

**PENGURANGAN EMISI GAS RUMAHKACA SEKTOR ENERGI DI INDONESIA :
ULASAN HASIL-HASIL STUDI ASIAN LEAST-COST GREENHOUSE GAS
ABATEMENT STRATEGY PROJECT**

Oetomo Tri Winarno dan Tatang Hernas Soerawidjaja

Pusat Penelitian Energi-ITB

ABSTRACT

The accumulation of anthropogenic gases into the atmosphere is believed to enhance greenhouse gas effect, which leads to global warming. It has been revealed by various studies that energy sector contributes significantly to greenhouse gas emissions. This article summarizes greenhouse gas inventory from energy sector in Indonesia as reported in ALGAS (1998). The discussion of identification of greenhouse gas mitigation options and development of least-cost abatement strategies is also included.

Keywords: greenhouse gas, energy sector.

ABSTRAK

Pemanasan global disebabkan efek rumahkaca yang ditimbulkan oleh terakumulasinya gas-gas penyebab rumahkaca. Sektor energi merupakan penyumbang terbesar emisi gas rumahkaca di atmosfer bumi. Emisi dari sektor ini telah meningkatkan dengan cepat dan akan terus meningkat sejalan dengan pesatnya pertumbuhan kegiatan manusia. Tulisan ini mengulas hasil-hasil studi ALGAS sektor energi Indonesia, yang merupakan salah satu studi yang cukup lengkap dalam mengkaji upaya-upaya pengurangan emisi gas rumahkaca. Lingkup kajian ALGAS meliputi inventori source dan sink emisi gas rumahkaca, alternatif upaya-upaya penanggulangan dan strategi implementasinya.

Kata Kunci: Gas rumahkaca, sektor energi.

PENDAHULUAN

Isu pemanasan global (*global warming*) dewasa ini banyak mendapat perhatian masyarakat dunia. Isu tersebut timbul karena kekhawatiran akan dampaknya yang sangat besar apabila hal tersebut benar terjadi. Akibat dari pemanasan global ini dikhawatirkan akan menyebabkan terjadinya perubahan iklim, kenaikan permukaan air laut, penggurunan daratan, dan sebagainya. Perubahan iklim yang terjadi dan dirasakan sampai saat ini telah menimbulkan kerugian-kerugian material yang tak terhitung jumlahnya. Kenaikan permukaan laut berarti akan menenggelamkan kata-kata pantai dan berakibat terjadinya kepunahan negara-negara kepulauan kecil.

Sampai saat ini, diyakini bahwa pemanasan global disebabkan efek rumahkaca yang ditimbulkan oleh terakumulasinya gas-gas penyebab rumahkaca pada troposfir bumi. Gas-gas penyebab efek rumah kaca ini mempunyai kemampuan menyerap sinar infra merah yang dapat menyebabkan suhu permukaan bumi meningkat. Gas-gas utama penyebab efek rumahkaca ini yaitu : CO₂, CO, CH₄, NO₂, Nox, SO₂, O₃ dan CFC. Semakin banyak gas-gas tersebut, efek gas rumahkaca yang ditimbulkan akan semakin kuat. Pada kondisi yang setimbang, jumlah gas-gas tersebut dikontrol oleh mekanisme alam. Gas-gas yang dikeluarkan dari kegiatan makhluk hidup

diserap oleh alam melalui tumbuhan dan lautan. Namun dengan semakin meningkatnya kegiatan manusia, emisi gas rumahkaca jumlahnya semakin besar yang tidak mampu lagi diserap oleh alam. Disamping itu, muncul juga gas-gas yang secara alamiah tidak dikeluarkan oleh alam, seperti CFC, sehingga gas ini sulit untuk didaur ulang oleh alam.

Kepedulian dunia terhadap masalah-masalah lingkungan dimulai dengan didirikannya sebuah badan PBB untuk menangani masalah lingkungan dengan nama UNEP (United Nations Environmental Programme) pada Konferensi Stockholm tanggal 5 Juni 1972. Khusus untuk menangani masalah pemanasan global dan perubahan iklim, pada tahun 1988 dibentuk IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Selanjutnya, IPCC membentuk FCCC (*Framework Convention on Climate Change*) dan menyelenggarakan KTT Bumi - UNCED (*United Nations Convention on Environment and Development*) di Rio Janeiro pada bulan Juni 1992 yang dihadiri oleh tidak kurang dari 154 negara.

Sebagai langkah lanjut dari FCCC, pada tanggal 1 Mei 1994 konvensi pembatasan gas rumahkaca tersebut telah diratifikasi oleh 19 negara OECD (Organization for Economic Cooperation and Development). Isi konvensi tersebut yaitu masing-masing negara penandatanganan konvensi mempunyai komitmen untuk menurunkan emisi gas CO₂ dari kegiatan produksi dan konsumsi energi serta kegiatan antropogenik lainnya pada tahun 2000 sama dengan tingkat emisi tahun 1990.

Indonesia meratifikasi UN-FCCC pada tanggal 1 Agustus 1994 melalui Undang-undang tentang Pengesahan Konvensi Kerangka Kerja PBB tentang Perubahan Iklim Nomor 6/1994. Sehingga dengan demikian Indonesia telah mengikatkan diri pada konvensi tersebut, yang mempunyai hak dan kewajiban sesuai konvensi tersebut. Salah satu kewajibannya adalah melaporkan segala kegiatan dalam usaha pengurangan emisi gas rumahkaca kepada badan tersebut.

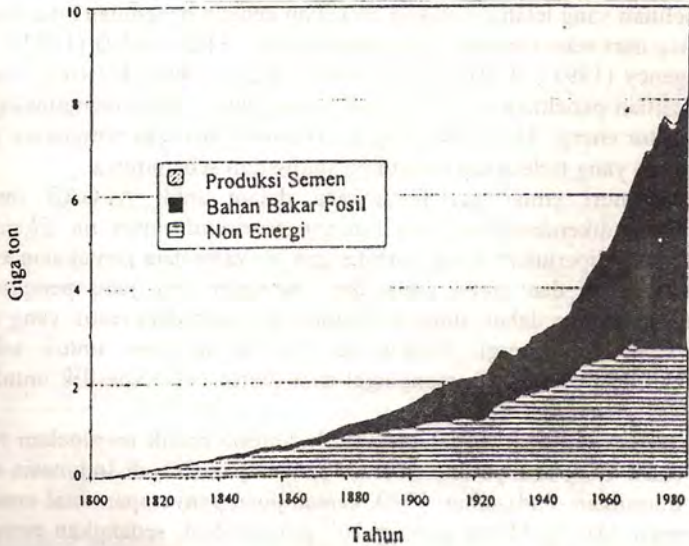
Untuk mewujudkan komitmen Indonesia terhadap masalah lingkungan dunia, khususnya dalam mencegah dan mengurangi kemungkinan terjadinya pemanasan global, perlu dilakukan tindakan-tindakan nyata dalam hal ini. Sebagai langkah awal dalam mendukung program lingkungan internasional, Indonesia melalui Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup telah menyusun berbagai tindakan yang dapat dilakukan untuk mengantisipasi pemanasan global yang termuat dalam "Agenda 21 Indonesia".

ENERGI DALAM PERMASALAHAN LINGKUNGAN GLOBAL

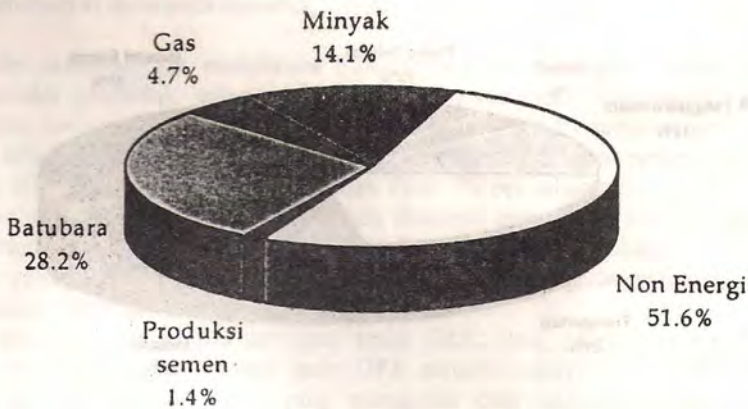
Emisi gas rumahkaca di bumi terutama dihasilkan oleh kegiatan pembakaran energi fosil dan kegiatan deforestasi (*deforestation*). Pada tahun 1987, kegiatan pembakaran energi fosil menyumbang 77% dari total emisi karbon dunia yang berjumlah 7,17 juta ton, dan sisanya 23% dari kegiatan deforestasi. Dari total emisi karbon ini, negara-negara industri menyumbang 74% dari total emisi dan 26% lainnya dari negara-negara berkembang (Prinn, 1990). Dibanding dengan kondisi pada masa Revolusi Industri tahun 1750-an, konsentrasi CO₂ di atmosfer telah naik sekitar 26% dengan kenaikan per tahunnya sebesar 0,34% (Clark, 1990).

Perkembangan produksi dan pemakaian energi sejak dimulainya Revolusi Industri menunjukkan pertumbuhan yang relatif sangat tinggi, sejalan dengan ini emisi CO₂ dari sektor ini juga meningkat dengan pesat. Produksi CO₂ dari sektor energi ini telah tumbuh secara eksponensial, sedangkan sektor kehutanan tumbuh secara linier. Gambar-gambar berikut memperlihatkan perkembangan emisi CO₂ antara tahun 1800-1987.

Emisi CO₂ dari sektor energi telah meningkat dengan cepat selama dua abad terakhir ini. Melihat kecenderungannya, peranan sektor ini terhadap emisi CO₂ total di masa mendatang tetap akan meningkat sejalan dengan pertumbuhan populasi penduduk dunia dan pertumbuhan tingkat ekonominya.



Gambar 1. Perkembangan produksi CO₂ dunia dari sektor energi, non energi, dan produksi semen tahun 1800-1987 (Grubler, 1990).



Gambar 2. Akumulasi produksi CO₂ dunia dari sektor energi, non energi, dan produksi semen tahun 1800-1987 (Grubler, 1990).

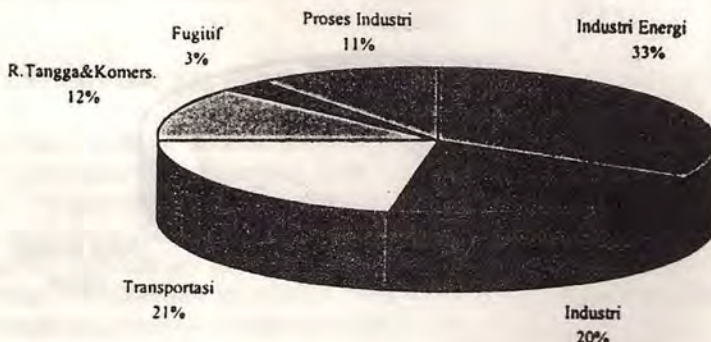
INVENTORI EMISI GAS RUMAH KACA SEKTOR ENERGI DI INDONESIA

Untuk melakukan pengontrolan terhadap pertumbuhan emisi, khususnya dari sektor energi, hal pertama yang harus diketahui adalah besarnya emisi saat ini dan dari mana saja sumbernya (*source*). Dalam hal ini, sektor energi merupakan *source* emisi gas rumahkaca, sedangkan sektor kehutanan merupakan penyerap (*sink*) gas CO₂.

Beberapa penelitian yang telah dilakukan berkaitan dengan penentuan besarnya emisi gas CO₂ dan gas rumahkaca dari sektor energi, diantaranya yaitu : ITB, - ADB (1992), KMNLH – Japan Environment Agency (1993), BPPT – KFA (1993), ADB (1994) dan BPPT-GTZ (1995). Namun demikian, penelitian-penelitian tersebut tidak cukup rinci dalam mengungkap inventori emisi gas rumahkaca sektor energi. Hasil perhitungan inventori emisi gas rumahkaca dalam studi ALGAS (1997) merupakan yang terlengkap dibanding studi-studi sebelumnya.

Perhitungan inventori emisi gas rumahkaca dalam studi ALGAS menggunakan metodologi inventori yang dikembangkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Data masukan yang diperlukan untuk perhitungan ini yaitu data pemakaian energi untuk masing-masing pemakai energi dan faktor emisi dari masing-masing jenis penggunaan. Data pemakaian energi yang digunakan dalam studi ini diambil dari data-data resmi yang dikeluarkan Departemen Pertambangan dan Energi. Sedangkan data faktor emisi untuk sektor energi seluruhnya menggunakan data dari IPCC, mengingat data faktor emisi spesifik untuk Indonesia belum tersedia.

Berdasarkan studi ALGAS, pada tahun 1990 Indonesia masih merupakan negara yang negatif dalam neraca emisi CO₂, artinya kemampuan penyerapan CO₂ di Indonesia masih lebih besar dari emisi yang dihasilkan. Pada tahun 1990, kemampuan penyerapan total emisi CO₂ oleh hutan di Indonesia sebesar 686 Tg (Terra gram = 10¹² gram)/tahun, sedangkan emisi total CO₂ pada tahun ini sebesar 497 Tg/tahun. Dari emisi yang dihasilkan ini, sebesar 339 Tg/tahun (68%) dikeluarkan oleh sektor kehutanan, 141 Tg/tahun (28%) dihasilkan dari pembakaran energi fosil, dan 17 Tg/tahun (3%) dikeluarkan dari proses industri.



Gambar 3. Prosentase emisi gas rumahkaca di sektor energi Indonesia tahun 1990 (ALGAS, 1997).

Emisi dari sektor energi pada tahun 1990 yang berjumlah 158 Tg, 33%-nya dikeluarkan oleh industri energi, yang terdiri atas pembakaran energi di pembangkit listrik, penambangan minyak bumi, gas bumi, dan batubara; 21% dikeluarkan dari pembakaran energi di transportasi, 20% dari pembakaran energi di industri, 12% dari rumah tangga-komersial, 11% dari hasil samping proses di industri, dan 3% dari gas hidrokarbon yang lepas (*fugitive*) di penambangan minyak-gas bumi dan batubara.

Tabel 1. Emisi gas rumahkaca tahun 1990 secara *Bottom Up*

| Jenis sumber gas rumahkaca | CO ₂ | CH ₄ | N ₂ O | NOx | CO | NM VOC |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------|---------|--------|----------|
| A. Emisi pembakaran | 140.396.39 | 2.42 | 2.52 | 312.83 | 28.81 | 0.062 |
| 1. Industri transformasi energi | 53.501.32 | 0.19 | 0.080 | 250.42 | 13.81 | n.a |
| A.1.a. Pembangkitan listrik | 22.184.64 | 0.14 | 0.079 | 113.028 | 4.059 | - |
| A.1.b. Kilang minyak | 9.831.17 | 0.0024 | 0.000012 | 4.73 | 0.34 | 0.00097 |
| A.1.c. Lain-lain | 21.485.51 | 0.050 | 0.00056 | 132.67 | 9.41 | 0.000039 |
| 2. Industri | 32.073.94 | 0.87 | 2.44 | 47.85 | 11.024 | n.a |
| 3. Transportasi | 34.917.64 | 0.0045 | 0.0020 | 0.26 | 0.35 | 0.062 |
| 4. Rumah tangga dan komersial | 19.903.50 | 1.36 | n.a. | 14.30 | 3.62 | n.a. |
| B. Energi fugitif dari bahan bakar | - | 210.77 | - | - | - | - |
| 1. Batubara | - | 32.61 | - | - | - | - |
| 2. Minyak dan gas bumi | - | 178.16 | - | - | - | - |
| Total | 140.396.39 | 213.19 | 2.52 | 312.83 | 28.81 | 0.062 |

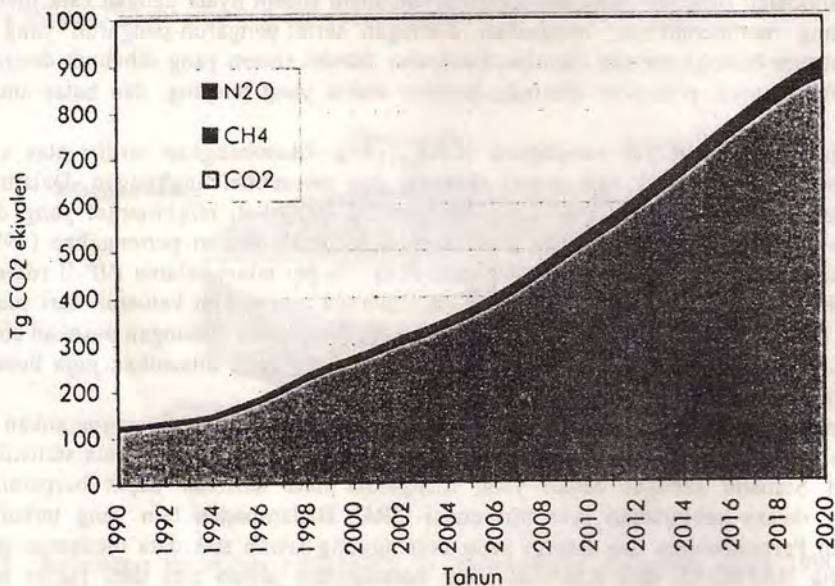
Proyeksi inventori gas rumahkaca sektor energi dalam studi ALGAS dilakukan dengan simulasi menggunakan metodology *System Dynamics*. *System Dinamics* merupakan salah satu metode pemodelan simulasi, yang menggambarkan suatu sistem nyata dengan cara menguraikan struktur yang membentuknya, menurunkan dorongan serta pengaruh-pengaruh yang diyakini membuat sistem bekerja melalui simulasi komputer. Model sistem yang dibentuk dengan *system dynamics* mempunyai pola-pola dinamik, horison waktu yang panjang, dan batas antardisiplin yang luas.

Model inventori gas rumahkaca (GRK) yang dikembangkan terdiri atas sub-model energi, sub-model penduduk, sub-model ekonomi dan sub-model lingkungan. Dalam skenario dasar (*baseline scenario*), data masukan untuk model mengikuti target-target yang ditetapkan pemerintah (sebelum terjadinya krisis, karena studi ini telah selesai pertengahan (1997)). Data utama dalam skenario dasar yaitu pertumbuhan PDB 7% per tahun selama PJP II (dalam model ini, yang diset adalah ekspor, karena PDB pada dasarnya merupakan keluaran dari suatu sistem ekonomi). Dengan target pertumbuhan PDB seperti ini, diperlukan dukungan pasokan energi yang sangat besar, sebagai konsekuensinya emisi gas rumahkaca yang dihasilkan juga besar, seperti yang ditunjukkan dalam gambar berikut.

Sehubungan dengan data inventori emisi GRK, studi ALGAS menyarankan perlunya ditegakkannya suatu sistem data inventori emisi GRK tahunan, seperti halnya data statistik lainnya. Biro Pusat Statistik sebagai badan yang mengelola data nasional dapat berperan sebagai koordinator dalam pengolahan inventori emisi GRK. Badan-badan lain yang terkait, yaitu : Departemen Pertambangan dan Energi yang bertanggung jawab atas data mengenai pemakaian energi, serta BAPEDAL dan KMNLH yang bertanggung jawab atas data faktor emisi dari berbagai kegiatan pemakaian energi.

Tabel 2. Emisi CO2 tahun 1990 secara *Top Down*

| Jenis Energi | Konsumsi Energi (juta BM) | Emisi Karbon Dioksida (Gg CO ₂) |
|------------------------|------------------------------|--|
| Bahan bakar cair | 226,201.55 | 123,203.71 |
| ▪ Minyak Bumi | 289,848.20 | 123,520.19 |
| - Minyak bumi | 264,777.34 | 112,836.12 |
| - Kondensat | 25,070.86 | 10,684.07 |
| ▪ Produk Kilang | (63,646.65) | (316.48) |
| - AVGAS | (115.67) | (48.06) |
| - AVTUR | 4,646.41 | 1,978.60 |
| - ADO | 13,205.92 | 5,487.07 |
| - IDO | (359.66) | (149.44) |
| - FO | 1,604.49 | 721.37 |
| - LPG | (22,170.78) | (1,625.09) |
| - Pelumas | (30.47) | - |
| - Naptha | (14,471.56) | (1,541.78) |
| - LSWR | (45,722.67) | (5,139.15) |
| - Lain-lain | (232.66) | - |
| Bahan Bakar Padat | 32,106.56 | 17,477.39 |
| - Batubara Antrasit | 257.35 | 145.47 |
| - Steam Coal | 31,849.21 | 17,331.92 |
| Bahan Bakar Gas | 133,754.44 | 8,682.63 |
| - Gas alam | 325,015.60 | 71,350.28 |
| - LNG | (191,261.16) | (62,667.65) |
| Total (tanpa biomassa) | 392,062.55 | 149,363.73 |
| Biomass | 176,222.11 | 98,662.70 |



Gambar 4. Proyeksi emisi GRK menurut jenis gas-skenario dasar (ALGAS, 1997).

PRIORITAS UPAYA PENGURANGAN EMISI GAS RUMAHKACA

Secara umum upaya-upaya pengurangan emisi GRK dikelompokkan menjadi 4 (empat) jenis kegiatan, yaitu :

- (i) melakukan konservasi energi (pada peralatan yang sama),
- (ii) menggunakan peralatan yang lebih efisien dalam pemakaian energi,
- (iii) menggunakan peralatan yang lebih sedikit mengeluarkan emisi (teknologi bersih),
- (iv) memperbanyak pemakaian energi terbarukan untuk menggantikan energi fosil.

Konservasi energi merupakan upaya termurah dalam pengurangan emisi GRK. Peluang-peluang konservasi energi masih sangat terbuka, terutama di sektor rumah tangga, mengingat budaya hemat energi belum memasyarakat. Pemakaian energi listrik di rumah tangga pada umumnya tidak terlalu diperhatikan. Dengan pengaturan dan penghematan pemakaian energi listrik berarti akan mengurangi jumlah energi fosil yang harus dibakar untuk membangkitkan listrik dan mengurangi emisi GRK akibat pembakaran energi fosil, di samping itu akan mengurangi tingkat pengeluaran rumah tangga untuk energi listrik. Dengan demikian, konservasi energi merupakan pilihan utama dalam upaya pengurangan emisi GRK. Oleh karena itu, budaya hemat energi dan sadar lingkungan harus dimasyarakatkan.

Untuk melaksanakan pengurangan emisi GRK pada butir (ii) – (iv) diperlukan peralatan baru (bukan peralatan konvensional yang sudah ada). Oleh karena itu, diperlukan pertimbangan ekonomi untuk menerapkan peralatan tersebut. Pada Tabel 3 ditunjukkan beberapa jenis teknologi yang berpotensi mengurangi emisi GRK. Kolom Potensi Reduksi menunjukkan besarnya pengurangan emisi GRK dibanding apabila menggunakan Teknologi Referensi (yaitu teknologi konvensional yang telah digunakan).

Marginal cost adalah selisih biaya investasi dan operasional teknologi baru terhadap teknologi konvensional. Perhitungan *marginal cost* dalam Tabel tersebut menggunakan discount rate 12% per tahun. Semakin kecil *marginal cost* berarti teknologi tersebut secara ekonomi semakin menguntungkan. Nilai *marginal cost* negatif berarti teknologi baru lebih murah dibanding teknologi konvensional.

Dari berbagai teknologi yang berpotensi mengurangi emisi GRK, seperti yang ditunjukkan pada Tabel Lampiran, selanjutnya dipilih beberapa teknologi yang layak untuk diterapkan di Indonesia. Hal-hal yang dipertimbangkan dalam pemilihan ini yaitu : keekonomiannya (yang ditunjukkan oleh *marginal cost* terhadap teknologi konvensional), besarnya investasi, faktor risiko operasi dan ketersediaan sumberdaya energi. Prioritisasi teknologi pengurangan emisi GRK ditunjukkan pada Tabel 3.

Penggunaan pemanas air tenaga surya mempunyai *marginal cost* yang cukup menarik dibanding penggunaan pemanas air LPG. Pengembangan pemakaian pemanas air tenaga surya perlu dimasyarakatkan dengan promosi intensif. Investasi pemanas air tenaga surya perlu dimasyarakatkan dengan promosi intensif. Investasi pemanas air tenaga surya yang lebih besar dibanding dengan pemanas air konvensional barangkali merupakan penghambat perkembangan pemakaian teknologi ini. Oleh karena itu, pemerintah perlu melakukan intervensi kebijakan (misalnya penurunan pajak).

Pemanfaatan energi fosil alternatif bagi minyak bumi masih perlu didorong, terutama sebagai bahan bakar transportasi dan pembangkit listrik. Meningat besarnya peranan minyak bumi selama ini menimbulkan kekhawatiran akan ketergantungan terhadap minyak bumi, sementara cadangan minyak bumi Indonesia semakin menipis. Sebaliknya sumberdaya batubara yang besar perlu dimanfaatkan secara optimal, dengan tetap mempertimbangkan faktor lingkungan, IGCC

merupakan alternatif yang cukup potensial untuk mengembangkan pemanfaatan batubara di sektor pembangkitan listrik. Di samping itu, gas bumi yang lebih bersih dibanding minyak bumi, pemanfaatannya juga masih perlu dikembangkan, baik untuk bahan bakar transportasi maupun untuk pembangkit listrik.

Pengembangan pemanfaatan energi terbarukan, khususnya biomassa, mempunyai peluang yang besar untuk dilaksanakan. Mengingat potensi biomassa yang besar dan lebih merata penyebarannya di seluruh wilayah Indonesia. Di samping itu, pengembangan biomassa akan banyak berdampak meningkatkan sosial ekonomi masyarakat di pedesaan di mana terdapat banyak sumber biomassa.

Tabel 3. Prioritisasi teknologi pengurangan emisi GRK

| Jenis Teknologi | Jangka Waktu | Marginal Cost (US\$/ton CO ₂) | Potensi Reduksi (ton CO ₂ eq/GJ) | Prioritas Ekonomis |
|---|--------------|---|---|--------------------|
| Pemanas Air Tenaga Surya | Pendek | -18 | 0.34 | Tinggi |
| Combustion-Air Preheat | Pendek | -10 | 0.04 | Tinggi |
| Micro/small Hydropower Plant | Pendek | 013 | 0.51 | Tinggi |
| Biomass Cogeneration Power Plant | Pendek | 08 | 0.51 | Tinggi |
| Gas-Fired Combined-Cycle Plant | Pendek | -0.4 | 0.2 | Tinggi |
| Mobil Berbahan Bakar Etanol | Pendek | 27 | 0.46 | Rendah |
| Mobil Berbahan Bakar BBG | Pendek | 248 | 0.35 | Rendah |
| Geothermal Power Plant | Menengah | 25 | 0.45 | Rendah |
| IGCC Power Plant ^{a)} | Menengah | 80 | 0.27 | Rendah |
| Mobil Listrik | Menengah | 156 | 0.65 | Rendah |
| Nuclear Power Plant (LMFR) ^{b)} | Panjang | 23 | 0.51 | Rendah |
| Pemanfaatan Gas Buang untuk Pemiakan Microalgae | Panjang | 50 | 0.21 | Rendah |
| Solar Photo Voltaic Power Plant | Panjang | 161 (-13) ^{c)} | 0.51 | Rendah |
| Mobil Tenaga Surya | Panjang | 216 | 0.26 | Rendah |

Catatan : a) Liquid Metal Fast reactor.

b) Integrated (Coal) Gasification Combined-Cycle

c) Angka dalam tanda kurung adalah biaya setelah 2005.

Sumber : ALGAS, 1997.

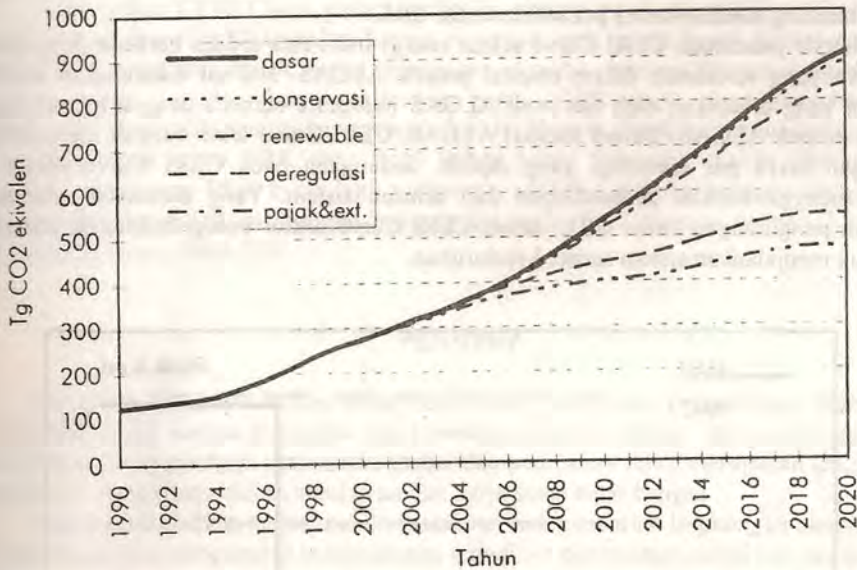
STRATEGI PENGURANGAN EMISI GAS RUMAHKACA

Teknologi-teknologi pengurangan emisi GRK yang disampaikan pada pembahasan sebelumnya merupakan salah satu komponen dalam upaya pengurangan emisi GRK. Untuk menerapkan teknologi-teknologi tersebut perlu adanya kebijakan dan iklim yang mendukung agar teknologi tersebut dapat bekerja dengan baik.

Beberapa strategi pengurangan emisi GRK yang diidentifikasi dalam studi ALGAS adalah strategi konservasi energi, strategi pengembangan *renewable*, strategi deregulasi harga energi, dan strategi pengenaan pajak dan eksternalitas. Sistem energi-ekonomi-lingkungan yang dimodelkan dengan metodologi *System Dynamics* pada studi ALGAS ini, selanjutnya mensimulasikan perilaku sistem apabila diberlakukan intervensi-intervensi dalam strategi-strategi tersebut. Pada Gambar 5 ditunjukkan perilaku emisi GRK dengan diberlakukannya berbagai intervensi.

Strategi konservasi energi dimodelkan sebagai makin kuatnya dorongan untuk melakukan konservasi energi dari masyarakat. Dorongan untuk konservasi ini pada dunia nyata dapat berupa gencarnya kampanye hemat energi dan makin membudayanya perilaku hemat energi. Berdasarkan model ini, ternyata strategi konservasi tidak banyak mengurangi emisi GRK.

Strategi yang diujikan selanjutnya adalah strategi *renewable*, yang di dalamnya terkandung intervensi dan pengembangan energi terbarukan. Bentuk dorongan terhadap pengembangan energi terbarukan dimodelkan dengan diberlakukannya pengurangan pajak investasi teknologi pemakai energi terbarukan. Teknologi-teknologi pengurangan emisi GRK yang disampaikan dalam pembahasan sebelumnya dicakup dalam strategi ini, meskipun tidak secara eksplisit dimodelkan satu per satu.



Gambar 5. Perbandingan emisi GRK pada berbagai skenario (ALGAS, 1997).

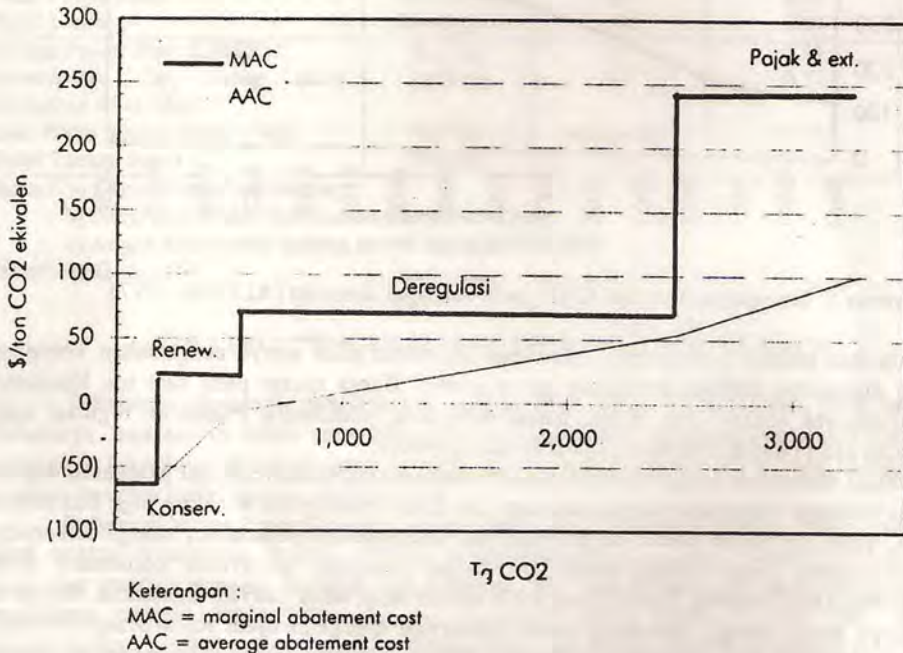
Pada dua strategi selanjutnya, intervensi diarahkan pada upaya perubahan komposisi energi yang digunakan melalui kebijakan harga energi. Harga energi pada saat ini, khususnya bahan bakar minyak (BBM) dan listrik, masih diregulasi (disubsidi). Pelepasan regulasi harga energi diyakini akan banyak merubah pola pemakaian energi.

Strategi deregulasi harga energi di dalam model diekspresikan sebagai pelepasan regulasi harga energi sehingga mengikuti harga pasarnya. Di dalam strategi ini tercakup juga dua strategi sebelumnya, yaitu dorongan untuk konservasi dan penggalakan pemakaian energi terbarukan. Dengan berubahnya harga energi mengikuti harga pasarnya, preferensi konsumen dalam pemilihan energi akan berubah. Energi yang lebih murah akan lebih banyak digunakan. Selain itu, karena naiknya harga energi, dorongan untuk konservasi energi menjadi lebih besar. Demikian juga teknologi pemakai energi terbarukan menjadi lebih ekonomis. Berdasarkan model ini, strategi deregulasi memberikan pengurangan emisi GRK yang paling besar dibanding strategi lainnya.

Strategi pajak dan eksternalitas di dalamnya tercakup berbagai intervensi dalam strategi-strategi sebelumnya ditambah dengan pengenaan pajak terhadap jenis-jenis energi fosil dan penghitungan biaya eksternalitas dalam pembangkitan listrik ke dalam total biaya pembangkitan. Berdasarkan model ini, pengenaan pajak dan eksternalitas tidak terlalu banyak mengurangi lagi emisi GRK.

Di dalam studi ALGAS dikembangkan suatu metoda untuk melakukan prioritas pelaksanaan berbagai strategi di atas. Prioritisasi ini didasarkan pada besarnya biaya pengurangan emisi GRK (terhadap kondisi dasar) dan pengurangan emisi GRK yang dihasilkan. Metoda ini disebut sebagai Cost of Emission Reduction Initiative Courve (CERI Curve). CERI Curve yang ditunjukkan pada Gambar 6 menggambarkan besarnya pengurangan emisi GRK dari masing-masing strategi apabila dijalankan dalam kurun waktu 1990-2020 yang ditunjukkan pada sumbu absis, sedangkan pada sumbu ordinatnya menunjukkan besarnya biaya untuk melaksanakan strategi (dibanding kondisi dasar) per satuan emisi GRK.

Metode penentuan CERI Curve sektor energi Indonesia sedikit berbeda dengan metode CERI Curve yang tercantum dalam manual proyek ALGAS. Hal ini dikarenakan metodologi permodelan yang dilakukan oleh tim studi ALGAS Indonesia berbeda dengan metodologi yang diacu oleh proyek ALGAS. Dalam manual ALGAS, CERI Curve lebih banyak menggambarkan perbandingan biaya per teknologi yang dipilih. Sedangkan pada CERI Curve sektor energi Indonesia menggambarkan perbandingan dari seluruh sistem. Yang dimaksud sebagai biaya pelaksanaan pengurangan emisi GRK dalam CERI Curve sektor energi Indonesia adalah biaya energi untuk menjalankan sistem secara keseluruhan.



Gambar 6. CERI Curve sektor energi untuk 1990-2020 (ALGAS, 1977).

Tabel 4. Biaya pelaksanaan strategi pengurangan emisi GRK 1990-2020

| Skenario | Pengurangan Emisi Kumulatif (Tg CO ₂ ekiv.) | Marginal Abatement Cost (\$/ton CO ₂ ek.) | Average Abatement Cost (\$/ton CO ₂ ek.) | Total Abatement Cost (million \$) |
|-----------------------|--|--|---|-----------------------------------|
| Konservasi | 189.60 | (60.95) | (60.95) | (11,556.25) |
| Renewable | 513.75 | 23.63 | (7.59) | (3,898.10) |
| Deregulasi | 2,491.04 | 70.02 | 54.02 | 134,556.08 |
| Pajak & eksternalitas | 3,296.20 | 245.18 | 100.17 | 331,966.89 |

Berdasarkan CERI Curve pada Gambar 6, strategi pajak dan eksternalitas mempunyai peluang yang kecil untuk dilaksanakan karena biayanya yang terlalu besar. Sesuai dengan urutan dalam kurva tersebut, konservasi energi merupakan prioritas pertama. Karena dengan melakukan konservasi energi, selain akan mengurangi emisi GRK juga akan menghemat biaya. Pengembangan renewable merupakan prioritas kedua. Namun demikian, kedua strategi ini hanya mampu mengurangi emisi GRK yang tidak terlalu besar. Sehingga apabila ditargetkan untuk mengurangi emisi yang lebih besar lagi, pilihannya adalah melakukan strategi deregulasi harga energi. Strategi deregulasi ini mampu mengurangi emisi GRK sampai dengan 2.500 Tg CO₂ ekivalen dalam kurun 1990-2020.

PENUTUP

Meskipun Indonesia belum diwajibkan untuk melakukan pengurangan emisi CO₂-nya, namun bukan berarti bangsa Indonesia dapat melepas tangan terhadap bahaya pemanasan global. Karena pencegahan terjadinya pemanasan global dan perubahan iklim merupakan tanggung jawab semua bangsa, yang memerlukan solidaritas dan kerja sama antar bangsa.

Untuk mewujudkan komitmen Indonesia terhadap masalah lingkungan dunia, khususnya dalam mencegah dan mengurangi kemungkinan terjadinya pemanasan global dan perubahan iklim, perlu dilakukan tindakan-tindakan nyata dalam hal ini. Salah satu hal yang sangat perlu dilakukan adalah memperbaiki pola pemakaian dan pemanfaatan energi agar sesedikit mungkin mengeluarkan dampak yang negatif terhadap lingkungan.

Strategi pengelolaan energi nasional, baik yang tertuang dalam Garis-garis Besar Haluan Negara maupun dalam Kebijakan Umum Bidang Energi, pada dasarnya telah menggariskan arah-arah yang mendukung pola pembangunan berkelanjutan. Strategi yang dimaksud adalah konservasi energi dan diversifikasi energi. Namun demikian, kebijakan harga energi yang diberlakukan hingga saat ini tidak kondusif untuk pelaksanaan kedua strategi di atas.

Untuk membentuk pola pemakaian energi yang lebih rasional dan berwawasan lingkungan, perlu dibuat suatu kebijakan harga energi yang dapat mengurangi penggunaan energi fosil, terutama BBM yang pangasanya demikian besar dalam pemasokan energi domestik. Dengan adanya keberpihakan terhadap pengembangan energi terbarukan, diharapkan ketergantungan terhadap energi fosil dapat diatasi.

DAFTAR PUSTAKA

- ALGAS. Project, "Final Report", Final Report, Asian Development Bank, 1998.
- Grubler, Arnulf, and Fujii, Yasumasa, "Inter-generational and Spatial Equity Issues of Carbon Accounts", Energy and the environment in the 21st century: proceeding of the conference held at Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1990, halaman 1404, 1405.
- Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup, "Agenda 21 Indonesia": Strategi untuk Pembangunan Berkelanjutan, 1997.
- Loftness, Robert L., "Energy Technology Handbook", second edition, van Nostrand Reinhold Company, 1984, halaman 4-15, 15-4.
- Prinn, G. Ronald, "Global Atmospheric Chemistry and Global Pollution", Energy and the environment in the 21st century: proceeding of the conference held at Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1990, halaman 27.
- Schneider, Stephen H., "Prediction of Future Climate Change", Energy and the environment in the 21st century: proceeding of the conference held at Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1990, halaman 50.
- Winarno, Oetomo Tri, "Kajian Strategi Pengurangan Emisi Gas Rumahkaca Sektor Energi di Indonesia: Pendekatan System Dynamics", Thesis Magister pada Program Studi Pembangunan ITB, Bandung, 1997.

Tabel Lampiran. Teknologi penguangan emisi GRRK berdasar ketertarikan ekonomis

| No. | Kategori | Pilihan Teknologi | Teknologi Referensi | Potensi Reduksi GRRK, Kg CO ₂ eq./MWH | Marginal Cost per Unit Output, US\$/MWH | Marginal Cost per GRRK Tereduksi, US\$/kg |
|-----|--|--|--|---|--|---|
| 1. | Pemasas air rumah tangga | <ul style="list-style-type: none"> Pemasas air tenaga surya | Pemasas air LPG | 1250 | -22 | -0,018 |
| 2. | Teknologi Add-On dan End-of-Pipe untuk Tungku Pembakaran | <ul style="list-style-type: none"> Combustion-Air Preheat Penggunaan Gas Buang untuk Pembakaran Microalgae CO₂ Recovery and Disposal to Reservoir | Tanpa air-preheating Dibuang ke Atmosfir | 133 1000 | -1,38 50 | -0,010 0,050 |
| 3. | Pembangkit Listrik | <ul style="list-style-type: none"> Geothermal Power Plant Hydropower Plant Biomass Cogeneration Power Plant Nuclear Power Plant (LWR)[†] Gas-fired Combined-Cycle Plant Nuclear Power Plant (LMFR)[‡] IGCC[†] Power Plant Solar Photo Volatic Power Plant PFBC[§] Power Plant | <ul style="list-style-type: none"> Pulv.coal power plant Pulv.coal power plant Pulv.coal power plant Pulv.coal power plant Pulv.coal power plant Pulv.coal power plant Pulv.coal power plant Pulv.coal power plant | <ul style="list-style-type: none"> 946 1000 1000 1000 550,4 1000 61,5 1000 5 | <ul style="list-style-type: none"> 23,65 -24,15 -10,12 -5,36 -4,53 13,65 6,73 149,39 (-24,74)[#] 24,05 | <ul style="list-style-type: none"> 0,025 -0,024 -0,010 -0,005 -0,008 0,014 0,11 0,15 (-0,025)[#] 4,81 |
| 4. | Transportasi | <ul style="list-style-type: none"> Mobil Berbahan Bakar Etanol Mobil Listrik Mobil Tenaga Surya Mobil Berbahan Bakar BRC | <ul style="list-style-type: none"> Mobil Bensin Mobil Bensin Mobil Bensin | <ul style="list-style-type: none"> 1693,6 967,8 2080,7 483,9 | <ul style="list-style-type: none"> 45 151 450 120 | <ul style="list-style-type: none"> 0,0266 0,156 0,216 0,248 |

Catatan : † Light Water Reactor; ‡ Liquid Metal Fast Reactor; § Integrated (Coal) Gasification Combined-Cycle; § Pressurized-Bed Combustion; # Angka dalam tanda kurung adalah biaya setelah 2005, setelah 2005 diramalkan biayanya akan turun sampai 1/7 biaya saat ini

Sumber : AI GASS, 1997.