

GAS CO₂ DI WILAYAH INDONESIA

Toni Samiaji

Peneliti Bidang Komposisi Atmosfer, LAPAN
e-mail: toni_s@bdg.lapan.go.id/tonisamiaji@gmail.com

RINGKASAN

Pemanasan global sebagai indikasi perubahan iklim diisukan sebagai akibat dari bertambahnya gas rumah kaca. Gas rumah kaca yang paling banyak menjadi perhatian adalah CO₂. Perubahan konsentrasi gas CO₂ di atmosfer yang merupakan bagian dari siklus karbon penting untuk diteliti. Indonesia sebagai negara yang telah meratifikasi protokol Kyoto, dipandang perlu untuk menginformasikan keadaan gas CO₂. Emisi maupun konsentrasi gas CO₂ di Indonesia cenderung naik, tetapi Indonesia masih mempunyai penyerap gas CO₂ yaitu hutan dan lautan. Emisi gas CO₂ di Indonesia mengalami peningkatan, tetapi tidak semua daerah di Indonesia mengalami perubahan iklim. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa Jakarta mengalami peningkatan intensitas curah hujan tetapi Kototabang justru sebaliknya mengalami penurunan. Selanjutnya dari sisi kesetimbangan emisi dan penyerapan gas CO₂ di Indonesia, Pulau Jawa merupakan wilayah yang mengemisikan gas CO₂ sedangkan Pulau Irian yang menyerap gas CO₂.

1 PENDAHULUAN

Sudah menjadi pengetahuan umum bahwa perubahan iklim diakibatkan terjadinya pemanasan global. Sedangkan pemanasan global diisukan sebagai akibat dari bertambahnya gas rumah kaca.

Pemanasan global adalah makin panasnya udara di sekeliling kita bila dibandingkan dengan beberapa dekade sebelumnya. Pemanasan global diakibatkan oleh bertambahnya gas rumah kaca seperti CO₂, metan, N₂O, CFC, HFCs, SF₆ di lapisan troposfer. Mengapa disebut gas rumah kaca, karena gas-gas ini bersifat seperti efek rumah kaca yakni memantulkan kembali radiasi dari Bumi kembali ke Bumi. Sebenarnya gas rumah kaca itu diperlukan untuk memelihara suhu di Bumi agar tetap hangat dan memungkinkan berbagai organisme untuk tetap hidup, karena tanpa gas rumah kaca suhu di Bumi bisa menjadi -18°C dan mungkin hampir tak ada kehidupan, sedangkan

dengan adanya gas rumah kaca suhu rata-rata di Bumi menjadi 15°C. Namun bila jumlah gas rumah kaca ini terlalu banyak maka bisa berdampak negatif, suhu Bumi menjadi tinggi sehingga akan menyebabkan pencairan gunung es yang ada di kutub utara dan kutub selatan. Sebagai akibatnya permukaan air laut akan menjadi tinggi dan pulau-pulau dengan dataran yang rendah (umumnya pulau-pulau kecil) akan tenggelam, sedangkan pulau-pulau yang datarannya agak tinggi (umumnya pulau-pulau besar) akan terjadi penyusutan pantai.

Pemanasan global merupakan salah satu indikasi dari perubahan iklim. Perubahan iklim diindikasikan dengan bergesernya musim hujan dan kemarau, perubahan curah hujan, perubahan suhu untuk beberapa periode 30 tahunan. Sebagai contoh daerah yang mengalami perubahan iklim yakni Perth, parameter iklimnya yang mengalami pergeseran adalah

curah hujan, jumlah hari hujan dan lama pancaran Matahari. Kemudian bulan terjadinya jumlah hari hujan minimum, curah hujan maksimum dan minimum, minimum daripada suhu minimum, lama pancaran Matahari maksimum, jumlah hari cerah minimum dan jumlah hari berawan minimum mengalami pergeseran. Tetapi ada juga parameter iklim yang tidak mengalami perubahan bulan kejadiannya dalam setahun yakni jumlah hari hujan maksimum, maksimum dan minimum daripada suhu maksimum, lama pancaran Matahari minimum, jumlah hari cerah maksimum, jumlah hari berawan maksimum, dan kelembaban udara, kecepatan angin, suhu udara pada jam 9:00 pagi [Toni S., 2010].

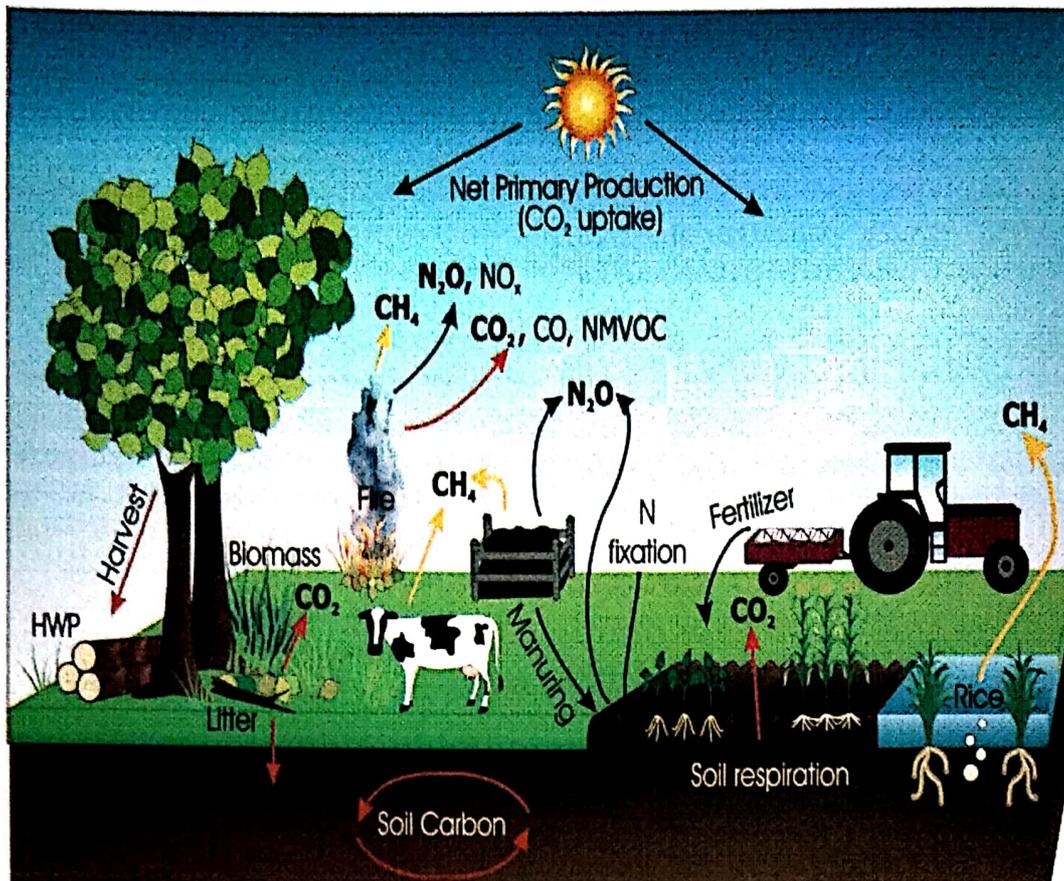
Saat ini pemerintah telah membentuk Dewan Nasional Perubahan Iklim (DNPI) yang bertugas mengelola kebijakan nasional menyangkut perubahan iklim. Dewan ini dibentuk melalui Keppres 46/2008 dengan Ketuaanya Presiden RI, Wakil Ketuaanya Menko-kesra dan Menko Perekonomian serta Menneg LH sebagai Ketua Harian. Tugas DNPI tersebut yakni merumuskan kebijakan nasional tentang perubahan iklim, mengkoordinasi kegiatan terkait perubahan iklim meliputi aspek adaptasi, mitigasi, alih teknologi dan pendanaan. Selain itu, DNPI bertugas merumuskan peraturan dan mekanisme perdagangan karbon, melaksanakan pemantauan dan evaluasi implementasi kebijakan tentang pengendalian perubahan iklim. DNPI juga bertugas memperkuat posisi Indonesia untuk mendorong negara maju agar lebih bertanggung jawab dalam perubahan iklim [www.inilah.com, 2010].

Dalam isu perubahan iklim, gas CO₂ sebagai bagian dari gas rumah kaca memegang peranan penting dalam mengontrol suhu permukaan Bumi dibanding gas rumah kaca lainnya, karena meskipun mempunyai indeks pemanasan global yang paling kecil tetapi konsentrasinya adalah yang paling besar setelah uap air sehingga kontribusinya terhadap perubahan suhu adalah yang paling dominan dibanding gas rumah kaca lainnya. Uap air meskipun konsentrasinya yang paling besar tetapi uap air mudah menjadi air, sedangkan gas CO₂ mempunyai waktu hidup di atmosfer yang panjang yakni sekitar puluhan ribu tahun (Daniel, 1999), sehingga penting untuk dikaji lebih dalam.

2 SUMBER EMISI GAS CO₂

Sumber gas CO₂ adalah dari pembakaran bahan bakar, pembakaran biomasa, pernafasan makhluk hidup, tumpukan sampah, letusan gunung berapi, kebakaran hutan, pengeringan lahan gambut, pabrik ketika memproduksi ammonia, semen, etanol, hydrogen, besi baja bahkan dari lahan pertanian, baik dari tanahnya maupun dari tanaman itu sendiri, hanya saja tanaman tidak hanya mengeluarkan gas CO₂ pada malam hari tetapi juga menyerap CO₂ pada siang hari.

Pada Gambar 2-1 ditunjukkan emisi gas CO₂ dan sebagian dari gas rumah kaca lainnya dari respirasi tanah, pembakaran biomasa dan pembusukan sampah organik. Sektor pertanian yakni dari sawah dan ternak mengemisikan 87 % GRK dari seluruh gas rumah kaca. Bila emisi GRK tidak dikendalikan dikuatirkan suhu udara bertambah 6.5°C setelah seratus tahun lagi.



Gambar 2-1: Siklus gas rumah kaca di lahan pertanian dan ternak (Sumber : IPCC, 2006)

3 PENELITIAN MENGENAI GAS CO₂

Konsentrasi karbon dioksida (CO₂) global (permukaan) di atmosfer telah meningkat sejak dimulainya revolusi industri karena pertumbuhan pesat aktivitas manusia. Saat ini telah cukup bukti ilmiah yang menunjukkan bahwa meningkatnya konsentrasi CO₂ di atmosfer adalah penyebab utama perubahan global dan perubahan iklim (IPCC, 2007). Konsentrasi gas CO₂ pada masa pra-industri sebesar 278 ppm sedangkan pada tahun 2005 adalah sebesar 379 ppm. Akibat yang ditimbulkan dari perubahan ini adalah temperatur global naik 0.74°C, selain itu telah terjadi kenaikan air laut sebesar 0.17 m, kemudian telah terjadi pengurangan tutupan salju sebesar 7 % di belahan Bumi utara dan sungai-sungai akan lebih lambat membeku (5.8

hari lebih lambat daripada 1 abad yang lalu) serta mencair lebih cepat 6.5 hari. Jika konsentrasi CO₂ adalah stabil sekitar 550 ppm (2 kali lipat dari masa pra industri), maka diperkirakan terjadi peningkatan suhu sekitar 3°C. Naiknya konsentrasi CO₂ ini tergantung dari naiknya jumlah populasi, pertumbuhan ekonomi, perkembangan teknologi dan faktor lainnya. Menurut *United Nations Framework Convention on Climate Change*, jika peningkatan suhu global melebihi 2.5°C, maka 20%-30% spesies tumbuhan dan hewan akan terancam kepunahan (UNFCCC, 2007). Akibat lain adalah peningkatan presipitasi di lintang rendah (daerah tropis) dan pengurangan presipitasi di lintang tinggi (daerah sub-tropis).

Jumlah CO₂ di atmosfer tidak hanya dipengaruhi oleh emisi CO₂

antropogenik saja tetapi dipengaruhi juga oleh pertukaran CO₂ dengan kedua sumber utama karbon yaitu biosfer daratan dan lautan (WMO, 2006). Variasi spasial dan temporal konsentrasi CO₂ di atmosfer mengandung informasi tentang sifat dasar dan karakteristik dari proses pertukaran CO₂ antara atmosfer dan biosfer daratan serta lautan (Machida et al., 2007).

Dari hasil penelitian penulis, konsentrasi CO₂ permukaan di Indonesia dari tahun 2004 hingga 2010 mengalami peningkatan dari 373 menjadi 383 ppm, demikian juga yang terjadi di lapisan troposfer, menurut Ninong (2010) cenderung naik dari September 2002 hingga Juli 2010. Dengan adanya trend konsentrasi CO₂ pada ketinggian 500hPa tersebut, diperlihatkan pula adanya kenaikan suhu udara pada 1000 hPa [Ninong, 2010]. Kedua data ini berasal dari sensor Airs satelit Aqua milik NASA. Kemudian yang total kolom CO₂ pun dari tahun 2003 hingga 2005 mengalami peningkatan dari $6,2 - 6,8 \times 10^{21}$ hingga $6,3 - 6,8 \times 10^{21}$ molekul/cm² (Toni S. dkk, 2010).

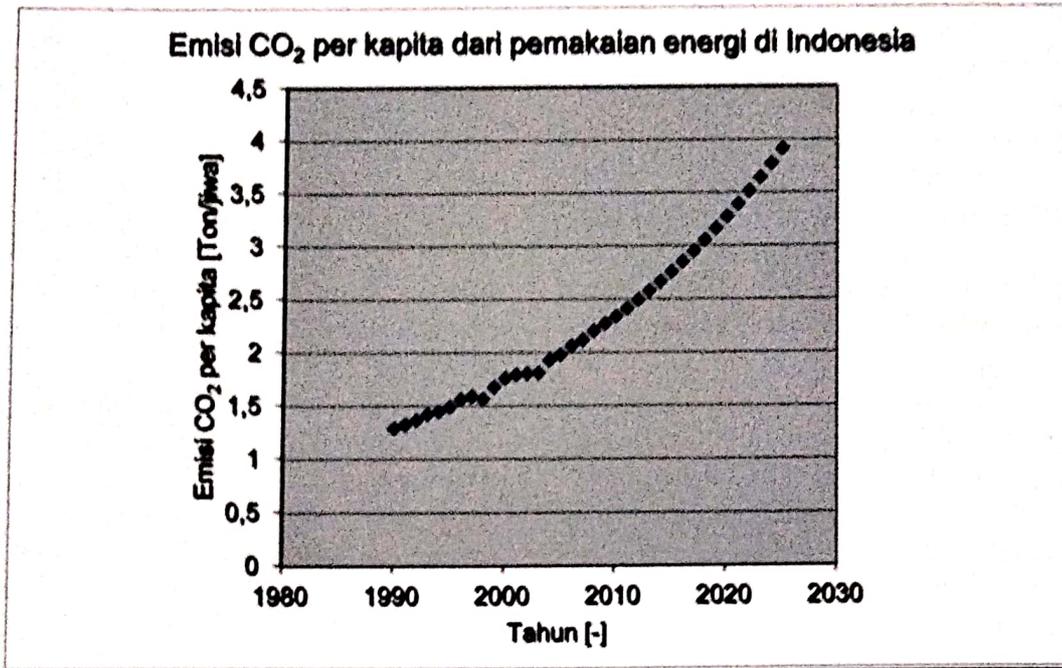
Indonesia cukup besar mengemisikan gas CO₂ dari sumber antropogenik termasuk kebakaran biomasa pada tahun 2000 dibanding negara lain di Asia yakni menempati urutan ke 4 setelah Cina, India dan Jepang yakni sebesar 587,400 (DG Street dkk, 2003).

Eddy H dkk., 2008, menyatakan bahwa sejak tahun 1990 telah terjadi laju kenaikan emisi CO₂ yang cukup signifikan di atas wilayah Indonesia. Yang menarik adalah bahwa laju kenaikan ini tidak diikuti oleh naiknya laju intensitas curah hujan pada kawasan yang diamati, seperti Kototabang. Sementara kota Jakarta memiliki respon

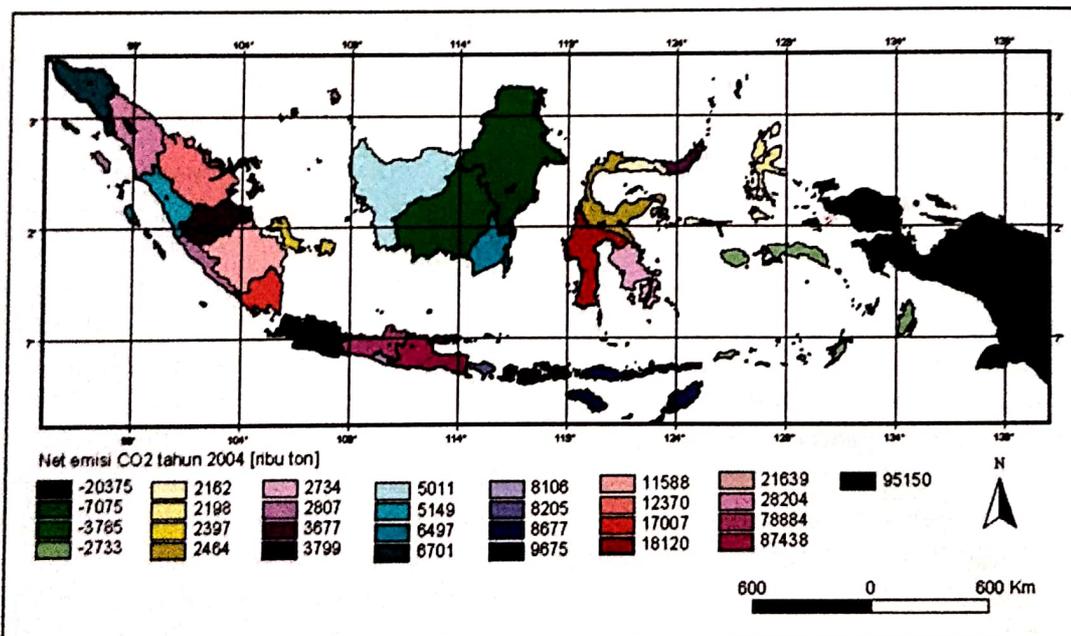
yang positif dalam hal meningkatnya emisi CO₂ di Indonesia, yakni ditandai dengan adanya peningkatan intensitas curah hujan yang terjadi bersamaan dengan meningkatkan emisi CO₂ di tahun 1989. Ini memberikan pengertian bahwa kota industri dan polusi seperti Jakarta sangat berpotensi menerima dampak dari pemanasan global, bila dibandingkan dengan kota-kota yang masih relatif bersih seperti Kototabang.

Emisi CO₂ dari pengeringan lahan gambut dan kebakaran gambut serta kebakaran hutan di Sumatera dan Kalimantan tiap tahun mencapai 2 milyar ton, demikian hasil penelitian Wetlands International, organisasi yang bergerak di bidang pelestarian dan pengelolaan lahan basah di dunia, serta laboratorium hidrolika di Delft, Belanda. Meskipun kebakaran hutan dan gambut dapat dikembalikan, tetapi bila terjadi pengeringan lahan gambut atau tanah biasa maka CO₂ akan terus diemisikan, oleh karena itu jalan satu-satunya agar tidak terjadi emisi CO₂ adalah dengan mengairi tanah-tanah agar tidak mengering.

Pemakaian energi mutlak diperlukan karena kita dalam kehidupan sehari-hari selalu menggunakan energi. Menurut buku Indonesia Energy Outlook & Statistics 2004 yang diterbitkan oleh Pengkajian Energi Universitas Indonesia, emisi gas CO₂ per kapita ditunjukkan oleh Gambar 3-1. Dari gambar ini terlihat bahwa emisi gas CO₂ per kapita cenderung meningkat. Dengan meningkatnya emisi CO₂ per kapita dari tahun ke tahun, ini menunjukkan bahwa orang Indonesia semakin boros dalam pemakaian energi. Ini dimungkinkan dengan bertambahnya kesejahteraan per jiwa.



Gambar 3-1: Emisi CO₂ per kapita dari pemakaian energi di Indonesia dengan metode IPCC (Sumber: PEUI, 2006)



Gambar 3-2: Emisi gas CO₂ total tahun 2004 dalam ribu ton (Sumber : Samiaji, 2010)

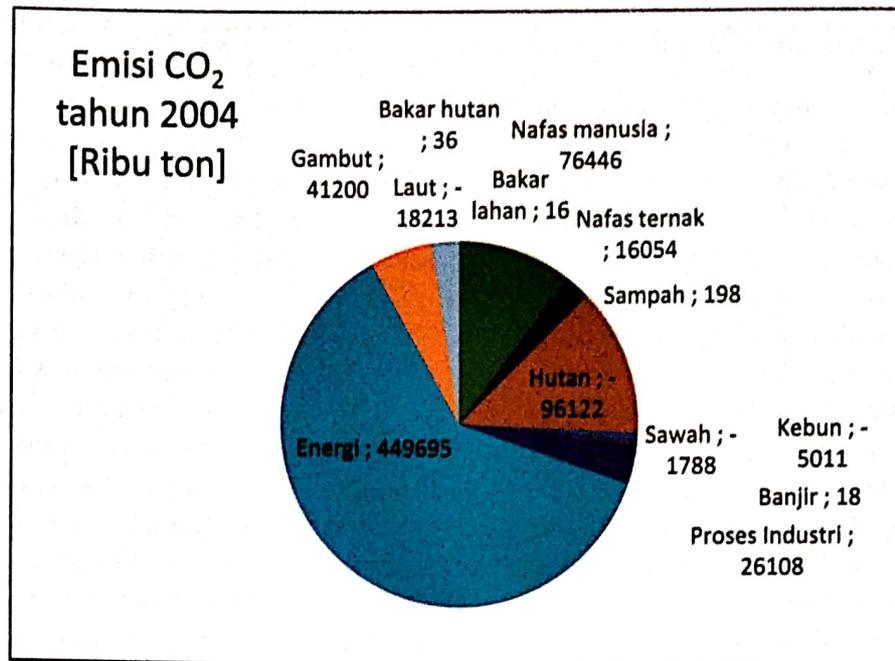
Bila semua sumber emisi gas CO₂ misalnya dari nafas manusia, ternak, hutan, kebun, sawah, kebakaran lahan, kebakaran hutan, banjir, sampah dan pemakaian energi dijumlahkan kemudian dikurangi penyerapan gas CO₂ oleh hutan, sawah dan kebun dipetakan tiap provinsi maka dapat dilihat pada

Gambar 3-2. Dari gambar ini kita bisa melihat bahwa emisi gas CO₂ total ini nilainya ada yang positif dan ada yang negatif. Nilai yang negatif maksudnya adalah terjadi penyerapan gas CO₂, sedangkan yang positif adalah terjadi emisi gas CO₂. Jadi menurut gambar ini provinsi yang paling banyak meng-

emisikan gas CO₂ adalah provinsi Jawa Barat (termasuk Banten) yakni 95 juta ton, sedangkan provinsi yang paling banyak menyerap gas CO₂ adalah Papua (termasuk Papua Barat) yakni 20 juta ton. Namun apabila kita menghitung kesetimbangan gas CO₂ di Indonesia, maka akan terlihat pada Tabel 3-1. Dari tabel ini kita bisa melihat bahwa emisi gas CO₂ itu bisa dari alam (manusia, ternak, gambut, sampah, banjir) maupun non alam (energi, proses industri), sedangkan yang menyerap gas CO₂ pada tabel ini yang ditampilkan hanyalah dari alam yakni dari hutan, kebun, sawah dan laut. Sebenarnya pada proses industri gas CO₂ bisa ditangkap kemudian dibentuk menjadi CO₂ cair untuk keperluan industri minuman, atau disuntikkan ke dalam tanah atau air laut. Bagaimanapun dari Tabel 3-1 ini kita bisa melihat bahwa emisi gas CO₂ adalah lebih besar daripada penyerapannya, meskipun pada tabel ini penyerapan yang dilakukan akibat dari kegiatan penghijauan kota-kota belum dimasukkan karena tidak ada datanya. Selain itu emisi gas CO₂ dari proses industri yang dihitung hanya berasal dari produksi urea, semen dan amoniak saja, sedangkan dari produksi gelas, keramik dan yang lainnya karena keterbatasan waktu tidak dihitung.

Dari Gambar 3-3 juga kita bisa melihat bahwa penyerapan gas CO₂ di Indonesia oleh hutan, kebun, dan sawah adalah lebih besar daripada penyerapan oleh laut. Hal ini sesuai dengan penelitian Tans dkk (1990), bahwa penyerapan

CO₂ oleh daratan adalah lebih besar daripada lautan. Selain dengan observasi mereka juga dengan menggunakan model GCM melihat bahwa sudut kemiringan konsentrasi CO₂ di belahan Bumi utara dan selatan dapat dipertahankan apabila penyerapan CO₂ di belahan Bumi utara lebih besar daripada di selatan (Tans dkk, 1990). Memang untuk penyerapan CO₂ bisa dilakukan dengan berbagai cara diantaranya penanaman hutan yang gundul (kegunaan hutan selain menyerap CO₂ juga sebagai resapan air hujan sehingga tidak terjadi longsor dan banjir bandang), pencegahan penebangan hutan secara liar, penghijauan di kota-kota, mendaur ulang sampah, pembuatan taman di rumah/kantor, penyuntikan gas CO₂ ke dalam tanah, penyuntikan CO₂ cair ke dalam laut (Toni S., 2009), selain itu lautan juga dengan adanya *phyto plankton* (tumbuhan mikro) dan ganggang ikut menyerap gas CO₂, kemudian pemilihan energi alternatif yang lebih ramah lingkungan atau menambahkan teknologi penyerapan CO₂ saat proses industri berlangsung seperti yang dilakukan oleh Mohammad R. M. Abu-Zahra dan kawan-kawan yakni dengan melarutkan gas CO₂ pada larutan 40 % monoethanolamine (MEA) pada pembangkit tenaga listrik (Mohammad dkk, 2007). Mereka berhasil menyerap 0,3 mol CO₂ untuk penggunaan 1 mol MEA, bila dihitung biayanya ini relevan dengan untuk menyerap gas CO₂ 1 ton dibutuhkan biaya 33 €.



Gambar 3-3: Emisi gas CO₂ di Indonesia tahun 2004
 Keterangan: nilai negatif menunjukkan penyerapan, sedangkan nilai positif menunjukkan emisi gas CO₂

3 PENUTUP

Emisi dan konsentrasi gas CO₂ di Indonesia cenderung naik, akan tetapi masih mempunyai penyerap gas CO₂ sebagai penyeimbang ekosistem. Penyerap ini berupa hutan dan lautan yang keberadaannya harus dilestarikan. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa emisi gas CO₂ di Indonesia meningkat, tetapi tidak semua daerah di Indonesia mengalami perubahan iklim akibat peningkatan ini. Peningkatan curah hujan sebagai indikasi perubahan iklim menunjukkan bahwa Jakarta mengalami peningkatan intensitas curah hujan tetapi Kototabang justru sebaliknya mengalami penurunan. Selanjutnya dari sisi kesetimbangan emisi dan penyerapan gas CO₂ di Indonesia, Pulau Jawa merupakan wilayah yang mengemisikan gas CO₂ sedangkan Pulau Irian yang menyerap gas CO₂. Keberhasilan dalam menekan laju emisi gas CO₂ di Indonesia sangat tergantung dari sikap kita masing-masing dalam memandang nilai sebuah kenyamanan kehidupan di Bumi.

DAFTAR RUJUKAN

- Daniel J., 1999. *Introduction to Atmospheric Chemistry*. Princeton University Press. pp. 25-26. ISBN 0-691-00185-5. <http://www-as.harvard.edu/people/faculty/djj/book/>.
- Hermawan E., Trismidiyanto dan Samiaji T., 2008. *Perilaku Curah Hujan di atas Beberapa Kawasan Indonesia pada saat Emisi Karbondioksida (CO₂) Meningkat Secara Drastis*, Prosiding Seminar Nasional Polusi Udara dan Ozon, p. 152, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional, 22 Oktober, Bandung.
- [Http:// www.inilah.com](http://www.inilah.com), unduh tahun 2010.
- IPCC (Intergovernmental panel on Climate Change), 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*.
- IPCC Climate Change, 2007. *The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the*

- Intergovernmental Panel on Climate Change.
- Machida, T, H. Matsueda and Y. Sawa, 2007. *CONTRAIL Comprehensive Observation Network for TRace gases by AirLiner*, Igactivities, No. 37, page 23-30.
- Mohammad R.M. Abu-Zahra, John P.M. Niederer, Paul H.M. Feron and Geert F. Versteeg, 2007. *CO₂ Capture from Power Plants: Part II. A Parametric Study of the Economical Performance Based on Mono-ethanolamine*. International Journal of Greenhouse Gas Control Volume 1, Issue 2, Pages 135-142, April 2007.
- Ninong Komala., 2010. *Variasi Temporal Konsentrasi Karbon dioksida (CO₂) dan Temperatur di Indonesia Berbasis Data Observasi Aqua-AIRS*, Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer I 2010 ISBN: 978-9779-1458-38-2 LAPAN, Bandung - Oktober 2010.
- PEUI, 2006. *Indonesia Energy Outlooks and Statistics 2006*.
- Streets, D.G., Bond, T.C., Carmichael, G.R., Fernandes, S.D., Fu, Q., He, D., Klimont, Z., Nelson, S.M., Tsai, N.Y., Wang, M.Q., Woo, J.H. and Yarber, K.F. 2003. An inventory of gaseous and primary aerosol emissions in Asia in the year 2000, *J. Geophys. Res.*, *In press*.
- Tans, P.P., Fung I.Y., and Takahashi T., 1990. *Observational Constraints on the Global Atmospheric CO₂ Budget*. Science, 247, 1431-1439, doi:10.1126/science.247.4949.1431.
- Toni Samiaji, dan Sinatra T., 2010. *Analisis Emisi Gas CO₂ di Indonesia*, Prosiding Seminar Nasional Sains Atmosfer I 2010, Lapan, 16 Juni 2010, Bandung.
- Toni Samiaji, Komala N., Ginanjar A. N., Sinatra T., Awaludin A., Latief C., Aditya E. dan Suherman H., 2010. *Inventori Emisi dan Konsentrasi Gas Rumah Kaca di Indonesia, Sebagai Bahan Kebijakan Perubahan Iklim Nasional*, evaluasi akhir program diknas 2010, Jakarta, Lapan.
- Toni Samiaji, Martono dan Mugni H., 2009. *Beban Pencemaran Metan dan CO₂ dari Sampah di kota-kota di Indonesia*, prosiding seminar nasional polusi udara dan ozon, Lembaga Penerbangan Antariksa Nasional (LAPAN), Bandung.
- Toni Samiaji, 2009. *Upaya mengurangi CO₂ di atmosfer*, Berita Dirgantara, vol. 10, No.3, Lapan, September 2009, Jakarta.
- Toni Samiaji, 2010. *Sebaran Emisi Gas CO₂ di Indonesia*, Prosiding seminar Penerbangan dan Antariksa 2010, Lapan.
- UNFCCC, 2007. *National greenhouse gas inventory data for the period 1990-2005*.
- WMO, *Green House Gas Bulletin*, No. 1, 14 March 2006.