

Pemanasan Global Akibat Kegiatan di Sektor Minyak dan Gas Bumi

Contribution of Oil and Gas Sector Activities to Global Warming

R. Desrina

Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"

Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan

Telepon: 62-21-7394422, Fax: 62-21-7246150

E-mail: desrinad@lemigas.esdm.go.id

Teregistrasi I tanggal 11 Maret 2014; Diterima setelah perbaikan tanggal 28 April 2014

Disetujui terbit tanggal: 29 Agustus 2014

ABSTRAK

Pemanasan global adalah peningkatan suhu rata-rata pada atmosfer, laut, dan daratan Bumi yang sedang terjadi pada saat ini dan akan terjadi di masa-masa mendatang. Pemanasan global ini disebabkan terutama oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca (GRK) melalui efek rumah kaca. Dari sekian banyak gas yang dapat memberikan efek rumah kaca, maka dipercaya gas karbon dioksida (CO₂) merupakan GRK yang memberikan andil paling besar di dalam pemanasan global. Emisi gas CO₂ ini berasal dari berbagai sumber, namun sumber terbesar adalah akibat kegiatan manusia dari hasil pembakaran bahan bakar fosil, yaitu minyak bumi, gas alam, dan batubara untuk keperluan pada sektor energi, yaitu pembangkit listrik dan transportasi. Berbagai dampak lingkungan akibat pemanasan global ini telah dirasakan. Pada kurun waktu belakangan ini para ilmuwan telah mengamati terjadinya perubahan-perubahan tersebut. Ketika atmosfer menghangat, lapisan permukaan lautan juga akan menghangat, sehingga volumenya akan membesar dan menaikkan tinggi permukaan laut. Tinggi muka laut di seluruh dunia telah meningkat 10-25 cm selama abad ke-20. Pemerintah Republik Indonesia telah menyatakan komitmennya untuk mengurangi emisi gas CO₂ sebanyak 26 persen pada tahun 2020. Di dalam tulisan ini dicoba diuraikan sejauh mana sektor minyak dan gas bumi (migas) dalam kontribusinya pada pemanasan global dengan emisi gas CO₂-nya dan berbagai opsi cara-cara memperkecil kontribusi tersebut.

Kata Kunci: pemanasan global, perubahan iklim, minyak dan gas bumi, dampak lingkungan, karbon dioksida, sekuistrasi.

ABSTRACT

Global warming refers to the recent and ongoing rise in global average temperature in the atmosphere, ocean, and Earth's surface. It is caused mostly by increasing concentrations of greenhouse gases (GHG) in the atmosphere through greenhouse effect. Several gases have the properties of greenhouse effect, but it is believed that carbon dioxide (CO₂) is the GHG that mostly contributes to the global warming. Many sources emit CO₂ gas, but the main source is human activity resulting from the combustion of fossil fuels, i.e., mineral oil, natural gas, and coal for use in energy sector, i.e. power plant and transportation. Several environmental impacts due to the global warming are already occurring. Recently, scientists have observed some changes. When the atmosphere becomes warm, so does the sea surface, thus the volume is increasing and eventually resulting sea level rise. Sea level rise has been observed to increase 10-25 cm during 20th century period. The government of the Republic of Indonesia has committed to reduce

CO₂ emission to 26 percent in the year of 2020. In this paper, the author tries to describe how far the oil and gas sector activities contribute to the global warming through its CO₂ emission and discuss several optional methods to reduce its contribution.

Keywords: *global warming, climate change, oil and gas, environmental impacts, carbon dioxide, sequestration*

I. PENDAHULUAN

Isu tentang pemanasan global (*global warming*) bukanlah isu yang baru. Jauh sebelum di deklarasikannya Kyoto Protocol, seabad silam Arrhenius dalam suatu karya tulis ilmiahnya yang dimuat di dalam *Philosophical Magazine and Journal* pada tahun 1896 telah mengangkat isu ini. Dalam tulisan tersebut, dikemukakan adanya indikasi peningkatan emisi gas karbon dioksida (CO₂) dari konsumsi energi fosil dalam proses industrialisasi (Lesmana 2007).

Pemanasan global adalah peningkatan suhu rata-rata pada atmosfer, laut, dan daratan Bumi yang sedang terjadi pada saat ini dan akan terjadi di masa-masa mendatang. *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menyimpulkan bahwa, sebagian besar peningkatan suhu rata-rata global disebabkan terutama oleh meningkatnya konsentrasi gas-gas rumah kaca (GRK) melalui efek rumah kaca.

Segala sumber energi yang terdapat di bumi berasal dari Matahari. Ketika energi ini tiba ke permukaan bumi, maka energi tersebut akan berubah dari energi cahaya menjadi energi panas yang menghangatkan bumi. Permukaan bumi akan menyerap sebagian panas dan memantulkannya kembali sisanya. Sebagian dari panas ini berbentuk radiasi infra merah gelombang panjang yang memantul kembali ke angkasa luar. Namun sebagian panas tetap berada di atmosfer bumi akibat adanya GRK antara lain uap air, karbon dioksida, dan metana yang menjadi perangkap gelombang radiasi tersebut. Gas-gas ini menyerap dan memantulkan kembali radiasi yang dipancarkan bumi dan akibatnya panas tersebut akan tersimpan di permukaan bumi (Lihat Gambar 1).

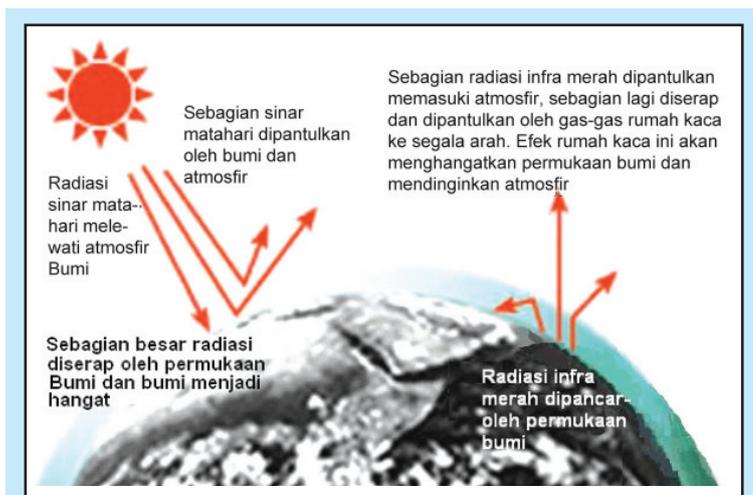
Tanpa efek rumah kaca ini, bumi akan menjadi sangat dingin. Akan tetapi sebaliknya, apabila GRK di atmosfer berada dalam jumlah yang berlebihan, maka akan mengakibatkan meningkatnya pemanasan

global. Meningkatnya suhu global diperkirakan akan menyebabkan perubahan-perubahan lain seperti naiknya permukaan air laut, meningkatnya intensitas fenomena cuaca yang ekstrim, serta perubahan jumlah dan pola presipitasi atau hujan.

Berbagai jenis gas yang diemisikan ke udara dan menyebar ke atmosfer mempunyai sifat GRK. Di samping gas-gas yang telah disebutkan di atas, terdapat gas lain yaitu gas Nitrous oksida (N₂O) dan gas-gas yang populer disebut sebagai ODS (*Ozone Depleting Substances*) dan F-gases. Walaupun gas-gas ini jumlahnya relatif kecil akan tetapi mempunyai sifat stabil dan dapat terakumulasi di atmosfer.

Dari sekian banyak gas yang dapat memberikan efek rumah kaca, maka dipercaya gas CO₂ merupakan GRK yang memberikan andil paling besar di dalam pemanasan global. Gas CO₂ ini berasal dari berbagai sumber, namun sumber terbesar adalah akibat kegiatan manusia dari hasil pembakaran bahan bakar fosil, yaitu minyak dan gas bumi serta batubara.

Hingga saat ini, upaya substansial yang dilakukan untuk mengatasi permasalahan pemanasan global ini adalah Kyoto Protocol. Kyoto Protocol pertama kali diadopsi pada 11 Desember 1997 di Kyoto,



Gambar 1
Fenomena efek rumah kaca
pada peristiwa pemanasan permukaan bumi

Jepang, dan mulai diberlakukan sejak 16 Februari 2005. Kesepakatan internasional ini telah diadopsi dan diratifikasi oleh hampir semua negara, termasuk Indonesia (Anonymous 2009).

Dalam pidatonya di Copenhagen pada 2009, Presiden atas nama pemerintah Republik Indonesia telah menyatakan komitmennya untuk mengurangi emisi gas CO₂ sebanyak 26 persen pada tahun 2020. Di dalam tulisan ini dicoba diuraikan sejauh mana sektor minyak dan gas bumi (migas) dalam kontribusinya pada pemanasan global dengan emisi gas CO₂-nya dan berbagai opsi cara-cara memperkecil kontribusi tersebut.

II. DAMPAK LINGKUNGAN DARI PEMANASAN GLOBAL

Sering kita dibingungkan dengan istilah "pemanasan global" dan "perubahan iklim" (*climate change*). Apa sebenarnya kaitan yang satu dengan yang lainnya? Perubahan iklim adalah perubahan yang signifikan pada iklim yang berlangsung pada periode yang cukup lama. Perubahan iklim ini meliputi perubahan temperatur, curah hujan, atau pola pergerakan angin, dan perubahan-perubahan lainnya yang terjadi pada beberapa dekade atau periode yang lebih lama.

Sedang pemanasan global adalah kenaikan suhu rata-rata pada permukaan bumi yang terjadi saat ini dan pada saat-saat mendatang. Pemanasan global diakibatkan oleh meningkatnya GRK di dalam atmosfer bumi dan pemanasan global ini menyebabkan perubahan pola iklim (Anonymous, 2013).

Kontroversi mengenai keterkaitan antara pemanasan global dengan perubahan iklim serta dampaknya terhadap lingkungan masih sering kita dengar. Hal ini dikarenakan dampak dari pemanasan global ini tidak dirasakan secara merata dan menyeluruh di semua wilayah di bumi ini. Dampak lingkungan yang mengenai suatu wilayah sering berbeda dengan perubahan rata-rata yang terjadi secara global, baik dalam skala besarnya maupun kecepatan perubahannya (Anonymous 2013).

Lagi pula, tidak semua ekosistem dan daerah hunian mempunyai kepekaan yang sama terhadap perubahan iklim. Beberapa wilayah sangat peka terhadap perubahan temperatur dan perubahan curah hujan yang ekstrim. Beberapa wilayah dengan mudah dapat beradaptasi atau mengatasi adanya perubahan-

perubahan alam tersebut. Namun demikian, telah terbukti dan tidak dapat disangkal lagi bahwa dampak pemanasan global ini telah terjadi dan dirasakan akibatnya.

IPCC dengan menggunakan model telah memprediksi pemanasan global meningkat 1.1-6.4°C pada 2100 dibandingkan pada 1990. Dengan model tersebut diperkirakan permukaan air laut akan meningkat setinggi 18-59 cm pada 2100. Pada kurun waktu belakangan ini para ilmuwan telah mengamati terjadinya perubahan-perubahan tersebut. Ketika atmosfer menghangat, lapisan permukaan lautan juga akan menghangat, sehingga volumenya akan membesar dan menaikkan tinggi permukaan laut. Tinggi muka laut di seluruh dunia telah meningkat 10-25 cm selama abad ke-20.

Perubahan tinggi muka laut akan sangat mempengaruhi kehidupan di daerah pantai. Diperkirakan kenaikan 100 cm akan menenggelamkan 6 persen daerah Belanda, 17,5 persen daerah Bangladesh, dan banyak pulau-pulau di bumi. Erosi terhadap tebing, pantai, dan bukit pasir akan meningkat. Ketika tinggi lautan mencapai muara sungai, banjir akibat air pasang akan meningkat di daratan.

Orang mungkin beranggapan bahwa bumi yang hangat akan menghasilkan lebih banyak makanan dari sebelumnya, tetapi hal ini sebenarnya tidak sama di beberapa tempat. Sebagai contoh, bagian Selatan Kanada mungkin akan mendapat keuntungan dari lebih tingginya curah hujan dan lebih lamanya masa tanam. Di sisi lain, di daerah tropis di beberapa bagian Afrika lahan pertanian menjadi kering dan tanaman tidak dapat tumbuh. Tanaman pangan dan hutan dapat mengalami serangan serangga dan penyakit yang lebih hebat.

Hewan dan tumbuhan menjadi makhluk hidup yang sulit menghindar dari efek pemanasan ini. Dalam pemanasan global, hewan cenderung untuk bermigrasi ke arah kutub atau ke atas pegunungan. Spesies-spesies yang bermigrasi ke Utara atau Selatan yang terhalangi oleh kota-kota atau lahan-lahan pertanian mungkin akan mati. Beberapa tipe spesies yang tidak mampu secara cepat berpindah menuju kutub mungkin juga akan musnah.

Perubahan cuaca dan lautan dapat mengakibatkan munculnya penyakit-penyakit yang berhubungan dengan panas (*heat stroke*) dan kematian. Temperatur

yang panas juga dapat menyebabkan gagal panen sehingga akan muncul kelaparan dan malnutrisi. Perubahan cuaca yang ekstrim dan peningkatan permukaan air laut akibat mencairnya es di kutub utara dapat menyebabkan bencana alam (banjir, badai dan kebakaran) dan kematian. Timbulnya bencana alam biasanya disertai dengan perpindahan penduduk ke tempat-tempat pengungsian dimana akibatnya sering muncul berbagai penyakit, seperti: diare, malnutrisi, defisiensi mikronutrien, trauma psikologis, penyakit kulit, dan lain-lain.

Pergeseran ekosistem dapat memberi dampak pada penyebaran penyakit melalui air (*waterborne diseases*) maupun penyebaran penyakit melalui vektor (*vector-borne diseases*). Dengan adanya perubahan iklim ini maka ada beberapa spesies vektor penyakit (contoh: *Aedes Aegypti*), virus, bakteri, dan plasmodium menjadi lebih resisten terhadap obat tertentu. Beberapa spesies secara alamiah akan terseleksi ataupun punah karena perubahan ekosistem yang ekstrim. Perubahan iklim juga bisa berdampak kepada peningkatan kasus penyakit tertentu, misalnya infeksi saluran pernafasan atas (ISPA) dan demam berdarah dinge (DBD) akibat kemarau panjang, kebakaran hutan, dan musim hujan yang tidak menentu.

III. SUMBER EMISI GAS KARBON DIOKSIDA

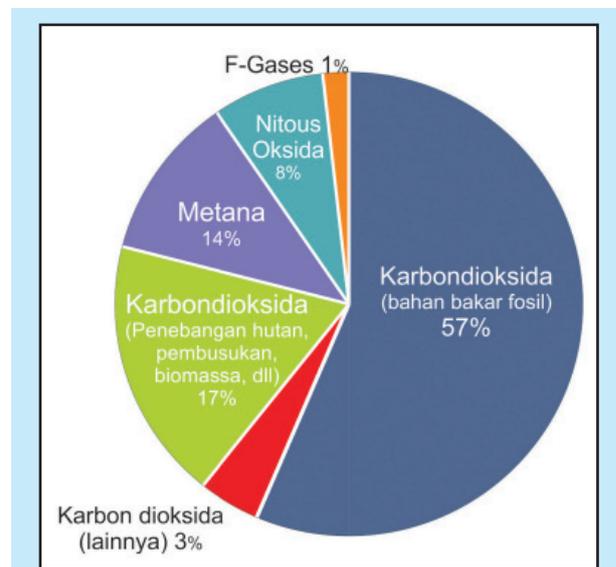
Secara alami, uap air, gas CO₂ dan gas metana dihasilkan dari proses kehidupan yang terjadi di bumi. Namun, dengan meningkatnya kegiatan manusia maka akan dihasilkan gas-gas tersebut dalam jumlah yang melebihi dari jumlah gas-gas CO₂ dan metana yang berasal dari proses alami itu. Di samping gas CO₂ dan metana, gas-gas lain dari kegiatan manusia yang juga memberikan andil dalam pemanasan global adalah gas Nitrous oksida (N₂O) dan Gas-gas terfluorinasi (*F-gases*). Dalam Gambar 2 dicantumkan perbandingan persentase GRK yang dihasilkan dari kegiatan manusia (Anonymous 2013).

Dari sekian jenis GRK, maka gas CO₂ merupakan GRK yang terbesar dalam kontribusinya pada pemanasan global. Pada skala global, GRK yang dihasilkan dari kegiatan manusia dapat dirinci sebagai berikut:

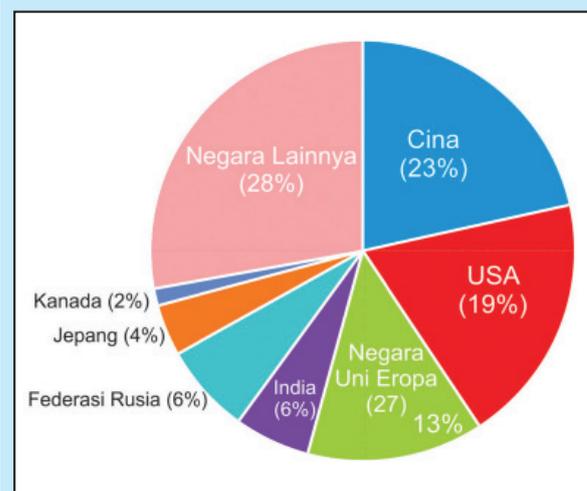
- Karbon dioksida (CO₂). CO₂ yang menyebar ke

atmosfir terutama berasal dari pembakaran bahan bakar fosil (batu bara, gas alam, dan minyak bumi). CO₂ juga dihasilkan dari pembakaran limbah padat, tanaman, dan sisa-sisa industri perkayuan, serta sebagai hasil reaksi-reaksi kimia, misalnya pada industri semen.

- Metana (CH₄). Gas metana disebarkan ke udara selama proses produksi dan pengangkutan batu bara, gas alam, dan minyak bumi. Gas metana juga dihasilkan dari kegiatan peternakan dan pertanian serta dari proses pembusukan limbah organik.



Gambar 2
Emisi gas rumah kaca (GRK) secara global



Gambar 3
Emisi gas CO₂ menurut Negara

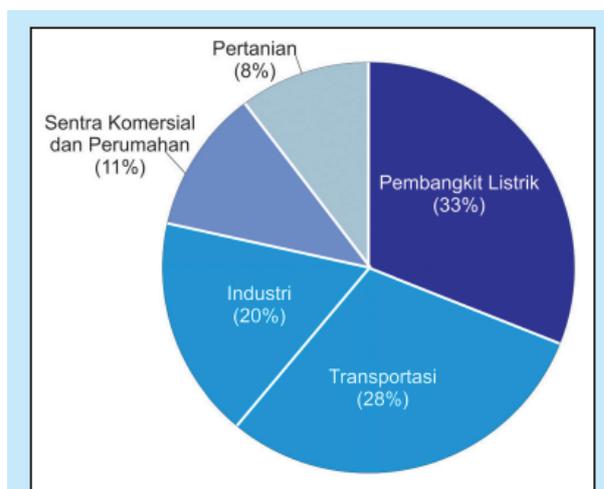
- *Nitrous oxide* (N_2O). N_2O dihasilkan baik dari aktifitas pertanian, industri, maupun dari pembakaran bahan bakar fosil dan limbah padat.
- Gas-gas terfluorinasi (*F-gases*). Gas-gas ini antara lain adalah: *hydrofluorocarbons*, *perfluorocarbons*, dan *sulfur hexafluoride* yang dihasilkan dari berbagai proses industri. Gas-gas terfluorinasi ini merupakan gas-gas pengganti dari gas pendepleksi ozon (*ozone-depleting substances*, ODS, yaitu: *chlorofluorocarbons*, *hydrochlorofluorocarbons*, dan *halons*). Walaupun gas-gas terfluorinasi ini diemisikan dalam jumlah yang kecil, akan tetapi gas-gas ini mempunyai efek rumah kaca yang potensial. Gas-gas ini sering disebut dengan istilah gas "GWP" yang tinggi (*High Global Warming Potential gases*, "*High GWP gases*").

Secara alami, gas CO_2 diemisikan dan diserap melalui proses yang disebut sebagai siklus karbon (*carbon cycle*). Sebanyak triliunan ton gas CO_2 diserap dari atmosfer ke dalam lautan dan tumbuh-tumbuhan (dikenal sebagai *carbon sinks*), dan disebarkan kembali ke atmosfer melalui proses alami yang dikenal sebagai sumber karbon (*carbon sources*). Dalam keadaan keseimbangan, total emisi gas CO_2 dan total penyerapannya di dalam siklus karbon tersebut kurang lebih sama besar.

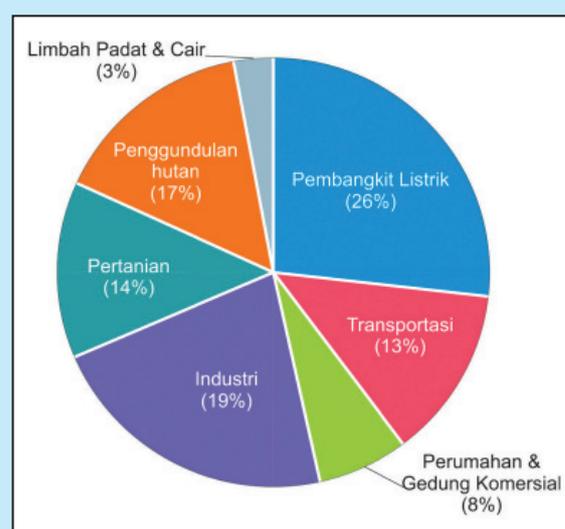
Sejak terjadinya revolusi industri pada abad ke 17, kegiatan manusia terutama pembakaran minyak bumi, batubara, dan gas alam, serta penggundulan hutan, telah mengakibatkan peningkatan konsentrasi gas CO_2 di dalam atmosfer. Saat ini konsentrasi gas CO_2 telah meningkat sebanyak 35% lebih tinggi daripada sebelum terjadinya revolusi industri.

Gas CO_2 terutama dihasilkan oleh negara-negara industri, di mana Cina dan Amerika Serikat merupakan penghasil gas CO_2 terbesar, diikuti oleh negara-negara Uni Eropa, India, Federasi Rusia, Jepang dan Kanada (lihat Gambar 3) (Anonymous 2013). Gas CO_2 yang diemisikan ini berasal dari hasil pembakaran bahan bakar fosil, industri semen, dan suar bakar (*gas flaring*).

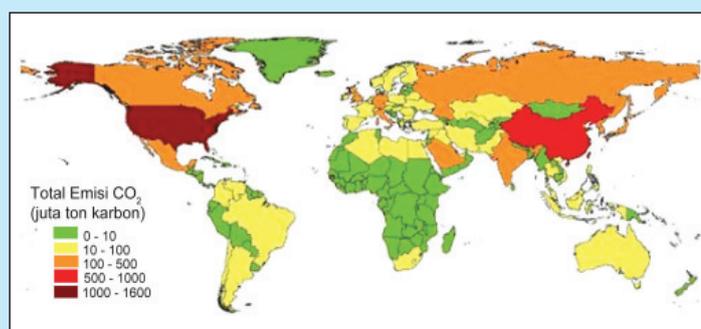
Masing-masing negara industri meneliti sumber-sumber GRK yang diemisikannya dan membuat grafik mengenai persentase emisi gas CO_2 sesuai sumbernya. Misalnya yang



Gambar 4
Kontribusi emisi gas CO_2 dari sektor kegiatan ekonomi di USA



Gambar 5
Kontribusi emisi gas CO_2 dari sektor kegiatan ekonomi secara global



Gambar 6
Total emisi gas CO_2 berdasarkan Negara (Data Tahun 2005)

dibuat oleh Amerika Serikat sebagaimana yang tercantum pada Gambar 4. Emisi gas CO₂ terbesar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil yang digunakan untuk pembangkit listrik, pemanas, dan transportasi (Anonymous 2013).

Secara global kontribusi gas CO₂ dapat dibagi menurut kegiatan ekonomi untuk menghasilkan produk bagi penggunaannya. Pada Gambar 5 dicantumkan pembagian emisi gas CO₂ sesuai dengan jenis kegiatannya.

Dari dua contoh ini ditunjukkan bahwa sumber terbesar emisi gas CO₂ adalah dari sektor pembangkit listrik, transportasi, dan industri dengan total sekitar 60%. Sementara dari perumahan dan gedung-gedung perkantoran serta pengelolaan limbah sekitar 10%, sisanya dari kegiatan pertanian dan kehutanan.

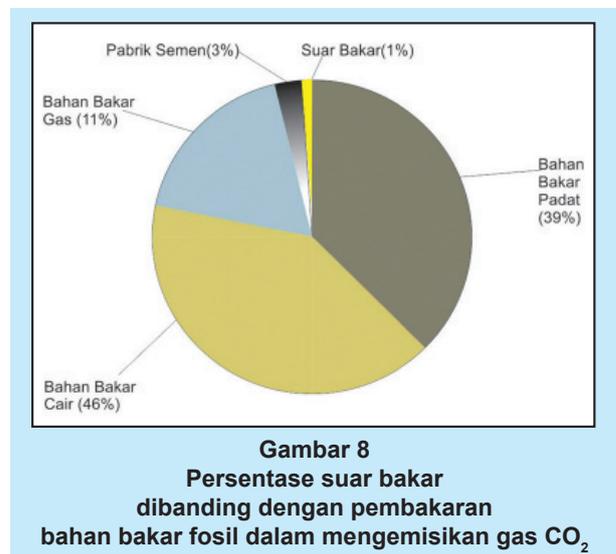
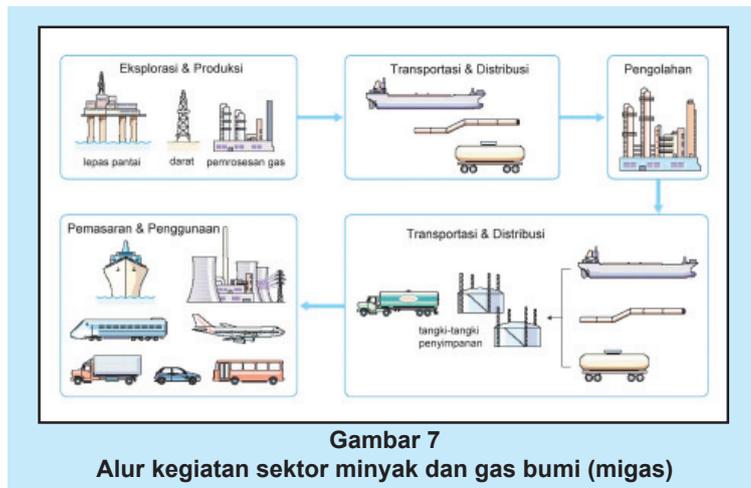
IV. PEMBAHASAN

Konsumsi total bahan bakar fosil di dunia meningkat sebesar 1 persen pertahun. Permasalahan yang ada pada saat ini adalah mengatasi efek yang timbul akibat penggunaan bahan bakar fosil itu dan melakukan langkah-langkah untuk mencegah semakin berubahnya iklim di masa depan.

Indonesia, Thailand, Filipina, dan Australia termasuk negara penghasil gas CO₂ yang cukup besar bila dibanding dengan negara-negara di Afrika, yaitu termasuk dalam kategori emisi gas CO₂ sekitar 10-100 juta ton karbon (lihat Gambar 6) (Basu 2005).

Pemerintah Indonesia juga telah menyatakan komitmennya untuk mengurangi emisi gas CO₂ ini sebanyak 26 persen pada tahun 2020. Oleh karenanya, komitmen ini perlu didukung dengan tindakan-tindakan nyata, khususnya di sektor migas dan sektor energi pada umumnya, agar target dapat tercapai sebagaimana yang dikehendaki.

Berbagai macam usaha dan teknologi telah dikembangkan oleh berbagai kalangan untuk mengatasi makin bertambahnya emisi gas CO₂. Konsepsi pengendalian konsentrasi gas CO₂ di atmosfer dikenal sebagai manajemen karbon (*carbon management*). Manajemen karbon adalah suatu portofolio besar yang berisi berbagai strategi untuk mengurangi emisi karbon melalui berbagai cara atau metode, antara lain: penangkapan karbon dan



sekuistrasi (*sequestration*), peningkatan efisiensi penggunaan dan pembangkit energi, penggunaan bahan bakar dengan kandungan karbon rendah, dan penggunaan sumber-sumber energi yang dapat diperbarui. *Carbon sequestration* secara luas merupakan istilah yang digunakan untuk menghilangkan gas CO₂ dari atmosfer baik dengan cara modifikasi agrikultur dan penghutanan kembali maupun dengan teknologi mengurangi emisi gas CO₂ melalui penangkapan (*capture*) dan penyimpanan (*storage*). Penyimpanan gas CO₂ kedalam suatu reservoir geologis merupakan salah satu cara dari *carbon sequestration* (Anonymous 2004, Anonymous 2003).

Kegiatan sektor migas dimulai dari eksplorasi dan produksi (EP), kemudian diikuti dengan distribusi dan pengangkutan minyak mentah, pengolahan,

pengangkutan produk migas, sampai kepada pemasaran dan penggunaannya (lihat Gambar 7) (Rangkuti 2006). Masing-masing tahap kegiatan mempunyai andil dalam mengemisikan gas CO₂, namun jumlah gas CO₂ yang dikeluarkan dari setiap tahap kegiatan tersebut akan sangat berbeda.

Dari penelusuran literatur, terlihat bahwa hampir 90% emisi gas CO₂ dikeluarkan oleh sektor penggunaan bahan bakar migas (y.i., penggunaannya sebagai pembangkit energi, misalnya pembangkit listrik dan kendaraan-mobil, kapal, dan pesawat terbang). Sektor kegiatan pengolahan (*refinery*) menyumbang emisi gas CO₂ hanya sekitar 5%, sedang dari kegiatan hulu dan pengangkutan minyak mentah sekitar 3%, sisanya dari pengangkutan produk minyak sekitar 2% (Desrina 2010).

Dari 5% emisi CO₂ yang berasal dari *refinery* itu kebanyakan berasal dari unit-unit proses pemanas (*process heater*) yaitu sebanyak sekitar 45-50%. Terdapat dua unit proses yang mempunyai andil cukup besar pada emisi gas CO₂, yaitu unit proses perengkahan hidro (*hydrocracking*) dan unit proses perengkahan katalitik (*fluidized-bed catalytic cracking*, FCC). Emisi gas CO₂ dihasilkan terutama dari pembakaran bahan bakar minyak (BBM) di dalam *fired heaters* (sekitar 50%) dan pada *utility boilers* (sekitar 20%).

Pada hakekatnya, suatu kilang minyak mempunyai sejumlah unit pemanas proses yang tersebar di dalam area kilang. Penangkapan gas CO₂ untuk mengurangi emisinya ke udara akan sangat sulit, tidak praktis, dan andaikan dapat dilakukanpun akan sangat mahal. Namun demikian, ada opsi lain yang dapat dilakukan untuk mengurangi emisi gas CO₂ ini. Salah satu cara untuk mengurangi emisi gas CO₂ adalah dengan mengganti bahan bakar yang digunakan pada unit-unit pemanasnya dengan gas alam. Penggunaan gas alam ini dapat mengurangi emisi gas CO₂ hingga 20 persen (Philips 2002).

Pada proses hidro (*hydro-processing*) untuk pemanfaatan (*upgrading*) residu, serta untuk penstabilan produk BBM dan penghilangan senyawa belerang diperlukan gas hidrogen dalam jumlah cukup banyak. Dalam reaksi hidro ini akan dihasilkan gas CO₂. Dengan sendirinya proses hidro ini akan menambah jumlah gas CO₂ yang diemisikan oleh suatu kilang minyak. Sekitar 10 ton gas CO₂ akan dihasilkan dari satu ton hidrogen. Oleh karenanya, gas CO₂ ini harus ditangkap atau dikurangi jumlahnya.

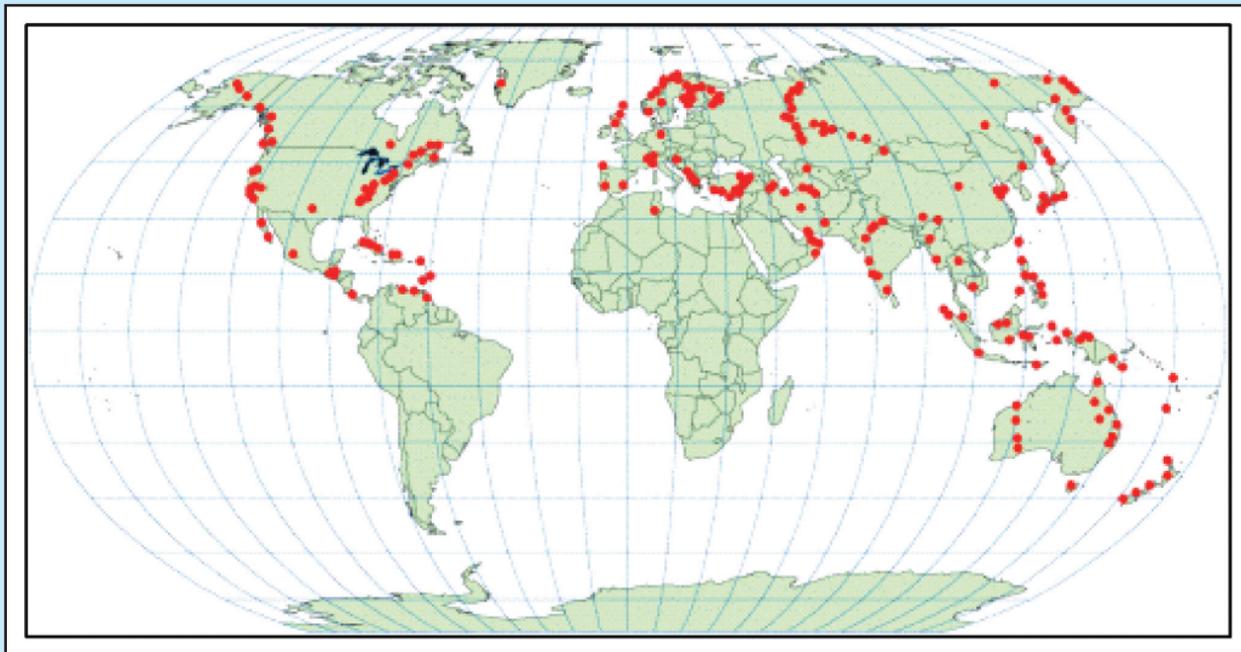
Penangkapan gas CO₂ dari proses hidro ini relatif lebih mudah dibandingkan dengan penangkapan gas CO₂ yang berasal dari unit-unit proses pemanas. Berbagai teknologi cara menangkap gas CO₂ ini sudah banyak tersedia secara komersial (Moore 2005).

Dibandingkan dengan kegiatan hilir, maka pada sektor kegiatan penambangan minyak atau kegiatan hulu, emisi gas CO₂ jumlahnya relatif jauh lebih kecil. Sumber emisi gas CO₂ dari kegiatan hulu terutama adalah dari pembangkit listrik dan suar bakar (*gas flaring*). Suar bakar merupakan tindakan yang biasa dilakukan pada kegiatan produksi minyak bumi terutama untuk tujuan keselamatan. Pada skala global emisi gas yang berasal dari suar bakar hanya mempunyai andil sebesar 1% (lihat Gambar 8) (Desrina & Supriyadi 2008). Walaupun demikian, untuk menjaga lingkungan terutama kontribusinya pada pemanasan global, jumlah suar bakar di lapangan minyak perlu dikurangi.

Dalam kerangka kerja dari GGFR (*Global Gas Flaring Reduction Public Private Partnership*) yang telah dicanangkan pada 2002 di Johannesburg, Pemerintah Indonesia melalui Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi beberapa tahun yang lalu telah menyiapkan kebijakan untuk berperan serta dalam GOGII (*Green Oil and Gas Industry Initiative*) agar industri migas di Indonesia melaksanakan tindakan-tindakan peduli lingkungan. Tindakan ini antara lain dengan mengimplimentasikan *Zero Flare*, *Zero Discharge*, *Clean Air* dan program-program *Go Renewable*. Tindakan *Zero Flare* diantaranya dapat dilakukan dengan menginjeksikan kembali gas terasosianya ke dalam sumur minyak.

Beberapa lapangan minyak dan gas alam, misalnya di daerah Bojonegoro dan Laut Cina Selatan, menghasilkan gas terasosiasi dan gas alam yang mengandung gas CO₂ dalam jumlah yang cukup banyak. Demikian pula halnya gas CO₂ dalam jumlah yang cukup banyak akan dihasilkan oleh pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar fosil. Dengan sendirinya setelah dilakukan proses-proses pemisahan, gas CO₂ ini tidak dapat dilepaskan begitu saja ke udara agar tidak menambah konsentrasi GRK di atmosfer.

Berbagai cara dapat digunakan untuk menangkap (*capture*) dan menyimpan (*storage*) gas CO₂ agar tidak terlepas kembali ke udara. Penangkapan dan penyimpanan gas CO₂ ini disebut dalam satu istilah



Gambar 9
Distribusi batuan kaya magnesium (*magnesium-rich ultramafic rocks*) di dunia

yaitu CO₂ *sequestration* (sikuestrasi). Berbagai cara sikuestrasi CO₂ perlu menjadi pemikiran, misalnya penyimpanan di dalam reservoir minyak dan gas alam yang telah kosong, *coal beds*, lautan, dan sekuestrasi ke dalam lapisan batuan mineral (*mineral sequestration*) (Anonymous 2003, Huijgen & Comans 2003).

Prinsip dasar dari sekuestrasi mineral ini adalah mereaksikan gas CO₂ dengan batuan kalsium dan magnesium sebagaimana reaksi: $(Ca,Mg)O + CO_2 \rightarrow (Ca,Mg)CO_3$. Kelebihan dari sekuestrasi mineral ini adalah kestabilan senyawa karbonat yang terbentuk, sehingga bersifat aman dan permanen. Indonesia termasuk wilayah yang kaya akan batuan mineral ini (lihat Gambar 9) (Anonymous 2003).

Teknik sikuestrasi ini menggunakan teknologi yang cukup mutakhir. Dalam kerangka kerjasama antar Negara, maka di bawah Protokol Kyoto dimungkinkan untuk melaksanakan Mekanisme Pembangunan Bersih (*Clean Development Mechanism*, CDM) bagi negara-negara yang memerlukannya. Dalam kaitan ini negara yang membantu melaksanakan CDM mendapat keuntungan dari *carbon trading*, sedang negara yang dibantu mendapatkan keuntungan dari pencapaian target penurunan emisi gas CO₂-nya.

Dari sekian banyak jenis kegiatan yang

berkaitan dengan industri migas khususnya, energi pada umumnya, maka kegiatan transportasi yang menggunakan bahan bakar fosil merupakan penyumbang terbesar dari emisi gas CO₂. Cara-cara penangkapan emisi gas CO₂ sebagaimana yang telah diuraikan sebelumnya tidak dapat diterapkan pada sektor transportasi. Salah satu cara yang mungkin mudah dilakukan adalah dengan mengganti BBM dengan bahan bakar gas (BBG).

Salah satu usaha pemerintah untuk mengurangi emisi gas yang telah dilakukan adalah dengan menggunakan BBG pada kendaraan umum, bus kota, taksi dan bajai. Usaha ini terutama telah dilaksanakan di Ibukota DKI Jakarta. Sarana penunjang atau infrastruktur dari pengalihan BBM ke BBG ini yang mungkin masih perlu dibenahi.

Secara tidak langsung, cara paling mudah dan “alami” untuk menghilangkan gas CO₂ di udara adalah dengan memelihara pepohonan dan menanam pohon lebih banyak lagi. Pohon, terutama yang muda dan cepat pertumbuhannya, menyerap karbon dioksida sangat banyak, memecahnya melalui fotosintesis, dan menyimpan karbon dalam batang kayunya.

Di seluruh dunia, termasuk Indonesia, perambahan

hutan telah mencapai tingkat yang mengkhawatirkan. Di banyak area, tanaman yang dapat tumbuh kembali sangatlah sedikit sekali karena tanah kehilangan kesuburannya ketika lahan tersebut diubah kegunaannya untuk keperluan yang lain, seperti untuk lahan pertanian atau pembangunan rumah tinggal. Langkah untuk mengatasi hal ini tidak lain adalah dengan penghutanan kembali dan memperluas area hijau di kota-kota besar untuk membantu mengurangi semakin bertambahnya gas rumah kaca terutama gas CO₂.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari permasalahan yang telah diuraikan di atas, baik dari penelusuran pustaka maupun dari ulasan penulis, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

Pemanasan Global bukanlah isu baru, dapat dikatakan bahwa hal ini terjadi sejak adanya revolusi industri. Dampaknya terhadap lingkungan hidup telah terjadi dan terus akan berlanjut pada saat-saat mendatang.

Pemanasan Global diakibatkan oleh meningkatnya gas-gas rumah kaca (GRK) di atmosfer melalui efek rumah kaca. Dari sekian banyak gas-gas yang mempunyai sifat GRK, CO₂ merupakan GRK yang terbesar dalam kontribusinya pada pemanasan global.

Gas CO₂ terutama dihasilkan oleh negara-negara industri, di mana Cina dan Amerika Serikat merupakan penghasil gas CO₂ terbesar, diikuti oleh negara-negara Uni Eropa, India, Federasi Rusia, Jepang dan Kanada.

Secara global, sumber terbesar emisi gas CO₂ berasal dari sektor pembangkit listrik, transportasi, dan industri dengan total sekitar 60%. Sementara dari perumahan dan gedung-gedung perkantoran serta pengelolaan limbah sekitar 10%, sisanya dari kegiatan pertanian dan kehutanan.

Indonesia, Thailand, Filipina, dan Australia termasuk negara penghasil gas CO₂ yang cukup besar bila dibanding dengan negara-negara di Afrika, yaitu termasuk dalam kategori emisi gas CO₂ sekitar 10-100 juta ton karbon.

Pemerintah Indonesia telah menyatakan komitmennya untuk mengurangi emisi gas CO₂ ini

sebanyak 26 persen pada tahun 2020. Komitmen ini perlu didukung dengan tindakan-tindakan nyata, khususnya di sektor migas dan sektor energi pada umumnya, agar target dapat tercapai sebagaimana yang dikehendaki.

Untuk mendukung kebijakan Pemerintah Republik Indonesia ini, berbagai upaya dan usaha telah dan akan terus dilakukan khususnya di sektor industri migas, umumnya di sektor energi, dengan mengimplementasikan *Zero Flare*, *Zero Discharge*, *Clean Air* dan program-program *Go Renewable*.

B. Saran

Salah satu usaha pemerintah untuk mengurangi emisi gas CO₂ di sektor transportasi adalah dengan mengganti bahan bakar minyak (BBM) dengan bahan bakar gas (BBG). Sarana penunjang atau infrastruktur dari pengalihan BBM ke BBG yang dirasakan masih kurang oleh karenanya disarankan perlu dibenahi.

Teknologi sikestrasi untuk menyimpan gas CO₂ di bawah permukaan tanah menggunakan teknologi yang cukup mutakhir. Dalam kerangka kerjasama antar negara, disarankan untuk memanfaatkan program Mekanisme Pembangunan Bersih (*Clean Development Mechanism*, CDM) di bawah Protokol Kyoto. Dalam kaitan ini negara yang membantu melaksanakan CDM mendapat keuntungan dari *carbon trading*, sedang negara yang dibantu mendapatkan keuntungan dari pencapaian target penurunan emisi gas CO₂ nya.

KEPUSTAKAAN

Anonymous, 2009, Kyoto Protocol, Kyoto Protocol to The United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations.

Anonymous, 2013, *Climate Change: Basic Information*, United States of Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/climatechange/>

Anonymous, 2013, *Climate Change - Health and Environmental Effects*, U.S. Environmental Protection Agency, <http://www.EPA Home/Climate Change/Health and Environmental Effects/International Impacts>

Anonymous, 2013, *Global Greenhouse Gas Emissions Data*, EPA Home, *Climate Change, Emissions*, Global Data, Last updated on 06 May 2013; Sumber: IPCC (2007). *Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change. 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. <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemission/>
- Anonymous**, 2013, *Global Greenhouse Gas Emissions Data, EPA Home, Climate Change, Emissions*, Global Data, Last updated on 06 Mei 2013; Sumber: National CO₂ Emissions from Fossil-Fuel Burning, Cement Manufacture, and Gas Flaring: 1751-2008. <http://www.epe.gov/climatechange/ghgemission/>
- Anonymous**, 2013, *National Green-house Gas Emissions Data*, US Environmental Protection Agency, <http://www.epa.gov/Home/ClimateChange/Emissions/NationalData>
- Anonymous**, 2004, *Assessment of geologic reservoirs for carbon dioxide sequestration*, CO₂ Sequestration Project Description, USGS, http://energy.er.usgs.gov/projects/co2_sequestration/co2_definitions.htm
- Anonymous**, 2003, *Energy research Centre of the Netherlands (ECN)*, P.O. box 1, 1755 ZG Petten, ECN /Clean Fossil Fuels/ Research areas/ Climate neutral energy supply/ Mineral CO₂ sequestration/ Background
- Anonymous**, 2003, *CO₂ sequestration*, Energy research Centre of the Netherlands (ECN), P.O. box 1, 1755 ZG Petten. [http://www.ECN/CleanFossilFuels/Researchareas/Climate neutral energy supply/Mineral CO₂ sequestration< CO₂ sequestration](http://www.ECN/CleanFossilFuels/Researchareas/Climate%20neutral%20energy%20supply/MineralCO2sequestration%20CO2sequestration)
- Anonymous**, 2003, *Mineral CO₂ sequestration -general*, Energy research Centre of the Netherlands (ECN), P.O. box 1, 1755 ZG Petten. [http://www.ECN/CleanFossil Fuels/ Research areas/Climate neutral energy supply/ Mineral CO₂-sequestration – General](http://www.ECN/CleanFossilFuels/Researchareas/Climate%20neutral%20energy%20supply/MineralCO2-sequestration-General)
- Basu, P.**, 2005, *Third World bears brunt of global warming impacts*, University of Wisconsin-Madison, USA. <http://www.news.wisc.edu>
- Desrina, R.**, 2010, *Contribution of Refinery Carbon Dioxide Emission to Global Warming*, Lemigas Scientific Contributions to Petroleum Science and Technology, ISSN 0126-3501, Vol. 33, No. 2, pp. 151-154, Lemigas Research and Development Centre for Oil and Gas Technology, Jakarta.
- Desrina, R.**, and **Supriyadi**, 2008, *Study on Zero Flare Policy for Oil and Gas Exploration and Production Industry in Indonesia*, Lemigas Scientific Contributions to Petroleum Science and Technology, ISSN 0126-3501, Vol. 31, No. 3, pp. 16-20, Lemigas Research and Development Centre for Oil and Gas Technology, Jakarta.
- Huijgen, W.J.J.** and **R.N.J. Comans**, 2003, *Carbon dioxide sequestration by mineral carbonation*, Literature Review, ECN-C--03-016, ECN-Clean Fossil Fuels Environmental Risk Assessment, Energy research Centre of the Netherlands (ECN), P.O. box 1, 1755 ZG Petten.
- Moore, I.**, 2005, *Reducing CO₂ emissions*, AspenTech UK Ltd, European services organization, <http://www.eptq.com>
- Lesmana, T.**, 2007, *Pemanasan Global, Energi Alternatif, dan Kemiskinan*, Pusat Penelitian Ekonomi LIPI, http://www.republika.co.id/Cetak_detail.asp?id=310849&kat_id=16
- Phillips, G.**, 2002, *CO₂ Manangement in Refineries, Technology Manager Refining*, E. Hemisphere Foster Wheeler Energy Limited, Reading, UK, Gasification V, Noordwijk, Holland.
- Rangkuti, Z.**, 2006, *Potensi CDM (Clean Development Mechanism) dalam Penurunan Gas Buang (Flaring Gas) Sektor Migas (Minyak dan Gas) di Indonesia*, Makalah Pengantar Falsafah Sains (PPS702), Program Pasca Sarjana / S3, Institut Pertanian Bogor, Bogor.