

PERBEDAAN SEBARAN KARBON PADA ATMOSFER PERMUKAAN DAN MENENGAH BULAN DESEMBER 2007 HASIL PENGUKURAN PROFIL VERTIKAL CO₂ DI WATUKOSEK

Chunaeni Latief

*Bidang Jizon Polud PUSFATSATKLIM LAPAN
Jl. Dr. Djundjunaan 133, Bandung 40173, tel 022-6037445,
e-mail: chunaeni@yahoo.com*

ABSTRAKSI

Didalam makalah ini dipaparkan pengukuran CO₂ dari peluncuran wahana balon sampai ketinggian 6.300 m. Tujuan penelitian ini untuk menganalisis karakteristik CO₂ vertikal, sebaran dan perbedaan karbon di atmosfer permukaan dan menengah di Watukosek. Analisis kuantitatif yang digunakan dengan perhitungan massa atmosfer dan CO₂ dari metode Trenbert dan siklus karbon Houghton dan Hacker. Diperoleh konsentrasi CO₂ (52 m dpl) rerata 345,9 ppm dan ketinggian 6.300 m 208,5 ppm dengan perbedaan karbon antara atmosfer bawah dan menengah 316,305 PgC dan perbedaan level yang sama saat gondola jatuh dengan jarak 5000 m sebelah timur Watukosek diperoleh perbedaan kandungan karbon pada 350 m dpl adalah 36,26 PgC.

1. PENDAHULUAN

Gas rumah kaca (GRK diantaranya CO₂) adalah gas-gas di atmosfer yang memiliki kemampuan untuk menyerap dan memantulkan kembali radiasi matahari yang dipancarkan n bumi, yang akan menyebabkan suhu atmosfer bumi meningkat. Gas CO₂ dihasilkan dari berbagai kegiatan manusia dan alam, terutama kegiatan yang menggunakan bahan bakar fosil, seperti penggunaan kendaraan bermotor, kegiatan industri, kebakaran hutan, gunung berapi dan sebagainya.

1.1. Latar Belakang

Dekade akhir ini gas CO₂ semakin meningkat terutama terhadap kontribusi pemanasan global¹⁾. Dampak peningkatan GRK, terjadinya perubahan iklim dengan munculnya fenomena anomali atmosfer seperti : hujan lebat namun singkat, es di kedua kutub mencair yang meningkatkan air laut (lihat Table 1.1) dan gelombang pasang, badai (puting beliung), kerusakan terumbu karang dsb. Pada tabel 1.1. dapat dilihat dampak perubahan konsentrasi CO₂ di atmosfer terhadap perubahan suhu dan kenaikan permukaan air laut.

Tabel 1.1. Kenaikan CO₂ dengan perubahan suhu dan kenaikan muka air laut¹⁾

Tahun	CO ₂ (ppm)	Perubahan Suhu Global (°C)	Kenaikan muka Air Laut (cm)
1990	354	0	0
2000	367	0,2	2
2050	463 - 623	0,8 - 2,6	5 - 32
2100	478 - 1.099	1,4 - 5,8	9 - 88

Sumber : skenario IPCC (2001)

Pada kenyataannya konsentrasi CO₂ di atmosfer telah mengalami peningkatan dari era pra industri (tahun 1750) yaitu 280 ppm menjadi 378 ppm (2005). Peningkatan ini dipicu oleh pemakaian bahan bakar fosil (BBM) untuk energi (industri dan transportasi). Demikian juga di Indonesia proyeksi konsumsi energi seluruh sektor sampai tahun 2070 terjadi peningkatan yang signifikan terutama decade akhir ini (lihat Table 1.2., ADB, 1994 dari KLH , National Action Plan on Climate Change 1999)²⁾.

Tabel 1.2. Proyeksi emisi GRK dari konsumsi energy in seluruh sektor sampai tahun 2070 (ADB, 1994) dalam (Gg = 10⁹ gram)³⁾

GRK	1998	2010	2019	2070
CO ₂	32.889	62.625	81.153	89.099
CH ₄	408	1.495	1.862	5.987
N ₂ O	6	11	14	51

Tabel 1.2 menunjukkan bahwa prediksi GRK dari tahun ke tahun semakin meningkat, terlebih CO₂, karena pemakaian energi dengan karbon tinggi. Pemakaian energi dengan karbon rendah dan teknologi ramah karbon sangat membantu mengurangi terjadinya perubahan iklim seperti: energi angin, energi air, energi nuklir maupun energi surya atau energi yang dapat diperbaharui serta bahan bakar biodiesel. Salah satu cara yang cukup baik adalah memanaj karbon, yaitu melalui penangkapan atau penyimpanan karbon.

1.1. Tujuan dan Sasaran

Tujuan pemaparan ini mrnganalisis hasil pengukuran CO₂ vertikal dari instrumen pengukur CO₂ yang dikembangkan oleh

Bidang Jison Polud LAPAN dan telah dilakukan pengukuran konsentrasi CO₂ di Watukosek pada Desember tahun 2007. Dari data tersebut di atas dapat dianalisis perubahan karbon di atmosfer bawah dan menengah. Adapun sasarannya adalah meng-analisis profil vertical CO₂.

1.2. Metodologi

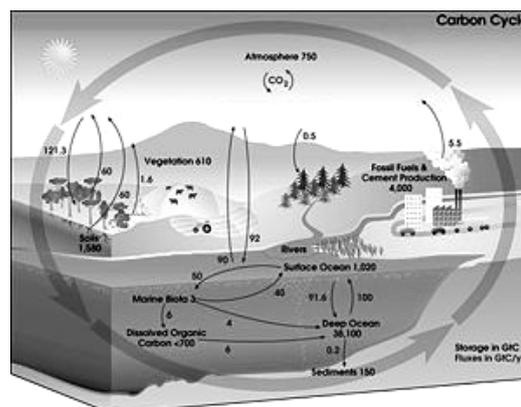
Metode yang dilakukan dalam percobaan ini adalah: 1. Pengukuran CO₂ secara vertical dengan alat hasil pembuatan dan pengembangan sendiri. 2. Analisis kuantitatif dan kualitatif hasil percobaan yang dilakukan di Watukosek Jawa Timur dengan menghitung perbandingan massa atmosfer dengan karbon pada atmosfer bawah dan menengah (di atas boundary layer). Selanjutnya dilihat perbedaan karbon di jalur lintasan sensor CO₂.

2. LANDASAN TEORI

Pelemparan karbon ke atmosfer dari tahun ke tahun semakin meningkat, terutama dari konsumsi energi dengan limbah dalam bentuk CO₂. Muncul permasalahan bagi Indonesia bagaimana mempertahankan kondisi CO₂, agar tetap aman dan stabil bagi dunia, karena Indonesia telah meratifikasi Kyoto Protokol. Meningkatnya karbon di atmosfer ini, perlu dilakukan penangkapan atau pengurangan karbon (CO₂) baik secara aktif maupun pasif. Penangkapan dan penyimpanan karbon di alam ini dapat dilakukan melalui penyimpanan di atmosfer, biosfer, daratan maupun lautan sehingga peningkatan CO₂ akan dapat direduksi atau diperlambat. Hal ini dapat dilakukan melalui pemeliharaan dan penyempurnaan proses atau bagaimana skenario atau teknik penurunan karbon.

Salah satu perbaikan proses penangkapan level karbon yaitu melalui penyempurnaan siklus karbon di alam ini dengan menggapai CO₂ dari atmosfer melalui vegetasi (tetumbuhan) dan menyimpannya dalam bentuk kayu atau biomassa dan tanah, serta di laut yang menyuburkan fitoplankton dengan nutrisi dan menginjeksikan CO₂ sampai ke kedalaman 1000 m (www.google.com, 2007) dan tanah. Penangkapan karbon di tanah melalui pengembangan mikroba yang menghasilkan fuel seperti metana dan gugus hydrogen dengan karbon yang menyusun bahan bakar fosil dan batubatuan seperti batubara dan gambut sebanyak ~70 juta GtC. (lihat Gambar 2.1).

Apa yang disebut siklus karbon yaitu siklus biokimia dari karbon yang terjadi di alam ini dengan proses bagaimana karbon diubah ke biosfer, geosfer, hidrosfer, dan atmosfer bumi.



Gambar 2.1. Siklus karbon di alam ini dalam tahun 2004 (Wikipedia, 2007)⁴⁾

Dalam siklus karbon (Gambar 2.1), angka menunjukkan seberapa banyak karbon disimpan ke berbagai bentuk dalam "GtC" (GigaTons Carbon) dalam lingkaran pada tahun 2004. Nomer ungu menyatakan berapa banyak karbon berubah setiap tahun antara reservoirs.

Karbon di atmosfer digapai dan disimpan di tanah, laut, biosfer (biomassa) dan udara serta dilepas kembali ke atmosfer., padahal umur karbon dapat mencapai 100 tahun. Jangan berangan-angan menuju penambahan dan penarikan karbon dipaksa sampai tingkat nol atau stabil, selama program pengurangan karbon di atmosfer tidak dilakukan sebagai tanggung jawab bersama, dan kondisi konsumsi energi yang mengemisikan karbon semakin meningkat.

Kenyataan, Indonesia sendiri terjadi pengurangan hutan setiap tahunnya seluas 1,8-2 juta ha ditambah dengan kebakaran hutan di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi maupun Papua.. Jadi jelas di Indonesia siklus karbon ini akan terganggu, pantaslah kalau Indonesia dianggap sebagai negara dengan emisi karbon tinggi.

Di Watukosek bagaimanapun lumpur Lapindo adalah merupakan salah satu kegiatan rentetan vulkanik yang juga banyak mengeluarkan unsur karbon, sehingga kemungkinan terjadi peningkatan karbon yang terlempar ke atmosfer disamping banyak disumbang dari transportasi dan industri di sekitar Watukosek dan Sidoarjo.

3. PENGUKURAN DAN DATA

Instrumen pengukur CO₂ yang digunakan adalah pengukur tetap permukaan dan atmosfer menengah yang berbasis sensor Vaisala yang telah dikalibrasi. Peralatan pengukur profil CO₂ ke atas dikembangkan sendiri (lihat gambar 3.2) dengan menggunakan wahana balon yang terkontrol diproses oleh mikrokontroler pada gondola (payload) dan dapat direcovery. Ketinggian pengukuran dilakukan hanya sampai

6.300 m dpl pada daerah atmosfer menengah diatas boundary layer dan pertimbangan recovery.

Pengukuran dilakukan serempak di Stasiun Pengamat Dirgantara Watukosek yaitu: pengukuran konsentrasi CO₂ di atas permukaan tanah (1,5 m diatas tanah) dengan sensor tetap, 1 hari sebelum peluncuran, hari peluncuran (selama peluncuran) dan satu hari sesudah peluncuran pada koordinat: 07.34.052 LS, 112.40.561 BT.

Peluncuran balon dilakukan pada hari Rabu 5 Desember 2007 dengan menggunakan balon 2000 gr mencapai ketinggian 6.300 m. Laju balon 2,4- 4 m/detik dengan perhitungan pengisian dapat dilihat pada tabel 3.1

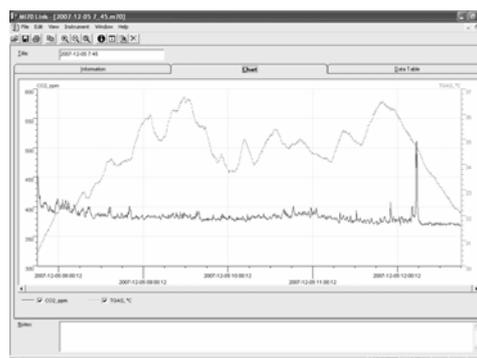
Tabel 3.1. Pengisian balon di Watukosek Jatim (Rabu, 5 Desember 2007)5)

PERHITUNGAN	
BERAT BALON	2000 gr
BERAT GONDOLA	2800 gr
Total	4800 gr
FREE LIFT 50 %	2400 gr
Filler ballon	{(4800 + 2400) – 2000} gr = 5200 gr gas H ₂

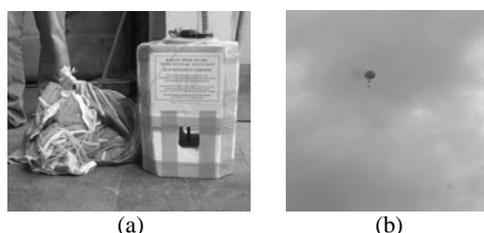
karena kecepatan yang direncanakan 6 m/detik terlalu cepat agar perpindahan lambat dan pengukuran terpenuhi sehingga tercapai kesetabilan pengukuran, maka kecepatan diturunkan antara 4 - 2,4 m/dt. Dengan demikian pengisian H₂ ke balon diturunkan yang semula direncanakan 5200 gr, hanya diisi kan 3750 gr. Contoh hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 3.2, gambar 3.2, tabel 3.3.an dapat dilihat a

Tabel 3.2 . Data pengukuran CO₂ di Watukosek 1,5 m dari permukaan tanah, tgl 4-6 Des 2007 pada koordinat 07.34.052 LS, 112.40.561 BT⁵⁾

Pengukuran	4 Des	5 Des	6 Des
Kuantitas	CO ₂	CO ₂	CO ₂
Unit	ppm	ppm	ppm
Minimum	320,5	322,6	371,2
Maksimum	344,3	394,7	382,2
Rata-rata	328,7	330,9	378,3



Gambar 3.2. Contoh hasil pengukuran CO₂ di SPD Watukosek LAPAN secara kontinyu (permukaan tanah) pada Rabu, 5 Desember 2007.



Gambar 3.3. Gondola sensor CO₂, T, RH yang diterbangkan dengan balon.
(a) parasut dan gondola siap terbang,
(b) balon dan gondola pada ketinggian 500 m dpl.

Tabel 3.3. Contoh hasil pengukuran CO₂ di Wako (Rabu, 5 Desember 2007) saat naik⁵⁾.

Koordinat L.S (derajat)	Koordinat B. T (derajat)	Ketinggian (m)	Konsentrasi CO ₂ (ppm)
07.34.0520	112.40.5610	52,0	345,9
07.34.0551	112.40.4833	409,8	391,0
07.34.2706	112.40.3997	1309,0	338,1
07.34.3628	112.40.5051	2018,6	327,1
07.34.8112	112.40.8086	3014,2	320,5
07.35.4500	112.41.0807	4015,8	289,0
07.35.9089	112.40.5593	4930,0	210,5
07.36.2751	112.40.0388	5976,3	197,4
07.36.3160	112.39.6231	6301,6	208,5

Sumber hasil pengukuran dengan balon.

4. ANALISIS

Hasil pengukuran di SPD Watukosek pada bulan Desember 2007 di atas permukaan tanah konsentrasi rerata adalah 345,9 ppm (lihat tabel 3.2). Pada level berikutnya dengan balon (lihat tabel 3.3), angin berhembus dari arah barat ke timur laut dengan kecepatan naik balon dihitung antara 2,4 – 5 m perdetik. Diperoleh konsentrasi CO₂ (52 m dpl) rerata 337,8 ppm, semakin tinggi (409,8

m dpl) meningkat menjadi 391,0 ppm. Pada ketinggian selanjutnya konsentrasi turun, karena lazimnya dengan ketinggian 1309,0 m dpl sudah diatas mixing height karena terjadi lapisan batas pemantulan polutan sehingga konsentrasi turun 338,1 ppm. Hal ini juga menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi CO₂ semakin renggang, sampai ketinggian 5976,5 m dpl konsentrasi terus turun sampai 197,4 ppm. Namun pada ketinggian 6301,6 m terjadi peningkatan konsentrasi yaitu 208,5 ppm. Kalau dilihat posisi ini agak ke timur dimana di bawahnya banyak industri dan angin sudah berubah. Di atas arah angin semula kebarat kemudian berubah ke timur. Sumber emisi diperkirakan berasal dari transportasi di daerah utara atau Lumpur Lapindo, serta industri.

Saat turun dengan arah jatuh mengarah ke timur dan jelajah berjarak 5000 m dari Watukosek, konsentrasi yang terukur sebagai berikut: ketinggian 6000 m 206,5 ppm, semakin ke bawah semakin tinggi pada ketinggian, 4000 m dpl 272,2 ppm, 2000 m dpl konsentrasi 309,0 ppm dan 350 m dpl adalah 407,1 (daerah Industri).

Perhitungan sebaran dengan menggunakan pendekatan dari Trenberth (1981)⁶⁾ antara atmosfer bawah (permukaan 52 m dpl) dengan konsentrasi CO₂ sebesar 345,9 ppm dan di atmosfer menengah pada ketinggian ketinggian 5976,5 m dpl sekitar (6.00m dpl) konsentrasi CO₂ 197,4 ppm. Bahwa massa atmosfer adalah $5,137 \times 10^{18}$ kg, maka $1 \text{ ppmV CO}_2 = 2,13 \times 10^{15} \text{ gr}$ atau 2,13 pentagram karbon (PgC). Dari perubahan atmosfer bawah dan menengah sebesar (345,9 -197,4) ppm adalah 148,5 ppm dalam bentuk karbon adalah $2,13 \text{ PgC} \times 148,5 = 316,305 \text{ PgC}$.

Dari penjelasan carbon cycle (pendekatan Houghton dan Hacker⁴⁾, bahwa di dunia sebaran karbon sekitar 64% ($0,64 \times 316,305 \text{ PgC}$ atau 202,4352 PgC) berasal dari bahan bakar fosil. Besarnya karbon yang terdapat di atmosfer 316,305 PgC hanyalah total karbon yang berada di atmosfer saat itu yang hanya 40% di atmosfer, sedangkan 60% dari total karbon yang ada di situ (dari pengukuran) yaitu $6/4 \times 316,305 \text{ PgC} = 474,46 \text{ PgC}$ masuk ke lautan dan kehidupan alamraya lainnya.

Dengan perbedaan rentang waktu dan tempat pada level yang sama (350 m dpl), maka terjadi perubahan karbon sebesar (407,1 - 391,4) ppm x 2,31 PgC = 36,26 PgC yang disumbang atau aliran karbon dari bawah atau tempat lain.

KESIMPULAN

1. Pengukuran CO₂ dapat dilakukan secara vertikal menggunakan wahana balon dengan peralatan yang dikembangkan sendiri, ber basis sensor Vaisala yang telah disertifikasi kalibrasi oleh Vaisala.
2. Hasil pengukuran CO₂ di atmosfer bawah (permukaan tanah 1,5 m dari tanah atau

52,0 dpl), konsentrasi CO₂ lebih tinggi dibandingkan konsentrasi di sekitar boundary layer dan atmosfer menengah.

3. Kecenderungan profil CO₂ semakin ke atas semakin rendah (namun nilai konsentrasi berfluktuasi sesuai dengan waktu dan tempat).
4. Perbedaan kandungan karbon di atmosfer bawah dan menengah saat itu adalah 316,305 PgC. Dan selisih perbedaan tempat sejauh 5000 m pada level yang sama (350 dpl) sebesar 36,26 PgC yang kemungkinan sumbangan dari sumber dan aliran karbon di atmosfer.

DAFTAR RUJUKAN

1. Armely dkk, Bumi Makin Panas, Kementrian Lingkungan Hidup, JICA, Pelangi, 2004
2. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) which represents wide consensus of international scientific opinion, 2004.
3. The Ministry for Environment, 1999, National Action Plan on Climate Change, Jakarta.
4. Wikipidea, April 2007, Carbon cycle, April 2007.
5. Chunaeni latief dkk, Laporan Penelitian Pengembangan Instrumen Pengukur CO₂ Vertikal Berbasis Sensor Vaisala dan Mikrokontroler, Pusfat Satklm LAPAN, 2007.
6. www.google.com, 2007, Carbon Sequestration in the atmosfer, the ocean and underground.)