

PENERAPAN TEKNOLOGI UNTUK MENGURANGI EMISI GAS RUMAH KACA

Mohamad Sidik Boedoyo

Peneliti Pusat Teknologi Sumberdaya Energi
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi

Abstract

Being located in the equator and also has boundaries with two tectonic plates, Indonesia has various of energy resources, such as oil, coal, natural gas, as well as, renewable energy resources such as geothermal, solar, hydro, wind etc.

In relation to the above mentioned conditions, Indonesia has a lot of potential to reduce greenhouse gas emission through increasing the energy efficiency, fuel swiching, as well as utilization of CCS (carbon dioxide capture and storage) in the oil, gas and coal mining.

Although Indonesia is not included in Kyoto Protocol's country list, Annex I or Annex II, Indonesia is included among countries that had ratified the Earth Summit and the Kyoto Protocol. Therefore, it has a responsibility to help the developed country reduce their greenhouse gas emission through application of environmental friendly technologies in the framework of Clean Development Mechanism.

Key words : Greenhouse Gas, CDM, Application Technologies

1. PENDAHULUAN

Pada konferensi puncak tentang bumi tahun 1992 di Rio de Janeiro, telah disepakati konvensi tentang perubahan iklim dunia akibat peningkatan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer oleh 154 negara dan berlaku sejak 21 Maret 1994. Dalam kesepakatan yang diambil ditetapkan bahwa emisi gas rumah kaca yang didominasi oleh CO₂ harus diturunkan pada tingkat emisi tahun 1990. Sampai sekarang lebih dari 175 negara telah meratifikasi konvensi tersebut termasuk Indonesia²⁾.

Sebagai negara yang sedang berkembang Indonesia mempunyai laju pertumbuhan ekonomi yang cukup tinggi dan diperkirakan antara 2006 – 2030, laju pertumbuhan rata-rata sekitar 6% per tahun. Untuk mencapai laju pertumbuhan ekonomi tersebut, kebutuhan energi diperkirakan akan meningkat sampai sekitar 4 kali lipat

dari 815 Juta SBM (setara Barel Minyak) pada tahun 2005 menjadi 3629 Juta SBM pada tahun 2030. Perbaikan intensitas energi – PDB adalah sangat kecil dan secara umum intensitas energi - PDB Indonesia jauh lebih besar dibanding dengan negara maju. Hal ini disebabkan sebagai negara berkembang efisiensi penggunaan energi Indonesia masih rendah¹⁾.

Transportasi sebagai pengguna energi ketiga terbesar pada tahun 2005 dengan laju peningkatan sebesar 9% per tahun, pada tahun 2030 menjadi pengguna terbesar. Industri yang merupakan sektor pengguna energi fosil terbesar pada tahun 2006, di tahun 2030 akan turun ditempat yang kedua dengan laju pertumbuhan 6% per tahun.

Sampai tahun 2030 minyak bumi akan tetap dominan dalam penyediaan energi nasional termasuk biomassa dengan

kontribusi sekitar 55% yang meningkat dari kontribusi tahun 2005 sebesar 37%, tetapi tanpa biomasa kontribusi minyak bumi pada tahun 2030 hampir sama dengan tahun 2005. Penggunaan biomasa sebagai bahan bakar akan menurun karena keterbatasan penyediaan dan digantikan jenis energi yang lebih praktis dan efisien.

Kebutuhan listrik diperkirakan akan meningkat dengan laju sangat tajam hingga mencapai 8 kali lipat antara tahun 2005 sampai tahun 2030 yang disebabkan oleh konsumsi listrik per kapita yang sangat rendah saat ini.

Total pembangkitan listrik diperkirakan akan meningkat dari 122 twh pada tahun 2003 hingga mencapai 1318 twh pada tahun 2030, dimana sekitar 75% dari pembangkitan listrik dipenuhi oleh PLTU batubara. Teknologi pembakaran batubara yang dibubukkan (Pulverized) merupakan teknologi yang dominan dalam pembangkit listrik berbahan bakar batubara.

Secara umum dapat diperkirakan bahwa harga minyak yang sangat tinggi akan mendorong diversifikasi dengan bahan bakar yang lebih murah seperti batubara dan gas alam. Disamping itu juga membuka peluang pemanfaatan sumberdaya energi terbarukan yang ramah lingkungan, sehingga akan mengurangi pencemaran lingkungan, termasuk emisi gas rumah kaca. Pemanfaatan energi seperti diatas akan memacu peningkatan emisi CO₂ secara tajam dari 117 juta ton pada tahun 2006 menjadi sekitar 582 juta ton pada tahun 2030.

Walaupun Indonesia bukan merupakan negara kelompok "Annex I" maupun "Annex II" sehingga tidak wajib menurunkan emisi gas rumah kaca, tetapi sebagai negara yang telah meratifikasi Protokol Kyoto, Indonesia mempunyai kewajiban untuk melaporkan jumlah emisi yang dihasilkan dan turut membantu negara maju dalam menurunkan emisi melalui mekanisme CDM (Clean Development Mechanism). Implementasi program ini akan dapat mendorong pemanfaatan energi terbarukan yang ramah terhadap lingkungan³⁾.

Berkaitan dengan hal tersebut program energi yang berpotensi untuk dapat diaplikasi melalui mekanisme CDM perlu untuk disusun, dikembangkan dan disosialisasikan.

2. PROYEKSI EMISI GAS RUMAH KACA

Sumber emisi gas rumah kaca terdiri dari dua jenis yaitu emisi yang dihasilkan karena perbuatan manusia (man made sources) dan dari sumber alam (natural sources). Dari cara penghitungannya dibagi menjadi dua yaitu yang sumber dapat dihitung dan tidak dapat dihitung yang sering disebut fugitive sources. Emisi oleh perbuatan manusia pada umumnya disebabkan karena pembakaran carbon yang terkandung pada energi fosil, baik minyak bumi, gas bumi maupun batubara untuk memenuhi kebutuhan manusia baik di berbagai sektor perekonomian. Pembakaran hutan pada umumnya sulit dibuktikan karena tidak adanya bukti. Dalam makalah ini disampaikan perhitungan emisi CO₂ melalui penggunaan sumber energi fosil pada berbagai sektor, serta sesuai jenis energi yang digunakan.

2.1. Proyeksi Kebutuhan Energi

Pemanfaatan bahan bakar nabati yang terdiri dari biodiesel dan bioethanol ditargetkan akan mencapai 10% pada tahun 2030 atau sekitar 12 – 15 Juta SBM (setara barel minyak).

Sektor kebutuhan energi terbagi menjadi berbagai sektor, antara lain sektor rumah tangga, industri, transportasi, dan komersial. Proyeksi kebutuhan energi sampai tahun 2030 menunjukkan bahwa dengan pertumbuhan sekitar 6%, maka pada kebutuhan energi final sebesar 814,7 juta SBM pada tahun 2005 meningkat menjadi 3629,2 juta SBM tahun 2030.

Dalam pembangkitan listrik, batubara akan menjadi energi yang sangat dominan di masa mendatang dengan konsumsi sekitar 1450 Juta SBM atau hampir 15 kali konsumsi batubara tahun 2005.

Pemanfaatan panas bumi akan meningkat sekitar 8% per tahun, sedangkan kebutuhan minyak akan turun dengan laju 6% per tahun.

Sumberdaya hidro kurang dapat dikembangkan karena masalah lingkungan, demikian juga kondisi angin di Indonesia akan sulit bersaing dengan pembangkit listrik lainnya. Kontribusi energi terbarukan

diperkirakan hanya mencapai 4% dari total pembangkitan listrik.

Tabel 1 menunjukkan kebutuhan energi per sektor dari tahun 2005 sampai 2030, Tabel 2. menunjukkan kebutuhan energi per jenis bahan bakar dari tahun 2005 sampai 2030, sedangkan Tabel 3. menunjukkan kebutuhan bahan bakar untuk pembangkitan tenaga listrik dari tahun 2005 sampai tahun 2030.

Tabel. 1. Proyeksi Kebutuhan Energi per Sektor (Kasus Dasar)

(Juta BOE

	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Prtb
Pertanian	34.81	57.62	107.40	152.67	195.10	223.57	8%
Industri	275.60	374.57	488.51	647.56	863.49	1148.28	6%
Komersial	25.17	31.18	43.34	60.68	88.11	119.52	6%
Rmh. Tangga	312.59	335.90	399.02	424.86	438.29	537.35	2%
Transportasi	166.55	287.42	433.92	689.38	1068.77	1600.50	9%

Sumber: Hasil Perhitungan PTPSE-BPPT, Nopember 2007

Tabel. 2. Proyeksi Kebutuhan Energi per Jenis Bahan Bakar(Kasus Dasar)

(Juta SBM

	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Prtb.
Minyak	309.05	483.33	698.61	1019.12	1456.30	2072.24	8%
Batubara	60.72	86.56	107.37	127.29	137.20	191.68	5%
Gas	104.95	238.97	291.74	409.20	570.90	714.04	8%
Listrik	70.80	103.42	148.91	231.94	352.62	525.75	8%
Bio-Oil	0.00	0.00	0.11	0.20	0.30	0.41	9%
Biomasa	269.20	239.30	225.45	187.39	136.45	125.11	-3%

Sumber: Hasil Perhitungan PTPSE-BPPT, Nopember 2007

Tabel. 3. Proyeksi Kebutuhan Energi Pembangkit Listrik per Jenis Bahan Bakar (Kasus Dasar)

(JutaSBM)

	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Prtb.
Minyak	44.60	15.43	44.60	12.99	5.40	9.36	-6%
Batubara	98.65	248.51	357.03	627.55	953.60	1459.43	11%
Gas	33.10	62.00	33.10	60.63	87.03	114.23	5%
Hidro	7.52	14.05	7.52	20.08	23.40	27.58	5%
Panas Bumi	5.94	11.98	5.94	27.01	37.35	39.97	8%

Sumber: Hasil Perhitungan PTPSE-BPPT, Nopember 2007

2.2. Proyeksi Emisi Co2

Proyeksi kebutuhan energi diatas akan menghasilkan emisi gas rumah kaca, khususnya pada pemanfaatan energi fosil.

Secara umum industri merupakan sektor yang akan menghasilkan emisi CO₂ terbesar, disusul oleh pembangkitan listrik dan pertanian. Tabel 4. menunjukkan proyeksi emisi CO₂ untuk setiap sektor pengguna energi.

Tabel 4. Proyeksi Emisi CO₂ per Sektor⁴⁾

(Juta Ton CO₂)

Sektor	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Prtb.
Pertanian	15.11	25.56	48.62	70.60	92.17	108.00	8%
Industri	71.77	109.23	142.71	192.79	258.62	355.77	7%
Komersial	3.04	3.81	4.88	5.96	8.450	9.17	5%
Rmh. Tangga	11.32	17.68	33.05	42.10	47.33	61.65	7%
Transportasi	4.75	7.40	12.39	20.52	32.36	46.89	10%
Pb. Listrik	26.83	51.71	72.07	119.95	180.86	277.30	10%
Total	132.82	215.40	313.71	451.84	619.80	858.79	8%

Sumber: Hasil Perhitungan PTPSE-BPPT, Nopember 2007

Pada tahun 2005 emisi yang dihasilkan oleh minyak adalah yang tertinggi, tetapi pada tahun 2030 batubara merupakan jenis energi yang menghasilkan emisi CO₂ terbesar disusul oleh gas alam dan minyak. Bio-oil menghasilkan sedikit emisi CO₂

karena dalam proses produksi masih tetap membutuhkan pemanfaatan energi fosil.

Tabel 5 menunjukkan proyeksi emisi CO₂ dari tahun 2005 sampai tahun 2030 untuk setiap jenis bahan bakar pada seluruh sektor termasuk pembangkitan listrik.

Tabel 5. Proyeksi Emisis CO₂ per Jenis Energi⁴⁾

	2005	2010	2015	2020	2025	2030	Prtbh.
Minyak	54.25	64.69	107.17	144.54	185.45	240.46	6%
Batubara	45.01	83.13	116.10	178.92	247.12	374.69	9%
Gas	33.55	67.58	90.45	128.38	187.23	243.64	8%
Bio-Oil	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0%
Total	132.82	215.40	313.71	451.85	619.81	858.80	8%

Sumber: Hasil Perhitungan PTPSE-BPPT, Nopember 2007

3. PENGURANGAN EMISI GAS RUMAH KACA

Pengurangan emisi gas rumah kaca dapat dilakukan melalui berbagai cara, antara lain penghematan energi atau konservasi energi, diversifikasi energi serta pemanfaatan CCS (*Carbon Dioxide Capture and Storage*). Untuk memperjelas penerapan teknologi untuk mengurangi

pencemaran tersebut, langkah pengurangan juga didiskripsikan per sektor.

3.1. Cara Pengurangan Emisi Co₂

3.1.1. Konservasi

Konservasi atau penghematan energi dapat dilaksanakan melalui peningkatan efisiensi peralatan, penggunaan peralatan

yang lebih efisien serta melaksanakan manajemen energi.

- Peningkatan efisiensi Peralatan
Peningkatan efisiensi peralatan dilaksanakan dengan mengganti sebagian atau seluruh peralatan pengguna energi dengan peralatan yang lebih efisien.
- Penggunaan Peralatan yang lebih efisien
Penggunaan peralatan yang lebih efisien akan dapat menurunkan konsumsi energi seperti mengganti peralatan yang sudah tua dan boros energi dengan yang lebih efisien.
- Pengelolaan di sisi pengguna energi (*Demand Side Management*)
Pengelolaan di sisi pengguna, selain dari penggantian peralatan, juga dapat dilakukan dengan mengubah kebiasaan yang boros menjadi hemat energi. Misalnya mematikan lampu saat akan keluar kamar, mengangkut barang secara sekaligus, serta berbagai aktifitas yang menyangkut pola kerja atau kebiasaan. Penghematan dapat juga dilakukan dengan pemasangan peralatan otomatis untuk peralatan elektronik, misal lampu kamar yang mati bila kamar kosong, eskalator yang berhenti bila tidak diinjak orang dan lain-lain.

3.1.2. Diversifikasi Energi

Diversifikasi energi atau penggantian bahan bakar dengan jenis energi lain, bertujuan untuk mengurangi penggunaan bahan bakar yang mempunyai kandungan karbon tinggi dengan jenis energi yang mempunyai kandungan karbon rendah atau tanpa kandungan karbon.

- Substitusi Energi
Substitusi energi adalah upaya untuk mengganti energi yang ada dengan jenis energi lain yang lebih murah, mudah secara teknis dan tanpa mengurangi kinerja alat. Dalam pembangkitan listrik maka penggantian minyak solar pada PLTD dengan biofuel atau mikro hidro,

angin dan lain-lain akan mengurangi pelepasan CO₂ ke atmosfer⁶⁾.

Biomasa, walaupun mempunyai kandungan karbon yang cukup tinggi, tetapi CO₂ yang dihasilkan dianggap dihisap kembali oleh tanaman yang sedang tumbuh sehingga emisinya dianggap 0 atau tanpa emisi. Hal ini disebabkan pohon dianggap merupakan zink atau penyerap CO₂ hanya pada masa pertumbuhan (0 sampai 12 tahun), sehingga pemotongan pohon dianggap bagian dari penciptaan zink.

- Penggunaan Teknologi Rendah Karbon
Pemanfaatan teknologi rendah karbon sebagai pengganti PLT Bahan Bakar Fosil secara drastis akan dapat mengurangi pelepasan gas rumah kaca (CO₂) ke atmosfer. Teknologi yang termasuk dalam kategori ini antara lain Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP), Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN), PLTS, PLTMH (Mikrohidro),
Demikian pula aplikasi kendaraan sel bahan bakar (*Fuel cell*) menggunakan methanol atau hidrogen akan mengurangi GRK pada sektor transportasi secara drastis, walaupun saat ini teknologi ini belum komersial.

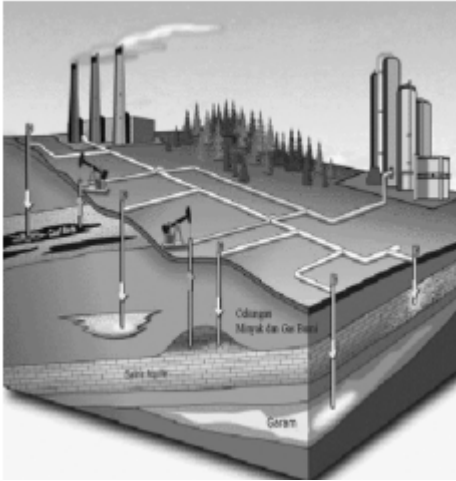
3.1.3. CCS (*Carbon Dioxide Capture And Storage*)

CCS merupakan teknologi yang berupaya untuk menangkap CO₂ dan menyimpannya pada cekungan dalam dibawah permukaan bumi. Secara umum teknologi CCS terdiri dari 4 subsektor yaitu penangkapan CO₂ (*Capture*), pengangkutan (pipa atau kapal), injeksi, serta *reservoir geology storage*.

Gambaran CCS secara umum dapat dilihat pada Gambar 1.

Selain dari penggunaan CCS, CO₂ dapat disimpan pada:

- a. Lautan (kedalaman > 2 Km)
- b. Karbonisasi mineral, reaksi kimia CO₂ terhadap oksida logam akan mengikat CO₂ sebagai karbonat yang stabil,
- c. Digunakan dalam proses industri.



Gambar 1. Skema Teknologi CCS

Penerapan teknologi CCS sangat mahal, tetapi relatif murah untuk negara maju yang tidak mungkin untuk meningkatkan efisiensi maupun memanfaatkan energi terbarukan. Di Indonesia teknologi CCS merupakan alternatif untuk mencapai tingkat pengurangan GRK yang tidak mungkin tercapai bila menggunakan alternatif pengurangan GRK yang lain¹⁾.

3.2 Langkah Pengurangan Emisi CO₂ Sektoral

Dalam bab ini dijelaskan teknologi atau cara yang dapat dilaksanakan per sektor pengguna energi.

3.2.1 Sektor Transportasi

Pada sektor transportasi dapat dikemukakan beberapa langkah atau cara pengurangan emisi CO₂. Penambahan turbo charger pada mesin bensin maupun diesel, hingga mesin kendaraan menjadi lebih efisien. Pemasangan turbo charger dapat meningkatkan efisiensi pemakaian bahan bakar hingga 15%. Pemanfaatan teknologi kendaraan hibrid (Mesin Listrik-Motor Bakar) akan meningkatkan efisiensi pembakaran lebih dari dua kali lipat dengan kinerja yang sama. Bila kendaraan bensin biasa mempunyai

intensitas energi 12 - 16 km liter maka dengan teknologi hibrid dapat mencapai 35 - 40 km/liter.

Penerapan sistem transportasi masa, seperti bus, kereta api, subway train, monorail train akan sangat efisien dibandingkan mobil pribadi maupun sepeda motor yang boros energi³⁾.

3.2.2 Sektor Industri

Penerapan teknologi kogerasi (Cogeneration) yang menggabungkan unit pembangkit uap dan pembangkit listrik yang berdiri sendiri dalam satu siklus, akan dapat meningkatkan efisiensi dari 55% menjadi 70% hingga 80%.

Perbaikan isolasi pada pipa uap, pencegahan kebocoran, perbaikan perilaku akan dapat meningkatkan efisiensi hingga 17%.

Penggantian peralatan proses yang sudah tua dengan yang baru, selain mengurangi resiko kecelakaan juga akan menghemat penggunaan energi.

3.2.3 Sektor Rumah-Tangga Dan Komersial

Penggantian lampu pijar dengan lampu hemat energi seperti lampu neon (*tubular lamp*) atau dengan CFL (*Compact Fluorized Lamp*) akan meningkatkan efisiensi cukup besar.

Penggantian kompor atau tungku memasak dengan tungku efisiensi tinggi, misalnya minyak tanah dengan LPG atau gas kota akan meningkatkan efisiensi dari 15% menjadi 22%.

3.2.4 Pembangkit Listrik

Pengoperasian PLTGU (*Gas Combined Cycle Power Plant*), dengan memanfaatkan panas buang gas turbin untuk pemanasan awal pembangkit uap, akan meningkatkan efisiensi total dari sekitar 30% menjadi 45%. Penerapan Pembangkit Listrik energi terbarukan seperti PLTS, PLTMH, PLTB dan lain-lain.

Penerapan PLTN yang bebas emisi CO₂ dapat menggantikan sebagian dari PLTU Batubara.

4. STRATEGI PENGURANGAN EMISIS GAS RUMAH KACA

4.1. CDM (*Clean Development Mechanism*)

Kyoto protokol menyebutkan CDM, merupakan satu-satunya pintu bagi negara berkembang untuk membantu negara maju dalam memenuhi target pengurangan emisi GRK-nya. Dalam protokol tersebut dijelaskan bahwa CDM bersifat penambahan (*additionality*) artinya negara maju akan menambah kekurangan investasi dalam pengoperasian suatu alat atau sistem baru yang dapat mengurangi emisi GRK dibanding alat atau sistem yang lama tetapi mempunyai biaya investasi maupun operasi yang lebih tinggi dan memperoleh CER (*credit of emission reduction*). Dalam protokol Kyoto negara maju diharapkan ikut serta secara aktif dalam pengurangan emisi GRK, tetapi realisasi program CDM bergeser kearah perdagangan emisi, dimana negara berkembang dapat melaksanakan program penurunan emisi dan memperdagangkan CER ke negara maju.

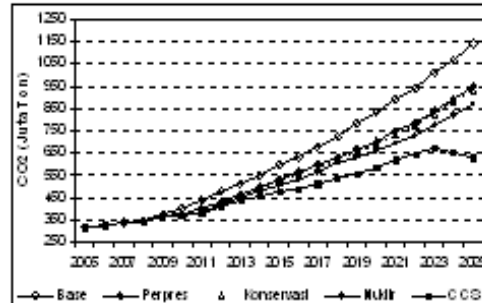
4.2. Program Pengurangan Emisi

Penerapan teknologi diatas akan dapat menurunkan emisi GRK di Indonesia sesuai dengan skenario yang diambil. Skenario yang diambil dapat diusulkan untuk diaplikasi melalui program CDM agar dapat diperoleh manfaat yang seoptimal mungkin.

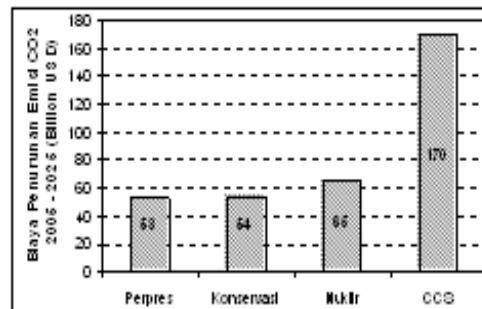
Skenario Perpres merupakan implementasi target pemanfaatan Energi Terbarukan dan peningkatan efisiensi, konservasi mentargetkan implementasi penggunaan kendaraan hibrid, implementasi PLTN sampai 18 unit tahun 2030 pada nuklir, dan CCS merupakan implementasi penggunaan teknologi CCS

Gambaran yang diperoleh dari grafik tersebut menunjukkan bahwa penerapan skenario Perpres terhadap skenario

dasarsecara signifikan menurunkan emisi CO₂, tetapi skenario Hibrid dan Nuklir tidak terlalu berpengaruh pada pelepasan emisi. Skenario CCS diarahkan agar terjadi penurunan GRK secara signifikan mulai tahun 2023.



Gambar 2. Penerapan Program Pengurangan Emisi GRK (2005 - 2030).



Gambar 3. Biaya Investasi Penerapan Program Pengurangan Emisi GRK (2005 - 2030).

Gambaran diatas menunjukkan bahwa implementasi target pemanfaatan energi terbarukan tidak jauh berbeda dengan konservasi. Penerapan PLTN sebanyak 18 GW memerlukan investasi tambahan sebesar 11 billion US\$, sedangkan penerapan CCS hingga terjadi penurunan emisi GRK mulai tahun 2023 akan memerlukan tambahan investasi sebesar 105 Billion US\$.

4.3. Analisis

Dalam upaya penurunan emisi GRK dapat diperhitungkan bahwa implementasi skenario perpres akan membutuhkan 33

US\$ per Ton CO₂, skenario konservasi (kendaraan Hibrid) 29 US\$ per Ton CO₂, PLTN 30 US\$ per ton dan CCS sebesar 52 US\$ per ton CO₂ yang diturunkan. Oleh karena itu penerapan teknologi hibrid untuk kendaraan merupakan alternatif terbaik, disusul penerapan PLTN. Skenario CCS bila diimplementasikan pada tambang batubara akan sangat mahal, tetapi pada EOR (Enhanced Oil Recovery) biaya tersebut dapat dikurangi dengan peningkatan produksi minyak.

5. KESIMPULAN

Dari gambaran yang ada dapat disimpulkan antara lain:

1. Penerapan program penurunan emisi GRK akan membutuhkan biaya yang sangat tinggi, oleh karena itu dukungan dari negara maju melalui program CDM dapat mendorong implementasi program penurunan GRK.
2. Penurunan emisi GRK dapat dilaksanakan melalui penerapan teknologi efisiensi tinggi, teknologi rendah emisi GRK, teknologi CCS, serta penggantian bahan bakar dengan yang rendah emisi GRK.
3. Beberapa program yang dapat diusulkan sebagai program CDM, antara lain:
 - Dalam pembangkit listrik penerapan PLTP merupakan program utama, disusul PLTMH, PLTS dan pemanfaatan Biofuel sebagai pengganti minyak solar pada PLTD.
 - Penerapan kendaraan Hibrid dengan efisiensi yang tinggi merupakan kendaraan masa depan perlu diimplementasi.
 - CCS merupakan program yang dapat diusulkan sebagai uji coba atau pilot plant, karena potensinya yang sangat besar dalam penyerapan emisi GRK.

DAFTAR PUSTAKA

1. Bidang Perencanaan Energi, 2007, Hasil Perhitungan Kebutuhan Energi dan Emisi GRK sebagai Materi Kelompok Kerja Energi, DELRI pada COP XIII, Bali 13 – 15 Desember 2007, PTPSE-BPPT, Nopember 2007
2. PPLH-IPB, BPPT, The First National Communication under UNFCCC, GHG Inventory, Mitigation Options and National Strategy Sector, State Ministry for Environment (MNLH), 1999.
3. Republik Indonesia, 2007, Rencana Aksi Nasional Dalam Menghadapi Perubahan Iklim, MNLH, Nopember 2007.
4. Rubin, E, et al, 2005, Carbon Dioxide Capture and Storage, Technical Summary, IPCC Special Report, Intergovernment Panel for Climate Change (IPCC), September 2005. <http://www.greenhouse.gov.au/ccs/publications/key-findings.html>
5. Sijm, J.P.M., et al, 2000, Kyoto Mechanism, The Role of Joint Implementation, the Clean Development Mechanism and Emissions Trading, Netherlands Energy Research Foundation (ECN), Maret 2000.
6. Tatang, H.S. 2006. Material Aspects of Biodiesel Production in Indonesia. Seminar Bussines opportunities of Biodiesel into the Fuel Market in Indonesia. BPPT. Jakarta, 8 Maret 2006.