produksi bahan bakar fosil (tabel 1) dapat ditunjukkan bahwa adanya keterbatasan dalam pemakaian minyak bumi, cadangan gas alam yang mencukupi serta cadangan batubara yang masih sangat besar dan belum banyak dimanfaatkan. Pada tingkat produksi minyak bumi saat ini maka cadangan akan habis sekitar tahun 2005 bila tidak ditemukan cadangan baru. Untuk mempertahankan minyak bumi sebagai komoditi ekspor maka perlu mengurangi penggunaan bahan bakar minyak dalam negeri dengan meningkatkan penggunaan gas alam dan batubara untuk pembangkit tenaga listrik, disamping melakukan pencarian cadangan baru.

Tabel 1. Cadangan energi dan penggunaannya pada tahun 1990 [1]

	Minyak bumi 10 ⁹ Barrel	Gas Alam 10 ¹² scf	Batubara 10 ⁹ ton	Tenaga Air GW	Geothermal GW
Cadangan Terbukti	5.3	64	4.8	75	16
Cadangan Potensial	5.4	38	29.5	-	-
Cadangan Total	10.7	102	34.3	75	16
Produksi tahun 1990	0.47	2.1	0.011	-	-
Kapasitas tahun 1990	-	-	-	2.2	0.17

Dengan memperhatikan cadangan energi yang tersedia dapat diperkirakan bahwa penggunaan batubara untuk jangka panjang akan semakin besar. Pada gambar 5 diperlihatkan hasil optimisasi dari model MARKAL dengan scenario tinggi dan pengurangan emisi. Tingkat pertumbuhan penyediaan energi primer rata-rata meningkat sebesar 5.4 % per tahun. Dengan pertumbuhan ini berarti setiap 13 tahun jumlah penyediaan energi akan naik dua kali lipat. Pada tahun 2001 pangsa terbesar penyediaan energi adalah minyak bumi dan gas alam masing-masing sebesar 29 % dan 27 % dari total penyediaan energi primer. Setelah itu pangsa batubara mulai membesar dan mencapai 40 % pada tahun 2021. Biomassa meskipun pangasanya terus menurun karena kurang fleksible dalam penggunaannya, tetapi kuantitasnya terus meningkat.



Gambar 5. Proyeksi penyediaan energi [1]

3.2 Aspek lingkungan

Dengan meningkatnya penggunaan batubara akan menyebabkan dua masalah utama. Pertama adalah dampak lingkungan seperti emisi debu, SO_2 dan NO_2 dan yang kedua adalah mempersiapkan prasarana transportasi batubara karena cadangan batubara berada di Sumatera dan Kalimantan sedangkan konsumsi energi terbesar berada di Jawa.

Seperti terlihat pada gambar 6 dampak lingkungan dari pemakaian batubara cukup besar, khususnya dalam proses konversi batubara sebagai energi primer menjadi energi final. Bagi Indonesia sebagian besar batubara dikonversikan menjadi energi listrik. Untuk mengurangi dampak lingkungan pada pembangkit listrik baik yang menggunakan batubara maupun bahan bakar fosil lainnya dapat dilakukan dengan beberapa cara :

- menggunakan electrostatic precipitator untuk mengurangi emisi debu
- menggunakan desulphurisasi untuk mengurangi emisi SO_2 , dan
- menggunakan de NO_x untuk mengurangi emisi NO_2 .

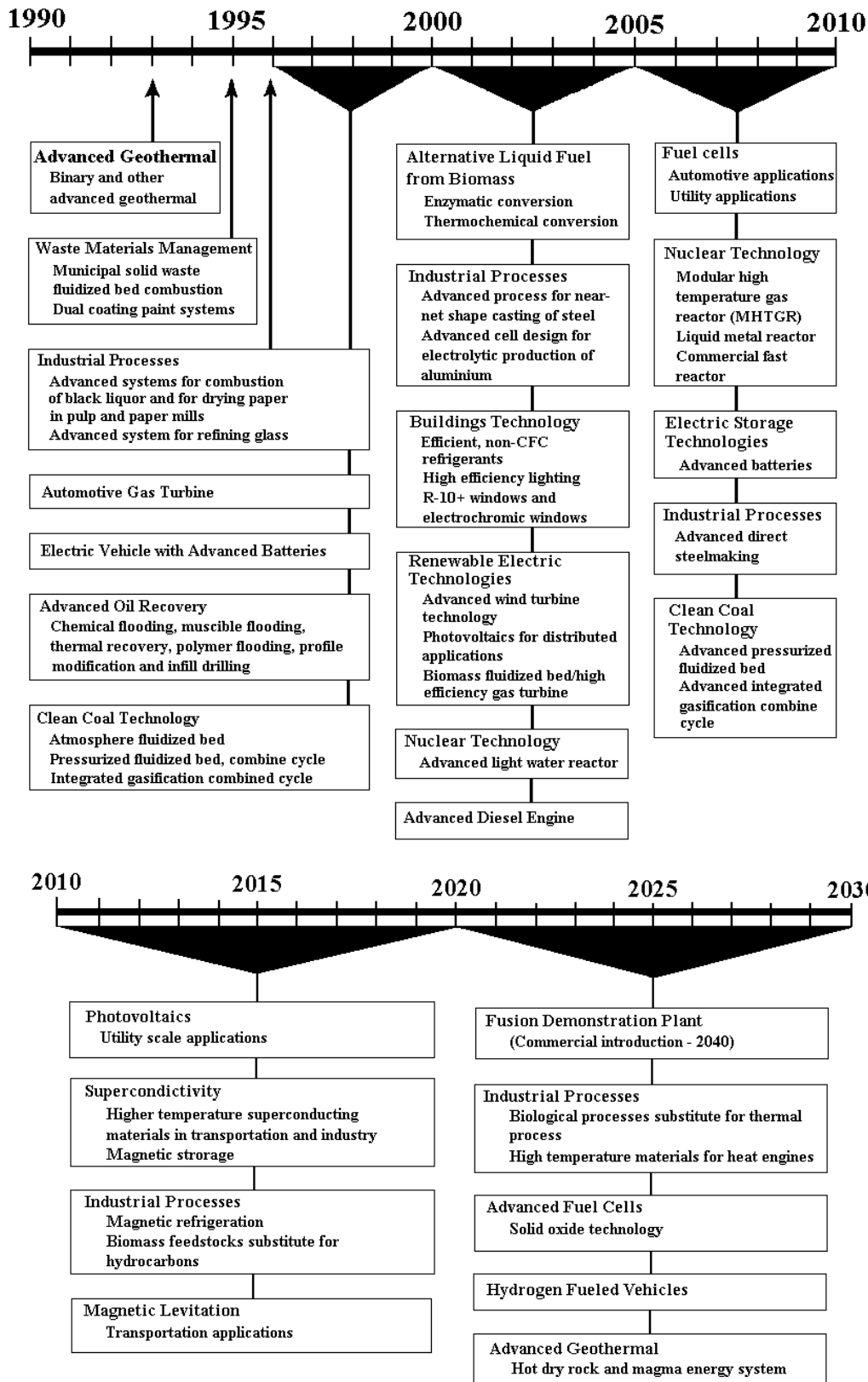
Pada pembangkit listrik batubara kemungkinan lain untuk mengurangi emisi adalah menggunakan teknologi batubara bersih (*clean coal technology*).

Dampak lingkungan lainnya yang berhubungan dengan penggunaan energi adalah emisi CO_2 . Meskipun Indonesia masih relatif kecil dalam penggunaan energi sehingga emisi CO_2 yang ditimbulkannya juga masih kecil tetapi karena efek emisi CO_2 merupakan efek global untuk seluruh dunia maka perlu juga mempertimbangkannya. Saat ini di negara maju langkah-langkah untuk mengurangi emisi CO_2 terus diusahakan, seperti Belanda dan Swedia telah memberlakukan pajak emisi CO_2 dan dalam seminar internasional dibahas juga kemungkinan memberlakukan perdagangan emisi CO_2 antar negara. Bagi negara yang emisi CO_2 melebihi ketentuan harus membayar kepada negara yang emisinya rendah. Hal ini kemungkinan akan menguntungkan bagi negara berkembang yang emisi CO_2 nya masih sangat kecil dibandingkan dengan negara maju.

		IMPACT															
		Rank			Atmospheric						Aquatic		Terrestrial				
Global	Regional	Local	SO ₂	NO _x	Particulates	Radioactive	H. metals	VOCs	CO ₂	Hydrocarbons	Particulates	Radioactive	Acid on water	Disturbance	Subsidence*	Destruction+	
FOSSIL	Coal	Mining	▲	▲	▲						▲	▲	▲		▲	▲	▲
		Transport	▲	▲	▲						▲	▲	▲		▲	▲	▲
		Conversion	●	●	▲	▲	▲	▲	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	Oil	Drilling	▲	▲						●	▲				▲	▲	▲
		Transport	▲	▲						●	▲				▲	▲	▲
		Conversion	●	●	▲					●	▲			▲	▲	▲	▲
	Natural Gas	Drilling	▲	▲						●					▲	▲	▲
		Transport													▲	▲	▲
		Conversion		▲						●					▲	▲	▲
	Peat	Cutting	▲	▲	▲					●	▲	▲	▲		▲	▲	▲
		Transport								●	▲	▲	▲		▲	▲	▲
		Conversion	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	Oil shale	Mining	▲	▲	▲					●	▲	▲	▲		▲	▲	▲
		Transport	▲	▲	▲					●	▲	▲	▲		▲	▲	▲
		Conversion	●	●	▲	▲	▲	▲	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
	Tar sands	Mining	▲	▲	▲					●	▲	▲	▲		▲	▲	▲
		Transport	▲	▲	▲					●	▲	▲	▲		▲	▲	▲
		Conversion	●	●	▲	▲	▲	▲	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
SOLAR	Biomass	Harvesting			▲						▲	▲		▲	▲	▲	
		Transport	▲	▲	▲				●					▲	▲	▲	
		Conversion	●	●	▲					●				▲	▲	▲	
		Decommis.		▲					●		▲	▲		▲	▲	▲	▲
	Hydro	Construction	▲	▲	▲					●	▲	▲			▲	▲	▲
		Flow channels									▲	▲			▲	▲	▲
		Conversion									▲	▲	£		▲	▲	▲
	Photo-voltaic	Construction			▲											▲	▲
		Conversion														▲	▲
		Decommis.										▲					
	Wind	Construction	▲	▲	▲					▲					▲	▲	▲
		Conversion			▲										▲	▲	▲
Thermal	Construction	▲	▲						●					▲	▲	▲	
	Conversion								▲					▲	▲	▲	
OTHER	Nuclear	Mining	▲	▲	▲	▲							▲	▲	▲	▲	
		Transport	▲	▲	▲									▲	▲	▲	
		Conversion			▲							▲		▲	▲	▲	
		Decommis.		▲										▲	▲	▲	
	Geo-thermal	Drilling	▲	▲	▲					▲					▲	▲	▲
		Construction			▲										▲	▲	▲
		Conversion	▲	▲	▲								#		▲	▲	▲
	Waste incineration	Collection	▲	▲	▲					▲					▲	▲	▲
		Transport	▲	▲	▲					▲					▲	▲	▲
Conversion		▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	

* Disturbance is mainly in the form of mining or analogous activity and resulting solid waste disposal
 + Destruction is the result of mining or analogous activity and/or massive resulting contamination
 & Eutrophication often occurs
 £ Thermal pollution and some heavy metal contamination

Gambar 6. Tingkat dampak lingkungan dari bermacam-macam energi primer [4]

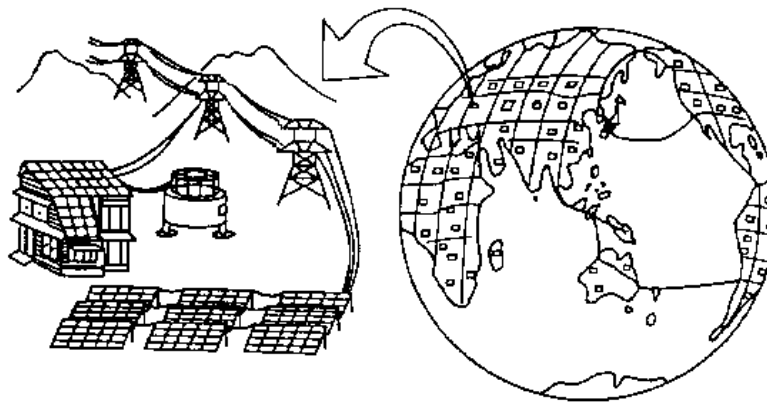


Gambar 7. Proyeksi dari kerangka waktu dalam pengembangan teknologi energi [7]

3.3 Prospek berbagai sumber energi baru

Selain bahan bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam dan batubara yang untuk jangka panjang sangat besar pangsanya sebagai penyediaan energi, masih banyak sumber energi selain bahan bakar fosil yang mempunyai prospek yang baik. Pada gambar 7 ditunjukkan proyeksi pengembangan teknologi energi baru dan juga proyeksi proses baru dalam memanfaatkan bahan bakar fosil. Terlihat bahwa teknologi pemanfaatan biomassa, teknologi sel surya dan juga teknologi bahan baru yang lainnya terus dikembangkan sehingga kemungkinan pemanfaatannya juga semakin besar.

Di Indonesia masih banyak daerah yang tidak terjangkau jaringan listrik. Sehingga energi terbarukan seperti tenaga surya, minihidro, geothermal dan teknologi baru untuk konversi biomasa akan memegang peranan penting di daerah tersebut.



Gambar 8. GENESIS [6]

Beberapa studi memproyeksikan bahwa biaya pembangkit listrik tenaga surya untuk masa depan akan semakin murah. Hal ini memberikan harapan untuk membuat perencanaan penggunaan energi tenaga surya dalam skala global. Pada gambar 8 diperlihatkan salah satu kemungkinannya. Meskipun secara ekonomis belum terbukti layak untuk saat ini tetapi memberi wawasan dalam penggunaan energi surya untuk masa depan. Perencanaan tersebut diberi nama GENESIS (*Global Energy Network Equipped with Solar Cells and International Superconductor Grids*).

3.4 Peningkatan efisiensi dan konservasi energi

Untuk lebih mendayagunakan pemakaian energi, peningkatan efisiensi sisi penyediaan energi memegang peranan yang penting, seperti peningkatan efisiensi pembangkit tenaga listrik dan distribusinya. Disamping meningkatkan efisiensi sisi penyediaan energi, perlu ditingkatkan juga efisiensi sisi pemakai. Dalam hal ini peralatan pemakai energi juga sangat berpengaruh terhadap kuantitas pemakaian energi.

Dalam sektor industri ada dua cara untuk lebih mendayagunakan pemakaian energi. Pertama adalah menggunakan peralatan baru yang mempunyai kehilangan energi yang lebih kecil dan yang kedua adalah mengubah pola penggunaan peralatan ataupun proses yang bisa mengurangi penggunaan energi. Penggunaan bahan baku yang berasal dari recycling merupakan contoh proses yang dapat mengurangi pemakaian energi dalam sektor industri.

Di beberapa negara maju telah diterapkan kereta api sebagai alat transportasi massal dan berdayaguna yang tinggi karena tepat waktu dan penggunaan energi yang efisien. Di Indonesia

saat ini sektor transportasi masih didominasi dengan penggunaan mobil sebagai alat transportasi massal. Mengingat makin meningkatnya kebutuhan akan transportasi dan juga adanya keterbatasan bahan bakar minyak maka sektor transportasi massal dengan kereta rel listrik mempunyai prospek yang baik.

3.5 Kerjasama internasional

Untuk membangun prasarana penyediaan energi diperlukan kerjasama dengan negara maju karena teknologi tersebut berada di negara maju. Dalam kaitan ini transfer teknologi serta penyesuaian teknologi yang ada dengan kondisi setempat, misalnya untuk teknologi mini hidro dan tenaga surya, merupakan hal yang sangat penting. Bersamaan dengan itu diperlukan juga kelengkapan dalam pendidikan dan latihan untuk mendukung kemandirian serta pengembangan lebih lanjut sistem energi dan teknologi yang sudah disesuaikan dengan kondisi setempat.

Masalah dampak lingkungan global, seperti emisi CO₂ juga harus ditanggulangi secara global juga. Sehingga diperlukan kerjasama internasional untuk menanggulangi dampak lingkungan global.

4. Penutup

Batubara merupakan energi utama bagi Indonesia untuk masa depan. Karena sifat batubara yang berdampak besar terhadap lingkungan dalam penggunaannya maka diperlukan berbagai cara untuk menguranginya.

Dalam sektor transportasi diharapkan pangsa transportasi dengan kereta api akan semakin besar karena mempunyai efisiensi yang lebih baik bila dibandingkan dengan transportasi dengan mobil. Disamping itu keterbatasan bahan bakar minyak juga menuntut sektor transportasi untuk bisa lebih banyak menggunakan tenaga listrik dan hal ini hanya mungkin dengan transportasi kereta rel listrik.

Kerjasama internasional diperlukan untuk membangun prasarana penyediaan energi dan untuk menanggulangi dampak lingkungan global.

Daftar Pustaka

- [1] BPPT-KFA, *Environmental Impact of Energy Strategies for Indonesia : Final Summary Report*, May 1993.
- [2] Djojonegoro, Dr.-Ing. Wardiman dkk, *Strategi penyediaan energi yang berwawasan lingkungan*, KNI-WEC, Seminar energi nasional ke-4, Jakarta, 1992.
- [3] Edmonds, Jae and John Reilly, *Global energy production and use to the year 2050*, Energy Vol. 8, No. 6, 1983.
- [4] Japan Atomic Energy Society, *Investigation on standard condition of nuclear energy development and utilization*, in Japanese, March, 1994.
- [5] International Energy Agency, *The IEA energy balances and statistics databases*, on diskette, 1993.
- [6] Wakamura, Kazutaka and Nobuyoshi Baba, *Energy technology and resource*, in Japanese, Sangyo Tosyo Co, Tokyo, 1993.
- [7] World-Energy-Committee Commission, *Energy for tomorrow's world*, ST. Martin's Press Inc., New York, 1993.