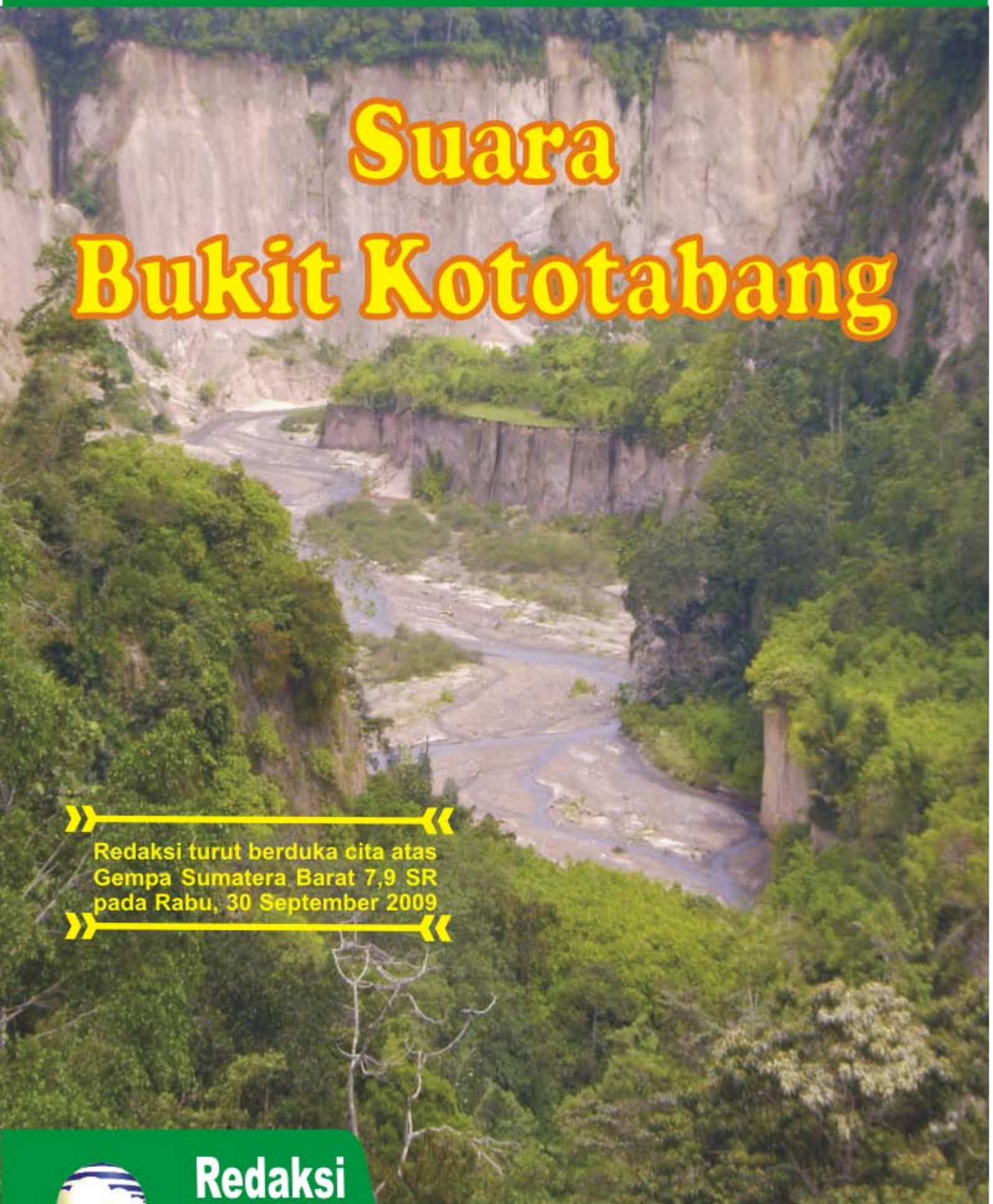
Edisi IV, November 2009

Suara Bukit Kototabang



Redaksi turut berduka cita atas
Gempa Sumatera Barat 7,9 SR
pada Rabu, 30 September 2009

Redaksi

BMKG

Email
Inagaw_bkt@asiamail.com

Website
Http:\\Gawkototabang.wordpress.com

Telp
(0752) 7446089
(0752) 7014157

Fax
(0752) 7446449

SUSUNAN REDAKSI

Penanggung Jawab
Kepala Stasiun GAW Bukit Kototabang :
Drs. Herizal, M.Si.

Redaktur
Edison Kurniawan, MSi.
Sugeng Nugroho, S.Si.
Dra. Nurhayati, M.Sc.
Dr. Hamdi Rivai

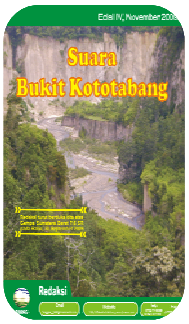
Redaktur Pelaksana
Agusta Kurniawan, M.Si.
Carles Siregar, ST
Alberth Cristian Nahas, S.Si.
Firda Amalia M, S.Si.
Yosfi Andri, Ah Mg.

Editor
Asep Firman Ilahi, Ah Mg

Sekretariat
Irwin. A
Darmadi, AMd
Budi Setiawan, Ah Mg

Design Layout
Agusta Kurniawan, M.Si.

COVER STORY



Salah satu keindahan alam Sumatera Barat yang diabadikan dan dijadikan sebagai Cover majalah ini adalah **NGARAI SIHANOK**.. *Foto diambil dengan Kamera Digital dari objek wisata* **LUBANG JEPANG** *dan* **TAMAN PANORAMA** *di Bukittinggi.*
(koleksi foto : Agusta Kurniawan)

Kontak Redaksi
STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG
Jln. Raya Bukittinggi-Medan Km.17, Palupuh, Kab. Agam, Prop. Sumatera Barat

Surat : **PO BOX 11 Bukittinggi 26100**
Fax : **0752-7446449**
Telp : **0752-7446089, 0752-7014157 (Flexi)**
Email : **inagaw_bktb@asiamail.com**
Website : **http://gawkototabang.wordpress.com/**

KATA PENGANTAR

Puji syukur tak terhingga kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Esa karena dengan berkat, rahmat dan hidayah-Nya sehingga majalah popular stasiun GAW Bukit Kototabang yang bernama 'Suara Bukit Kototabang' edisi keempat ini dapat diterbitkan. Di sela-sela kegiatan rutin yang begitu padat, dan diantara waktu luang yang ada, kami semua berupaya tetap mendokumentasikan semua aktivitas dan event-event, yang akhirnya membuahkan tulisan, artikel yang tersusun dalam majalah populer Suara Bukit Kototabang edisi keempat ini.

Pada Rabu 30 September 2009, Sumatera Barat dilanda Gempa Bumi Besar 7,6 skala Richter, banyak korban nyawa, harta benda, rumah, bangunan rusak. Penduduk Sumatera Barat menderita kerugian materiil dan imateriil. Oleh karena itu segenap Redaksi Suara Bukit Kototabang, Staf, Pegawai dan keluarga Besar Stasiun GAW Bukit Kototabang mengucapkan turut berduka cita sedalam-dalamnya atas bencana tersebut, semoga semua korban yang meninggal dapat diterima disisi Tuhan Yang Maha Esa, dan bagi korban yang hidup dapat dikuatkan dan dapat melanjutkan hidup ini.

Selain itu, Kepala Stasiun GAW Bukit Kototabang Bapak Drs. Herizal M.Si pada bulan haji tahun ini bersama ibu berkesempatan menunaikan rukun Islam yang kelima/menunaikan ibadah haji ke Arab Saudi, segenap Redaksi Suara Bukit Kototabang dan Keluarga Besar Stasiun GAW Bukit Kototabang mengucapkan: SEMOGA BAPAK-IBU BISA SAMPAI KE TANAH SUCI DENGAN SELAMAT DAN PULANG KE TANAH AIR MENJADI HAJI YANG MABRUR.

Secara garis besar, redaksi mencoba menyederhanakan tema-tema utama, majalah ini terbagi menjadi dua tema utama, yaitu *Science And Technology* berisi artikel tentang ilmu pengetahuan dan teknologi, fokus penelitian, hal-hal yang baru, metode baru dan sebagainya. *News And Event* berisi artikel tentang berita-berita terkini tentang BMKG, Stasiun GAW, aktivitas-aktivitas kejadian gempa, dan berbagai kejadian-kejadian istimewa.

Kami selaku redaksi mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang mendukung dan membantu demi terbitnya majalah ini. Tak lupa, kami selaku redaksi memohon kepada pembaca untuk memberikan masukkan, kritik dan saran yang membangun, untuk perbaikan majalah ini di kemudian hari. Semoga tulisan, artikel dan gambar, di majalah ini dapat bermanfaat Amin.

Hormat Kami

Redaksi Majalah
Suara Bukit Kototabang

DAFTAR ISI

Cover
Susunan Redaksi
Kata Pengantar
Daftar Isi

I. *Science And Technology*

I.1 BENCANA ALAM KEKERINGAN DAN PENGARUH EL~NINO DI INDONESIA **(Edison Kurniawan)**
I.2 CARIBIC, SAMPLING DARI PESAWAT UDARA **(Agusta Kurniawan)**
I.3 PENGUKURAN RADIKAL HIDROKSI (OH) MENGGUNAKAN CIMS **(Agusta Kurniawan)**
I.4 FAEDAH DAN PENGETAHUAN YANG DIPEROLEH SETELAH KUNJUNGAN JOERG KLAUSEN KE STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG **(Agusta Kurniawan)**
I.5 MEMANTAU PEMANASAN GLOBAL DARI BUKIT KOTOTABANG **(Alberth Christian Nahas)**

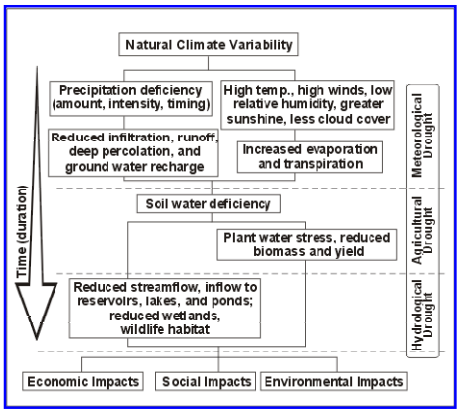
II. *News And Event*

II.1 KUNJUNGAN JOERG KLAUSEN KE STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG **(Agusta Kurniawan)**
II.2 GEMPA BUMI SUMATERA BARAT 7,6 SKALA RICHTER-RABU 30 SEPTEMBER 2009 **(Agusta Kurniawan)**
II.3 KUNJUNGAN KEPALA BMKG DR. Ir. SRI WORO B. HARIJONO, M.Sc KE STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG 3 OKTOBER 2009 **(Alberth Christian Nahas)**

BENCANA ALAM KEKERINGAN DAN PENGARUH EL~NINO DI INDONESIA

(*Dikutip dari berbagai sumber, baik media cetak maupun elektronik*)

Edison Kurniawan
Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang
Sumatera Barat
email : edison_k@lycos.com



Gambar 1. Rangkaian Dampak Kekeringan

Kekeringan biasanya ditandai dengan munculnya periode panjang pada kondisi curah hujan yang dibawah normal (nilainya dibawah nilai rata-rata normalnya), tetapi juga dapat disebabkan oleh kekeringan pada danau, atau sesuatu yang mempengaruhi/ mengurangi jumlah ketersediaan air. Sedangkan dampak dari kekeringan sangat bervariasi, tergantung dari kebutuhan air yang diperlukan pada wilayah pertanian, perkotaan dan lingkungan.

1. DEFINISI

Kekeringan adalah suatu periode yang abnormal dimana tidak adanya ketersediaan air untuk mendukung kebutuhan sektor pertanian, perkotaan dan lingkungan. Definisi lain juga menyebutkan bahwa kekeringan adalah kondisi dimana ketersediaan air berkurang terhadap nilai kebutuhannya (Gibbs, 1975).

Pada hakekatnya kekeringan diikuti oleh beberapa urutan kejadian yang mempengaruhi sektor ekonomi, sosial dan lingkungan (Gambar 1). Secara khusus istilah kekeringan dapat dibedakan menjadi 3 tahapan dari rangkaian kekeringan, yaitu :

a. Kekeringan secara meteorologi, yaitu kondisi ketika munculnya periode yang panjang dimana kejadian presipitasi (hujan) lebih kecil dari nilai rata-ratanya.
b. Kekeringan secara pertanian, yaitu kondisi dimana tidak adanya kecukupan kelembaban apada tanah atau wilayah produksi.
c. Kekeringan secara hidrologi, yaitu kondisi dimana ketersediaan air pada sumber-sumber air, seperti danau dan reservoir tanah menurun berdasarkan rata-rata statistiknya.

Rangkaian kekeringan yang pertama adalah kekeringan secara meteorologi. Kondisi ini ditandai oleh adanya perubahan pada beberapa parameter meteorologi, diantaranya:

a. Penurunan presipitasi, yang meliputi jumlah, intensitas dan waktunya. Akibat yang ditimbulkan adalah berkurangnya proses *infiltration* atau rembesan air hujan menuju lapisan tanah. Hal ini tentunya akan mempengaruhi ketersediaan air tanah.
b. Peningkatan suhu udara dan intensitas matahari, rendahnya harga kelembapan udara dan berkurangnya jumlah tutupan awan (*cloud cover*). Kondisi ini menyebabkan bertambahnya proses eveporasi-transpirasi.

Dampak pertama yang dialami dari kekeringan secara meteorologi adalah sektor pertanian. Kondisi ini ditandai oleh berkurangnya persediaan air tanah. Akibatnya diikuti oleh berkurangnya kecukupan air pada tanaman, biomas dan lain sebagainya.

Dampak selanjutnya adalah kekeringan secara hidrologi, yang ditandai antara lain berkurangnya aliran air tanah, keterbatasan aliran air yang masuk menuju reservoir tanah, danau dan kolam. Selain itu berkurangnya kebasahan tanah dapat juga mempengaruhi habitat hewan liar yang hidup di hutan.

2. KEKERINGAN DI INDONESIA

Meskipun aktivitas monsun tidak berjalan secara periodik, namun waktu kedatangan musim kemarau dan hujan tidaklah selalu sama dari tahun ke tahun. Fenomena global seperti El~Nino / La~Nina dan Osilasi Selatan dapat mempengaruhi kondisi kekeringan dan kebasahan di wilayah benua maritim Indonesia. Dampak dari fenomana ini menyebar secara luas di permukaan bumi yang berhubungan terhadap pergeseran dari sirkulasi tropis yakni sel Hadley dan Walker.

Di dalam tahun El~Nino, jumlah dari curah hujan di beberapa tempat di wilayah Indonesia berkurang dari kondisi normalnya. Lebih dari 80% kekeringan di Indonesia didominasi oleh kejadian El Nino. Intensitas kekeringan juga dapat dipengaruhi oleh kondisi lokal seperti munculnya efek Foehn di sisi belakang pengunungan.

Walaupun curah hujan monsun muncul di wilayah di India, Asia Timur dan sebelah utara wilayah Australia, namun fenomena El~Nino yang dapat mengontrol curah hujan yang diakibatkan oleh kedatangan monsun tidaklah selalu benar. Hal ini didasarkan pada pengalaman riset sebelumnya bahwa interaksi yang rumit antara tutupan salju di Eurasia, curah hujan monsun dan sirkulasi atmosfer di sepanjang Pasifik merupakan faktor penggerak yang utama.

3. DEFINISI EL~NINO

El~Nino berasal dari bahasa Spanyol yang berarti *the Boy Christ – Child* yakni nama yang diberikan oleh para nelayan Peru yang berarti arus panas yang bergerak ke selatan sepanjang Pantai Peru secara musiman (*la corriente del Nino*).

Nama El~Nino diberikan oleh masyarakat Peru sebagai rasa syukur kepada Kristus yang telah memberikan berkah dan menyelamatkan mereka dari bencana kekeringan. Istilah El~Nino pada awalnya dipakai untuk peristiwa arus laut panas lemah tahunan yang mengalir ke arah selatan di sepanjang pantai Peru dan Ekuador pada sekitar hari natal (*Christmas Time*).

Istilah Osilasi Selatan (*Southern Oscillation*) biasa dinyatakan sebagai komponen atmosfer, dan istilah El~Nino biasa dinyatakan sebagai komponen laut (yang meliputi *Sea Surface Temperature*). Sehingga para ahli biasa menyebut fenomena dimana komponen atmosfer dan laut saling berkolaborasi dengan sebutan ENSO atau *El~Nino-Southern Oscillation.* Sedangkan kebalikan dari peristiwa El~Nino, dikenal dengan istilah La~Nina yang berarti gadis kecil.

Pada awal tahun 1980-an, SCOR (*Scientific Committee on Oceanic Research*) mendefinisikan istilah El~Nino sebagai berikut :

> *El Niño is the appearance of anomalously warm water along the coast of Ecuador and Peru as far south as Lima (12°S). This means a normalized sea surface temperature (SST) anomaly exceeding one standard deviation for at least four (4) consecutive months. This normalized SST anomaly should occur at least at three (3) of five (5) Peruvian coastal stations.*

El Nino adalah munculnya penyimpangan air hangat di sepanjang Ekuador dan Peru hingga Lima (12° LS). Hal ini berarti munculnya anomali SST yang di luar kebiasaannya melabihi harga standar deviasi setidaknya selama empat bulan yang berurutan. Penyimpangan SST ini dapat teramati setidaknya pada tiga atau lima stasiun pengamat di Pantai Peru.

Namun definisi ini hanya menjelaskan fenomena di sepanjang Pantai Amerika Selatan, sehingga tidak dapat diterima oleh komunitas ahli di seluruh dunia.

Definisi yang digunakan oleh JMA (*Japan Meteorological Agency*) terlihat lebih obyektif dan cukup konsisten dengan kesepakatan dari komunitas riset ENSO yaitu :

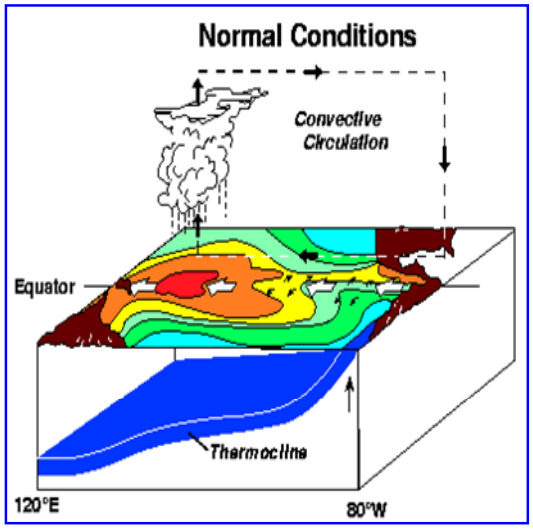
- Menganalisis rata-rata SST bulanan pada grid 2 – 2
- Menghitung rata-rata anomali SST bulanan untuk area 4 LU hingga 4 LS dan 15 BB hingga 90 BB. Lokasi ini dikenal sebagai Nino 3
- Menentukan periode selama rata-rata berjalan 5 bulan dari anomali SST bulanan di Nino sebesar +0,5^{o} C atau lebih pada sedikitnya selama 5 bulan yang berurutan.

Trenberth (1996) memperkenalkan sebuah wilayah dengan sebutan Nino 3.5 di dalam areal 120 BB hingga 180,5^{o} BB dan 10^{o} LS, yang merupakan perluasan dari wilayah Nino 3 dan Nino 4. Gambar 2 menunjukkan plot dari deret waktu SST pada Nino 3 (atas) dan Nino 3.4 (bawah) sebagai rata-rata berjalan lima bulanan dengan menggunakan data dari NOAA dan didasarkan pada periode klimatologi antara 1950-1979.

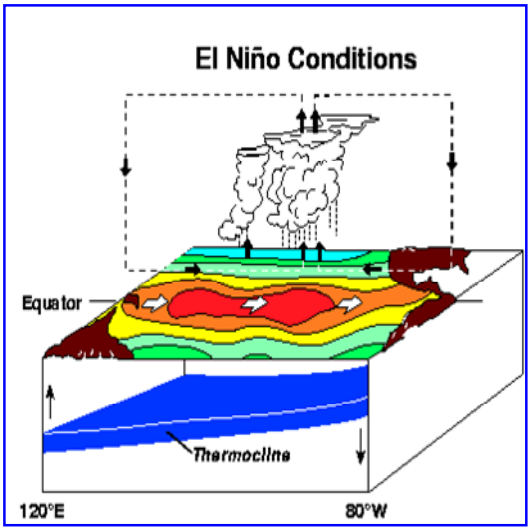
4 . MEKANISME EL~NINO

ENSO merupakan sebuah proses kopling antara laut dan atmosfer. Siklus kejadian ENSO bervariasi antara tiga hingga tujuh tahun, dengan interval yang tidak beraturan antara kondisi kuat dan lemah.

Gambar 2 merupakan sebuah ilustrasi yang menyatakan sistem kopel antara laut-atmosfer untuk kondisi normal. Sedangkan pada gambar 3, menunjukkan kondisi laut-atmosfer selama periode El~Nino.

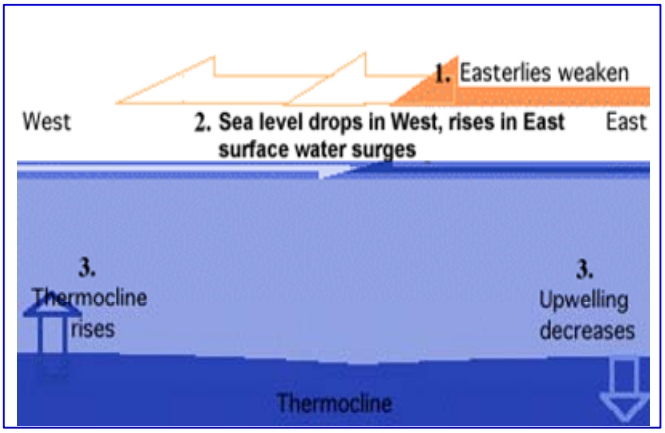


Gambar 2 Display 3 Dimensi perilaku komponen laut-atmosfer di Samudera Pasifik (bujur 120° BT hingga 80° BB) untuk tahun-tahun dengan iklim normal.



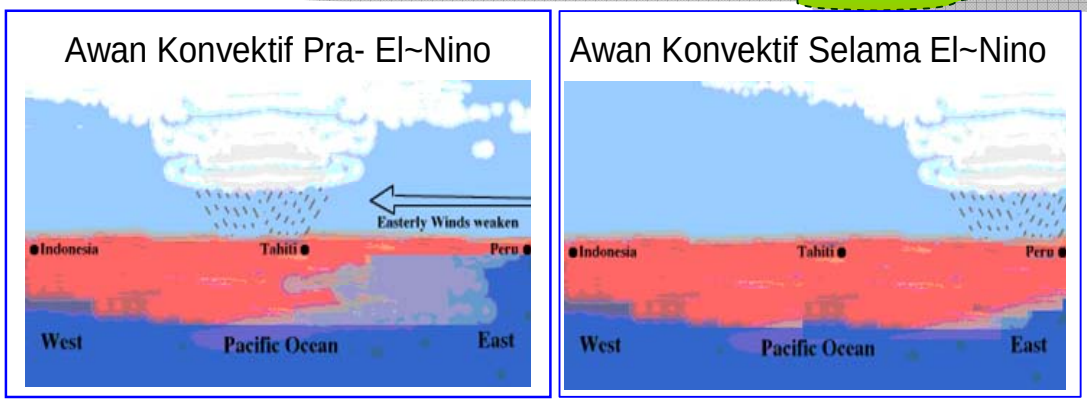
Gambar 3. Displai 3 Dimensi perilaku komponen laut-atmosfer di Samudera Pasifik (bujur 120° BT hingga 80° BB) selama periode El~Nino.

Selama kondisi El~Nino, intensitas angin timuran melemah. Hal ini disebabkan karena tekanan udara di wilayah Lautan Pasifik sebelah barat menunjukkan gejala penguatan. Akibatnya ketinggian permukaan air laut di wilayah Pasifik Barat menurun dan sebaliknya mengalami peningkatan di pasifik Timur. Gejala lain yang menarik yaitu dimana proses up-welling justru mengalami penurunan di wilayah Lautan Pasifik sebelah timur dan peningkatan termoklin di sebelah barat. Kondisi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Proses fisis dari paramater oseanografi pada saat kondisi El~Nino.

Ciri lain yang menarik dari masa sebelum kedatangan El~Nino adalah memanasnya suhu permukaan laut di atas Tahiti (di sekitar Samudera Pasifik Timur). Namun seiring dengan meningkatnya tekanan udara di wilayah sebelah barat Samudera Pasifik dan melemahnya angin timuran, pergerakan awan konvektif bergerak semakin jauh ke timur hingga ke wilayah pantai Peru. Sehingga dengan demikian konsekuensinya, wilayah Peru mengalami kondisi banyak hujan dan sebaliknya wilayah Samudera Pasifik sebelah barat kurang hujan (termasuk Indonesia dan Australia bagian utara). Gambar 5 menunjukkan kondisi awan konvektif pada saat pra-El~Nino dan selama El~Nino.



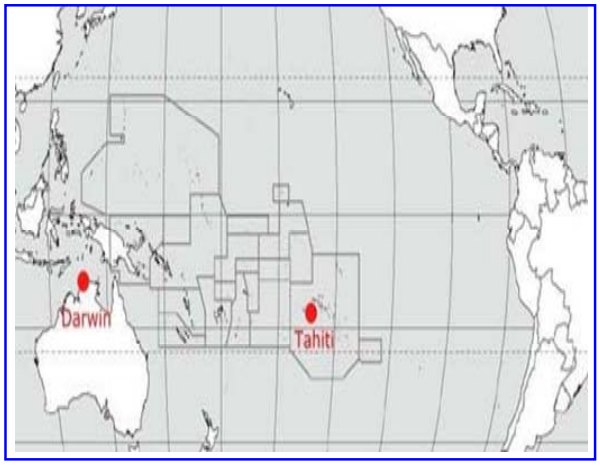
Gambar 5. Kondisi awan konvektif pada saat pra El~Nino dan selama El~Nino.

5 . INDEKS OSILASI SELATAN

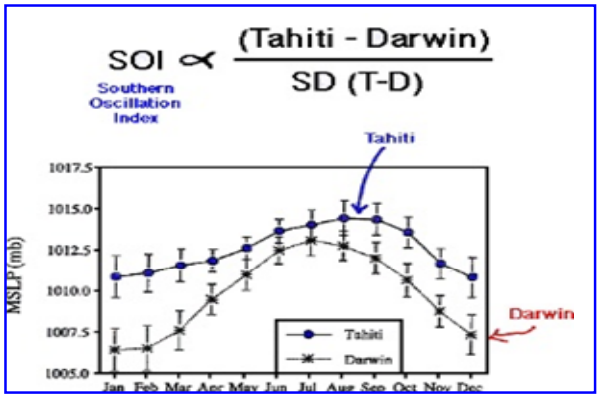
Pada tahun 1923, seorang pakar dari Inggris, Sir Gilbert Walker menemukan bahwa ketika tekanan udara tinggi berada di Samudera Pasifik, maka tekanan udara rendah akan muncul di Samudera Hindia dari Afrika dan Australia, atau sebaliknya. Penemuannya selanjutnya dinamakan Osilasi Selatan, yang merupakan indikasi awal bahwa kondisi cuaca di sepanjang wilayah Pasifik-Tropis saling berkaitan.

Lima tahun kemudian, pada akhir tahun 1960-an, Jacob Bjerknes, seorang ahli meteorologi Norwegia dan Profesor dari Universitas California di Los Angeles, menjelaskan deskripsi yang cukup teliti tentang mekanisme El~Nino. Ia membuat sebuah hubungan antara Osilasi Selatan Walker dan El~Nino, yang saat ini dikenal sebagai *El Niño/Southern Oscillation* atau ENSO.

Indeks Osilasi Selatan (*The Southern Oscillation Index* / SOI) merupakan sebuah perhitungan yang menggunakan anomali tekanan udara di atas permukaan laut antara Tahiti (T) dan Darwin (D). Pada Gambar 6, menunjukkan lokasi Tahiti (17° LS–150° BT) dan Darwin (12° LS-131° BT), sedangkan pada Gambar 7 menunujukkan persamaan SOI.



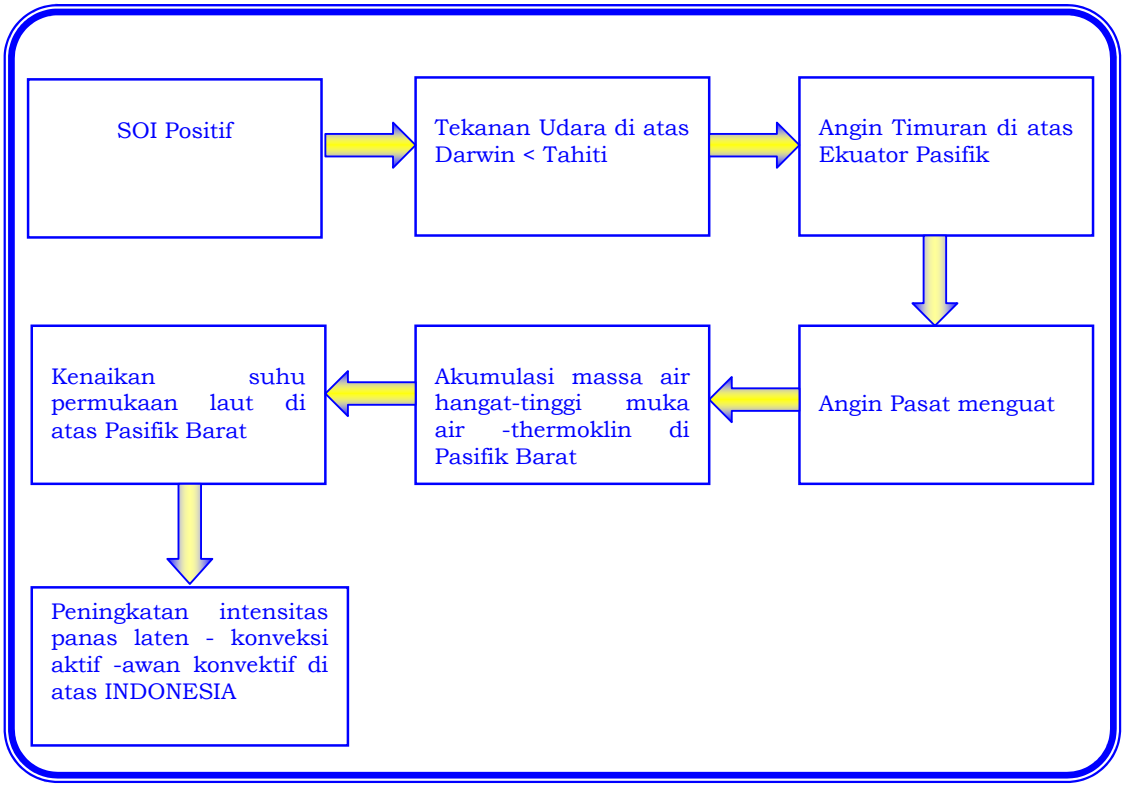
Gambar 6. Lokasi Tahiti-Darwin.



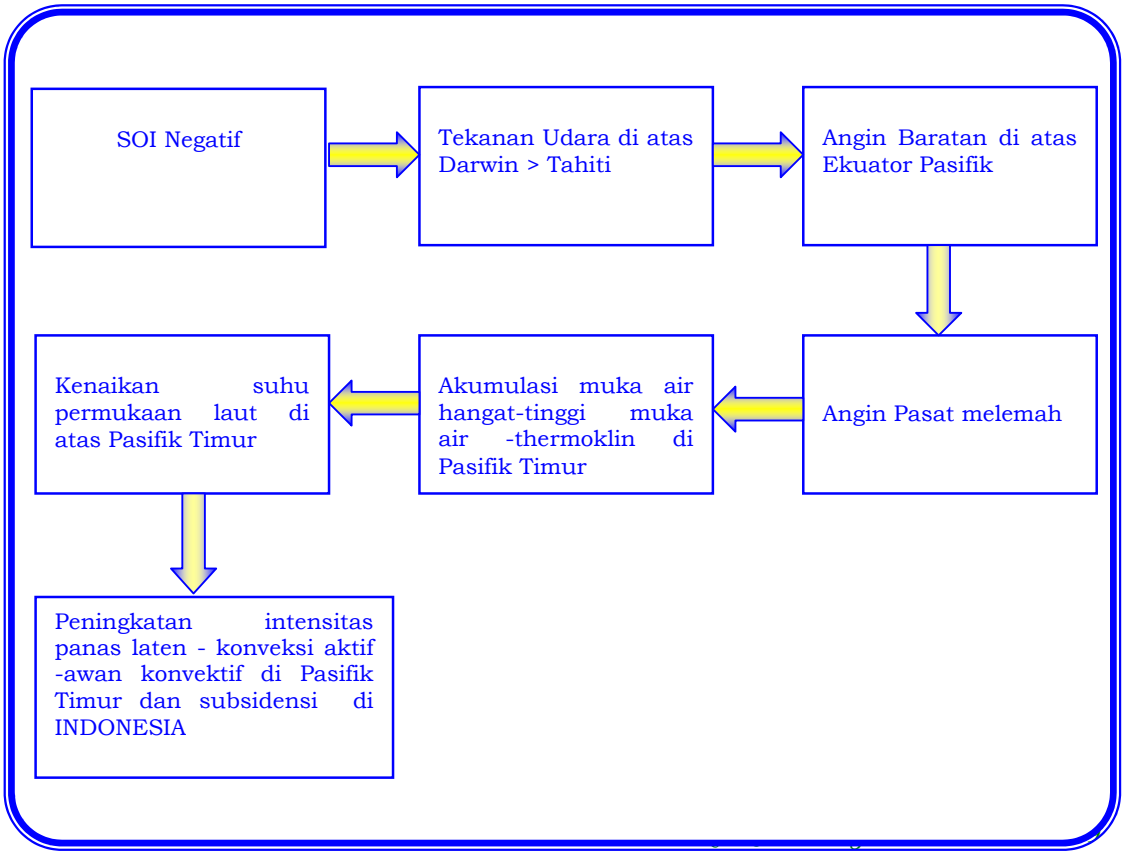
Gambar 7. The Southern Oscillation Index.

Proses fisis dari laut-atmosfer yang menyebabkan El~Nino dapat diringkas ke dalam bentuk bagan alur di bawah ini :

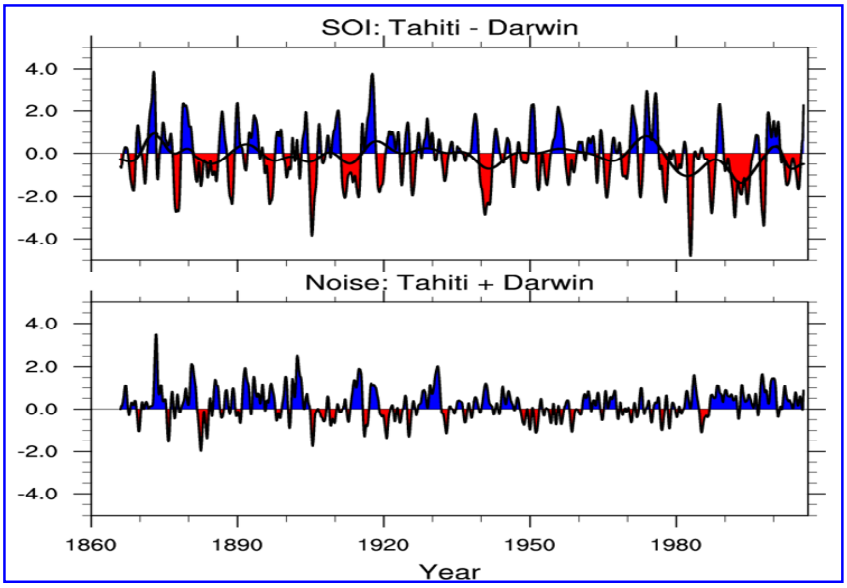
Kondisi pra El~Nino :



Kondisi selama El~Nino :



Hingga saat ini, perkembangan nilai indeks SOI menjadi salah satu acuan untuk mengamati kedatangan El~Nino. Beberapa negara di wilayah ekuator Pasifik telah melakukan berbagai upaya kerjasama di dalam mengantisipasi bahaya kekeringan maupun banjir yang disebabkan oleh El~Nino. Pada Gambar 8 di bawah ini, menunjukkan rekaman dari data SOI sejak tahun 1860 hingga saat ini. Pada tujuh belas tahun terakhir ini, kejadian El~Nino berulang/berosilasi selama lebih kurang 5 tahun, seperti yang terjadi pada tahun 1982, 1983, 1987-1988, 1991-1995 dan 1997-1998. El~Nino tahun 1991-1995 merupakan El~Nino terlama pada abad ke 20 (WMO, 1999), namun dengan menggunakan Nino 3, tahun 1991-1992 diklasifikasikan sebagai El~Nino kuat (Trenberth, 1996).



Gambar 8. The Southern Oscillation Index.

Pada periode 1982-1983, El~Nino terkuat yang pernah tercatat oleh beberapa negara di dunia, terhubung oleh bencana alam banjir, kekeringan dan kebakaran hutan yang menewaskan 2000 orang di seluruh belahan dunia. Kerugian akibat bencana alam tersebut ditaksir mencapai $13 Milyar.

Sedangkan pada tahun 1997-1998, kejadian El~Nino terasa labih kuat daripada kerugian yang tercatat pada tahun 1982-1983. Peringatan awal tentang kedatangan El~Nino sudah dilakukan pada pertengahan 1997 dan persiapan di dalam penanggulan darurat telah mulai dilakukan. Pada bulan Maret 1998, secara global El~Nino mengakibatkan kerugian mencapai $ 34 milyar dan menewaskan 24.000 nyawa. Lebih dari 111 juta orang terkena imbasnya dan 6 juta orang kehilangan tempat tinggal.

Pada tabel 1 di bawah ini, menunjukkan beberapa kejadian El~Nino berdasarkan periode waktunya.

Tahun El~Nino

El Niño Years			
1902-1903	1905-1906	1911-1912	1914-1915
1918-1919	1923-1924	1925-1926	1930-1931
1932-1933	1939-1940	1941-1942	1951-1952
1953-1954	1957-1958	1965-1966	1969-1970
1972-1973	1976-1977	1982-1983	1986-1987
1991-1992	1994-1995	1997-1998	

Tabel 1. Tahun El~Nino outhern Oscillation Index.

Berdasarkan hasil penelitian kekeringan yang hebat dapat terjadi pada saat Monsun Selatan diperkuat oleh kejadian El Nino.

6. PREDIKSI EL~NINO

Berdasarkan pengalaman sebelumnya, dampak El~Nino jelas sangat merugikan. Hingga saat ini telah dikembangkan berbagai upaya untuk membuat sebuah prediksi tentang kedatangan El~Nino. Beberapa generasi model telah dibuat, tetapi hasilnya tidak cukup menggembirakan. Sebuah model prediksi yang dibuat pada tahun 1991, mengalami kegagalan untuk memprediksi El~Nino lemah tahun 1993-1994 (Ji, Leetma, and Kousky, 1996).

Selanjutnya, pada pertengahan tahun 1990-an, sebuah model untuk memprediksi kedatangan El~Nino kuat tahun 1997-1998 mengalami kegagalan. Meskipun model tersebut dikembangkan oleh Pusat Prediksi Lingkungan Nasional (*the National Centers for Environmental Prediction*) yang secara umum telah berpengalaman dalam membuat model prediksi yang cukup baik.

Secara umum berdasarkan *the National Centers for Environmental Prediction* di dalam pembuatan prediksi El~Nino didasarkan pada 3 model utama, yaitu :

a. Model Atmosfer : *The World Climate Research Program's Atmospheric Model Intercomparison Project* (Gates, 1992) telah membandingkan keluaran dari 30 model numerik atmosfer yang berbeda selama tahun 1979 hingga 1988. Di dalam sub proyek *The Variability in the Tropics: Synoptic to Intraseasonal Timescales,* menghasilkan 15 model sirkulasi umum atmosfer untuk mensimulasi variabilitas atmosfer tropis yang diamati (Slingo *et al.*, 1995).
b. Model Laut/Ocean : Model luaran dengan menggunakan analisis ocean, meliputi analisis densitas dan arus laut yang menggunakan data perhitungan yang ketat. Perhitungan ini digunakan untuk menggambarkan model laut-atmosfer untuk menghasilkan produk prediksi.
c. Model Kopel : Model kopel, memisahkan model atmosfer-laut. Anomali dari stress angin, panas dan fluks dari air dihitung berdasarkan model atmosfer yang ditambahkan terhadap nilai rata-rata tahunan dan selanjutnay digunakan untuk menggerakkan model ocean. Nilai SST yang dihitung dari model ocean digunakan menggerakkan model atmosfer dari 15^{o} LU hingga 15^{o} LS. Seiring dengan kemajuan komputerisasi, pembuatan model semakin kompleks.

Secara umum, model kopel laut-atmosfer menghasilkan luaran prediksi yang paling baik. Hasil prediksi tidak hanya dilakukan di Pasifik, namun juga terhadap dampak konsekuensi global dari El~Nino. Prediksi dapat dilakukan dengan 2 cara yakni :

a. Menggunakan korelasi antara wilayah dengan rata-rata anomali SST dari model dan hasil pengamatan pada wilayah Pasifik Timur. Biasanya pada posisi 170 BB hingga 120 BB dan 5 LS dan 5 LU. Nilai korelasi yang dihasilkan mencapai 0,6.
b. Menggunakan perbedaan RMS antara hasil pengamatan dan prediksi dari SST pada wilayah yang sama.

Selanjutnya dapat disimpulkan, bahwa model kopel laut-atmosfer dapat digerakkan dengan akurasi data atmosfer-laut yang akurat untuk mengamati perkembangan dari El~Nino, meskipun model tersebut terkadang melewati masa *onset*-nya.

7. BENCANA ALAM KEKERINGAN DI BELAHAN DUNIA

Bencana alam kekeringan tidak hanya melanda pada satu daerah saja, namun beberapa negara di belahan bumi lain juga mengalaminya. Berdasarkan informasi yang diperoleh melalui *Wikipedia-the free encyclopedia,* tercatat sedikitnya ada 5 kejadian bencana alam kekeringan yang masuk ke dalam kategori cukup parah, yakni:

a. Cape Verde (abad ke 18 dan 19) ; Tiga kejadian bencana alam kekeringan yang terjadi pada abad ke-18 dan 19 menewaskan lebih dari 100.000 orang akibat kelaparan. Bencana ini mengakibatkan arus migrasi yang cukup besar seperti di New England untuk bekerja di industri pengolahan ikan paus.

b. India (tahun 1900) ; 250.000 dari 3,25 juta orang tewas karena kekeringan, kelaparan dan penyakit.

c. Uni Sovyet (1921-1922) ; Di wilayah Ukraina dan VogaI, 250.000 hingga 5 juta penduduk tewas akibat kelaparan yang diakibatkan oleh bencana kekeringan.

d. Cina bagian Utara (1928-1930) ; Lebih dari 3 juta orang tewas akibat kelaparan.

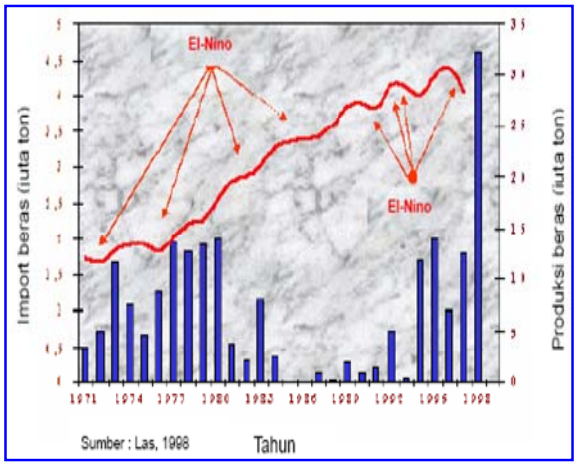
e. AS dan Kanada (1930-1937) ; Tiga gelombang panas yang menghantam AS dan Kanada, dan dikenal sebagai *Dust Bowl* menyebabkan ribuan orang tewas.

8. DAMPAK EL NINO TERHADAP KEKERINGAN DI INDONESIA

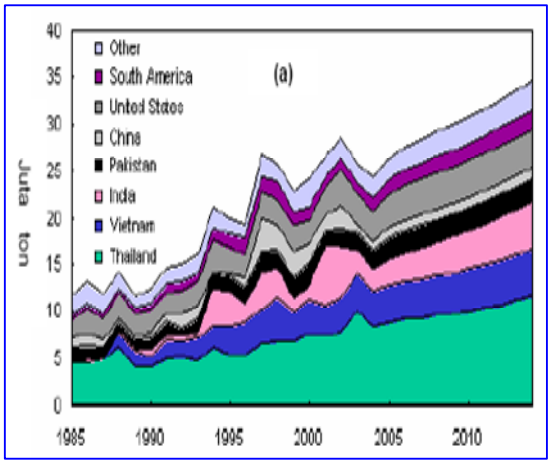
Secara geografis, Indonesia merupakan benua maritim yang terletak di antara dua samudera (Samudera Hindia dan Pasifik), dua benua (Asia dan Australia) dan dua sistem sirkulasi atmosfer skala besar (Hadley dan Walker). Oleh karena itu kondisi iklim di wilayah Indonesia dipengaruhi oleh adanya Zona Konvergensi Antaratropis (*Intertropical Convergence Zone* / ICZ), El~Nino Southern Oscillation (ENSO) dan dua monsun (monsun Asia dan Asustralia).

ENSO, khususnya El~Nino yang merupakan fenomena alami terkait secara langsung terhadap kondisi kekeringan di wilayah benua maritim Indonesia. Karakteristik dari kekeringan yang diakibatkannya, dapat dimonitor melalui kondisi kekeringan yang terjadi antara bulan April hingga Oktober yang secara periodik terjadi setiap tahun.

Sebagaimana telah diamati sebelumnya, bahwa sektor pertama yang mengalami dampak dari kondisi kekeringan adalah sektor pertanian. Berdasarkan data yang dipantau melalui Badan Urusan Logistik Pemerintah Republik Indonesia, antara tahun 1971-1998, menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara kejadian El~Nino dengan produksi beras nasional (Las, 1998). Pada saat kejadian El~Nino tahun 1972, 1976, 1982 dan 1987, produksi beras nasional justru mengalami penurunan (Gambar 9). Sehingga akibat dari kejadian ini, pemerintah RI memutuskan untuk mengimport beras guna mencukupi kebutuhan pangan nasional. Hal yang sama juga terjadi pada tahun-tahun El~Nino, yakni pada tahun 1991, 1993, 1994 dan 1997.



Gambar 9. Produksi dan import beras nasional.



Gambar 10. Produksi beras negara lain.

Kondisi yang sama juga dialami oleh negara-negara tetangga RI, dimana pada tahun-tahun El~Nino, produksi berasnya juga sempat mengalami penurunan. Pada Gambar 10, dapat dilihat pada tahun 1987 dan 1997, produksi beras di negara-negara antara lain Cina, Vietnam, India, Pakistan dan Thailand mengalami penurunan. Tetapi, khususnya Thailand, negeri ini tidak mengalami kemerosotan yang cukup parah. Alasannya, upaya swasembada pangan yang dilancarkan negara ini dalam 20 tahun terakhir telah berhasil membebaskan rakyat Thailand dari masa paceklik.

9. EL NINO DAN KEBAKARAN HUTAN DI INDONESIA

Belakangan ini kebakaran hutan semakin menarik perhatian internasional sebagai isu lingkungan dan ekonomi, khususnya setelah bencana alam El~Nino (ENSO) 1997/1998 yang menghanguskan lahan hutan seluas 25 juta hektar di seluruh dunia (FAO, 2001). Kebakaran dianggap sebagai anca,an potensial bagi pembangunan berkelanjutan kerena efeknya secara langsung bagi ekosistem (*United Nations International Strategy for Disaster Reduction, 2002*), kontribusinya terhadap peningkatan emisi karbon dan dampaknya bagi keanekaragaman hayati.

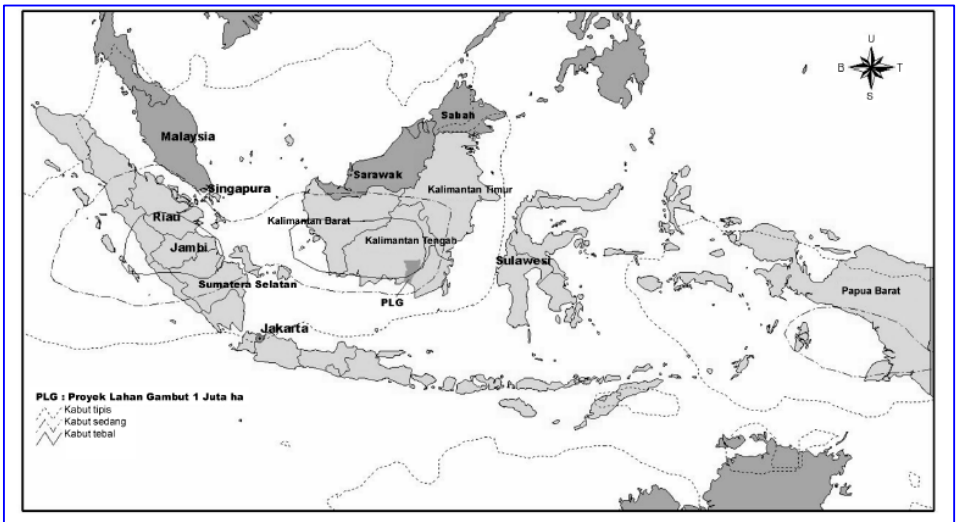
Pengkajian nasional memaparkan bahwa selama peristiwa ENSO 1997/1998, diperkirakan total lahan yang terbakar sekitar 9,75 juta ha (BAPPENAS-ADB 1999, selanjutnya studi ADB (ADB ; BAPPENAS) pada Tabel 2.

Tipe vegetasi	Sumatera	Jawa	Kalimantan	Sulawesi	Papua Barat	Total
Hutan pegunungan					100.000	100.000
Hutan dataran rendah	383.000	25.000	2.375.000	200.000	300.000	3.283.000
Hutan payau dan gambut	308.000		750.000		400.000	1.458.000
Semak dan rumput kering	263.000	25.000	375.000		100.000	763.000
HTI	72.000		116.000			188.000
Perkebunan	60.000		55.000	1000	3000	119.000
Pertanian	669.000	50.000	2.829.000	199.000	97.000	3.843.000
Total	1.755.000	100.000	6.500.000	400.000	1.000.000	9.755.000

Sumber: BAPPENAS-ADB (1999).

Tabel 2. Estimasi luas kawasan yang dilanda kebakaran hutan (ADB-BAPPENAS).

Deskripsi wilayah geografi yang dibahas dalam laporan ADB-BAPPENAS tersebut dapat dilihat pada Gambar 11. Di dalam proyek lahan Gambut 1 Juta hektar, hampir sebagian wilayah Sumatera dan Kalimantan mengalami gangguan kabut asap yang cukup mengkhawatirkan. Kondisi ini semakin diperparah dengan menurunnya akumulasi curah hujan selama peristiwa ENSO.



Sumber: Penyebaran kabut asap diperoleh dari Barber and Schweithelm (2000).

Gambar 11. Propinsi yang dilanda kebakaran dan sebaran kabut asap tahun 1997/98

Proyek Integrated *Forest Fire Management* (IFFM) yang didanai pemerintah Jerman, yang selanjutnya dikenal dengan studi GTZ (*Deutsche Gesellshaft Technische Zusammenarbeit*) melakukan penilaian secara rinci terhadap kebakaran hutan di Kalimantan Timur pada 1997/1998. Ada beberapa perbedaan antara estimasi hasil studi GTZ dengan ADB (tabel 3). Perbedaan ini masih dianggap wajar, dimana estimasi ADB masih dianggap cukup konservatif.

Vegetasi/tata guna lahan	ADB	GTZ	Perbedaan
Hutan rawa, lahan basah mangrove, di antaranya:	433.000	693.259	260.259
- Hutan rawa gambut		311.098	
- Lahan basah		290.432	
- Mangrove		91.729	
Hutan dataran rendah	1.862.000	2.177.880	315. 880
Hutan subpegunungan	4.000	213.194	209.194
Lahan kering yang tidak berproduksi	798.000		
Lahan terbuka, alang alang, semak		292.569	-505.431
HTI	116.000	883.988	767.988
Perkebunan	15.000	382.509	367.509
Pertanian	301.000	459.239	158.239
Pemukiman	7000		-7000
Kolam udang		316	316
Total	3.536.000	5.102.954	1.566.954

Sumber: ADB: BAPPENAS-ADB (1999); GTZ: (Hoffmann dkk. 1999).

Tabel 3. Perbandingan perhitungan luas kawasan yang terbakar di Kalimantan Timur , 1997/98.

Studi ADB menghitung biaya total kebakaran hutan dan kekeringan di Indonesia. Namun, hasil dari studi ini sering dikutip oleh media, dalam publikasi ilmiah, dan juga dalam dokumen-dokumen resmi sebagai kerugian akibat kebakaran hutan saja. Oleh karena itu biaya pertanian yang terkait dengan kekeringan (2431 milir dolar) tidak ikut dihitung (Tabel 4).

Masalah biaya	Indonesia		Negara lainnya		Total
	Dinilai dengan uang	Tidak dinilai dengan uang	Dinilai dengan uang	Tidak dinilai dengan uang	
1. Biaya yang terkait dengan kebakaran					
Kayu	1461				
Pohon yang mati	287				
HTI	91				
Perkebunan	319				
HHNK		631			
Keuntungan tidak langsung dari hutan					
Pencegahan banjir		413			
Erosi dan pengendapan		1354			
Biaya pengendalian kebakaran	12				
Emisi karbon				1446	
Bangunan dan harta benda lainnya	1				
Subtotal	2171	2398		1446	6015
2. Biaya yang terkait dengan kabut asap					
Kesehatan		148			
Pariwisata	111				
Transportasi	33				
Subtotal	144	148			292
Total biaya	**2315**	**2546**		**1446**	**6307**

Sumber: Diperoleh dari (BAPPENAS-ADB 1999).

Tabel 4. Perhitungan ADB (juta dolar).

Sedangkan berdasarkan hasil estimasi biaya total akibat kebakaran hutan di kalimantan Timur pada tahun 1997/98 sebesar 2,7 miliar dolar (Tabel 5).

Masalah biaya	Indonesia					Negara lainnya Min/Maks
	Minimum		Maksimum			
	Dinilai dengan uang	Tidak dinilai dengan uang	Dinilai dengan uang	Tidak dinilai dengan uang	Total Maks	Dinilai dengan uang
Kayu	1056		1614			
Pohon yang mati	197		316			
HTI	91		91			
HHNK		0		8		
Perkebunan	319		319			
Keuntungan tidak langsung dari hutan						
Pencegahan banjir		0		37		
Erosi dan pengendapan		0		122		
Keanekaragaman hayati		0		181		
Pengendalian kebakaran	12		12			13
Transmigrasi, kepemilikan	1		1			
Total	**1675**	**0**	**2352**	**348**	**2700**	**13**
Bagian dari	1457		1766	283	2049	
Kalimantan Timur	87%		75%	82%	76%	

Tabel 5. Biaya ekonomi akibat kebakaran hutan (juta dolar).

Adapun kerugian biaya ekonomi akibat pencemaran kabut asap di Indonesia ternyata lebih rendah dibandingkan akibat dari kebakaran hutan (Tabel 6). Hasil ini tentunya belum valid dan masih dibutuhkan beberapa pertimbangan lainnya.

Masalah biaya	Indonesia			Singapore	Malaysia	Total
	Dinilai dengan uang	Tidak dinilai dengan uang	Total			
Kesehatan		147-272		9	8	164
Pariwisata	111			58	127	297
Transportasi	33			7	0	40
Produksi industri	na			0	157	157
Penurunan hasil tangkapan ikan	na			0	16	16
Total	**144**	**147-272**	**291-416**	**74**	**309**	**674-799**
Total bersama			43-52%	9-11%	39-46%	

na: tidak ada.
Diperoleh dari: Indonesia (BAPPENAS-ADB 1999); Singapura dan Malaysia (Glover dan Jessup 1999).

Tabel 6. Biaya ekonomi akibat pencemaran kabut asap (juta dolar).

10. MITIGASI BENCANA ALAM KEKERINGAN

Penanganan mitigasi bencana alam kekeringan merupakan hal yang terpenting untuk menekan dampak kerugian seminimal mungkin. Ada dua pendekatan utama di dalam penanganan mitigasi tersebut diantaranya adalah :

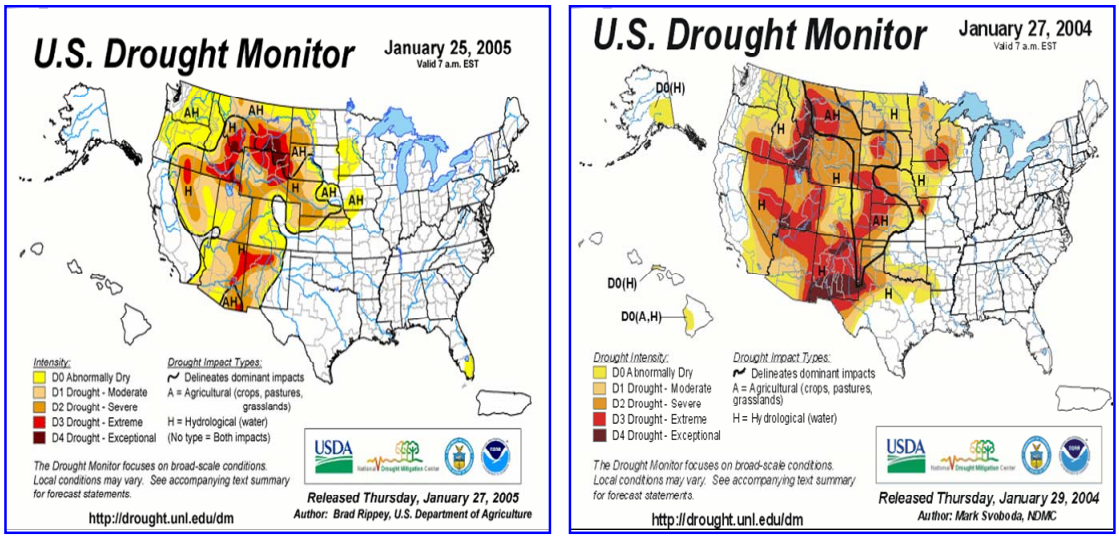
Pendekatan lingkungan, yang terdiri dari :

a. Meningkatkan daya dukung DAS (daerah aliran sungai)
b. Menghutankan kembali lahan-lahan gundul,
c. Memonitor dan mengevaluasi daya tampung Waduk,
d. Perlu memperhatikan penggunaan varietas berumur dalam, agar akumulasi bahang optimal sehingga produksi dapat ditingkatkan untuk mengkompensasi kehilangan hasil pada saat musim kering sebelumnya.
e. Membuat metode prakiraan cuaca yang berkaitan dengan kedatangan El~Nino.

Pendekatan kemasyarakatan/institusi, yang terdiri dari :

a. Mengaktifkan kembali serta memoderinisasi kemampuan penyuluh pertanian, hama dan penyakit tanaman yg terintegrasi
b. Membuat metode prakiraan iklim yang berkaitan dengan kedatangan El~Nino.
c. Pengembangan sistem database tanah dan iklim termutahirkan disetiap tingkat daerah otonomi
d. Melakukan pemantuan terhadap lahan lahan irigasi atau tadah hujan
e. Penegakan Undang-Undang Konservasi Lingkungan dan pemberian sangsi seberat-beratnya bagi pelanggaran terhadap RUTR , konservasi lingkungan, dan lain-lain.

Pembuatan peta kekeringan merupakan salah satu alternatif yang cukup beik di dalam mengantisipasi dampak kekeringan di Indonesia. Tidak ada salahnya kita belajar dari Amerika Serikat yang telah membuat sistem pemantauan kekeringan (US Drought Monitor) seperti yang terlihat pada Gambar 12 di bawah ini.



Gambar 12. US Drought Monitor

Terlihat bahwa perkembangan dari penyebaran kekeringan di AS, terus dipantau sehingga seluruh negara bagian yang terkena dampaknya dapat segera menginformasikan kepada masyarakat luas. Sistem ini jika bisa diterapkan di Indonesia, tentu akan sangat bermanfaat terutama bagi Pemerintah Daerah dalam menentukan kebijakannya ke depan.

Pemerintah dalam beberapa tahun belakangan ini tampaknya telah cukup proaktif dalam mengantisipasi bencana alam kekeringan. Upaya yang telah dilakukan dalam menghadapi prediksi El Nino 2002 yakni membuat sebuah *bar chart* kegiatan dalam setahun yang mengintegrasikan seluruh instansi terkait (BMG, Deptan, Pemda, BPPT, dsb). Kegiatan tersebut diantaranya adalah sosialisasi GHA, Informasi Iklim, EWS (*Early Warning System*), pengadaan pompa air, teknologi modifikasi cuaca / hujan buatan, dan lain sebagainya.

Tabel 7. Bar chart rencana kerja dalam mengantisipasi kekeringan.

11. PENUTUP

Istilah kekeringan adalah suatu periode yang abnormal dimana tidak adanya ketersediaan air untuk mendukung kebutuhan sektor pertanian, perkotaan dan lingkungan. Di dalam tahun El~Nino, jumlah dari curah hujan di beberapa tempat di wilayah Indonesia berkurang dari kondisi normalnya. Lebih dari 80% kekeringan di Indonesia didominasi oleh kejadian El Nino. Intensitas kekeringan juga dapat dipengaruhi oleh kondisi lokal seperti munculnya efek Foehn di sisi belakang pengunungan.

Hingga saat ini, perkembangan nilai indeks SOI menjadi salah satu acuan untuk mengamati kedatangan El~Nino. Beberapa negara di wilayah ekuator Pasifik telah melakukan berbagai upaya kerjasama di dalam mengantisipasi bahaya kekeringan maupun banjir yang disebabkan oleh El~Nino. Hingga saat ini telah dikembangkan berbagai upaya untuk membuat sebuah prediksi tentang kedatangan El~Nino. Beberapa generasi model telah dibuat, tetapi hasilnya tidak cukup menggembirakan.

Sumber daya tanah, iklim dan air merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan satu dengan yang lainnya. Maka pengelolaannya pun tidak dapat hanya dilakukan oleh satu institusi/departeman saja.

Melainkan harus dilakukan secara terintegrasi dan konprehensif, tidak lagi terkungkung dalam otoritas Departemen masing-masing. Dengan demikian di masa datang tidak lagi dijumpai wilayah wilayah yag mengalami kekurangan air dan kekeringan yg berkepanjangan.

12. DAFTAR PUSTAKA

Bayong Tj. HK., *Klimatologi,* Penerbit ITB, 2004.

Bayong Tj. HK., *Klimatologi Umum*, Penerbit ITB, 1999.

Bayong Tj. HK., *Lectur Note GM 6123 : Monsoon Meteorology*, Graduate Program on Atmospheric Sciences, ITB, 2005.

http://www.bom.gov.au/climate/glossary/

http:/www.bom.gov.au/Climate Prediction Center - Monitoring & Data Climate Diagnostics Bulletin.htm

http:/www.El Niño-Southern Oscillation - Wikipedia, the free encyclopedia.htm.

http:/www.Introduction to Physical Oceanography Chapter 14 - Equatorial Processes - Equatorial Processes.htm

http:/www.Introduction to Physical Oceanography Chapter 14 - Equatorial Processes - Forecasting El Niño.htm

http:/www.Introduction to Physical Oceanography Chapter 14 - Equatorial Processes - Observing El Niño.htm

http:/www.NOAA-PMEL-TAO/ - What is an El Niño (ENSO).htm

http:/www.NOAA-PMEL-TAO/ El Niño Impacts.htm,

Tacconi, Luca., *Kebakaran Hutan di indonesia : Penyebab, Biaya dan Implikasi Kebijakan*, CIFOR Occasional Paper No. 38 (i), 2003.

CARIBIC, SAMPLING DARI PESAWAT UDARA

Agusta Kurniawan
Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang
Sumatera Barat
Agusta6872@asiamail.com

Pernah mendengar istilah berikut : CARIBIC, Sampling?

Dalam tulisan ini mencoba mengulas sedikit tentang kedua hal tersebut. Pertama, kita akan membicarakan tentang sampling.

1. Sampling

Sampling adalah proses pengambilan sampel dari populasi/lingkungan yang diamati. Sedangkan sampel adalah material atau contoh yang diambil dari populasi/lingkungan tersebut. Bila berbicara mengenai analisis kimia, masih ada istilah lain yaitu analit, merupakan substansi kimia yang dianalisis dalam sampel bisa berupa ion, unsur atau senyawa. Sampling ditinjau dari proses sampel diperoleh digolongkan menjadi dua, yaitu:

- Batch Sampling, yaitu yaitu pengambilan sampel dari lingkungan dan melakukan analisis baik in situ (langsung di tempat) maupun di laboratorium, Salah satu contoh pengukuran batch sampling di stasiun GAW Bukit Kototabang adalah pengukuran pH dari air hujan diambil dari sampel hujan OBs kemudian diukur pHnya. Sampel-sampel yang dikumpulkan pada waktu tertentu dan tempat tertentu disebut grab sampel. Metode dengan grap sampel banyak digunakan untuk penelitian karena mudah mendapatkan sampel. Selain sampel batch, ada yang disebut Sampel Komposit, dibuat dengan mencampurkan beberapa sampel batch, biasanya diambil dari tempat yang sama namun berbeda waktu pengambilan. Misalnya batch sampel diambil setiap 2 jam selama 24 jam dan sampel-sampel itu dikumpulkan dalam satu wadah. Konsentrasi campuran itu dianggap mengambarkan konsentrasi rata-rata 24 jam.
- Metode sampling yang kedua adalah Continous Sampling, memonitor parameter tertentu di lingkungan secara terus-menerus. Sebagian besar peralatan sampling di stasiun GAW Bukit Kototabang merupakan continuos sampling, misalnya CO analyzer TEI48C, Surface Ozon Analyzer TEI49,dll. Dengan metode ini catatan parameter tertentu dalam hal ini gas CO dan gas Ozon terus-menerus akan diperoleh. Kita dapat medeteksi perubahan mixing rasio, tren musiman, minggunan, harian, yang kemungkinan tidak teramati bila menggunakan batch sampling. Continous sampling yang digabung/dipadukan dengan instrumen analisis disebut continous analisis.

Sampel Representatif

Permasalahan utama dalam proses sampling adalah mendapatkan sampel yang representatif. Sampel representatif adalah sample yang harus dapat mewakili populasi atau mewakili seluruh sistem lingkungan kalo sampelnya diambil di lingkungan, selain itu seorang analisis tidak dapat menemukan sample yang sama lagi. Sedangkan sample lingkungan sendiri itu biasanya jumlah kecil dan sangat penting. Bagaimana untuk mendapatkan sampel yang representatif. Pertanyaan-pertanyaan berikut akan membantu mendapatkan sampel yang representatif:

- Kapan dan dimana sampel diambil?
- Berapa jumlah sampel yang harus diambil?
- Berapa banyak sampel yang dibutuhkan?

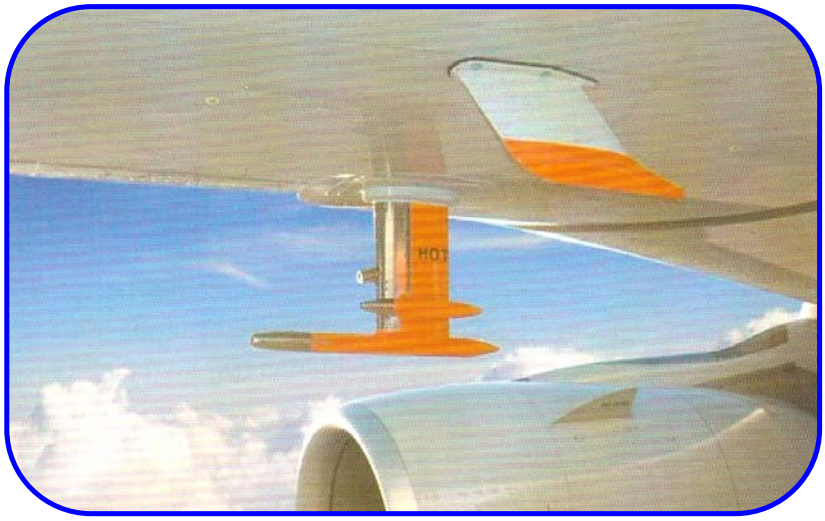
Untuk dapat menjawab pertanyaan-pertanyaan itu telah dikembangkan berbagai prosedur statistik untuk membantu analisis, namun kenyataan di lapangan kebanyakan proses sampling mengabaikan prosedur statistik tersebut.

Seorang analisis biasanya memutuskan pemilihan sampling berdasarkan lokasi, waktu, dan jumlah sampel diambil yang terbaik (random sampling). Pertimbangan atas kemudahan lokasi sampling, waktu dan biaya yang dikeluarkan menjadi faktor yang lebih berpengaruh daripada pertimbangan ilmiah-rasional. Pengumpulan banyak sampel di setiap titik sampling dimaksudkan untuk mendapatkan indikasi konsentrasi/kadar analit yang selalu berubah di setiap titik sampling dan ada kemungkinan sampel hilang, tumpah atau karena kesalahan analisis. Menentukan sampel yang representatif sangat penting karena analisis tidak dapat menemukan sampel yang sama lagi, karena lingkungan (baik tanah, air maupun

udara) adalah sistem dinamis yang terus-menerus berubah, jadi jika kembali ke tempat yang sama pada hari yang lain akan mendapat hasil analsis yang betul-betul berbeda.

2. CARIBIC

Salah satu proses sampling dan analisis sampel adalah CARIBIC. Apa itu CARIBIC? CARIBIC merupakan singkatan dari *Civil Aircraft for the Regular Investigation of the atmosphere Based on an Instrumented Container*, jika diterjemahkan secara harafiah menjadi Penerbangan sipil untuk penelitian tetap atmosfer menggunakan instrumen yang ditempatkan dalam container/wadah. Sebenarnya CARIBIC adalah proyek jangka panjang yang dirancang untuk melakukan penelitian kimia atmosfer menggunakan paket kontainer pesawat udara dengan berat total 1,5 ton. CARIBIC dilengkapi dengan peralatan sampling udara dan analisernya yang beroperasi secara otomatis. CARIBIC ditempatkan pada pesawat penerbangan antar benua Luthansa Airbus A340-600. Pelopor CARIBIC beroperasi sejak 1994 sampai 2002 menggunakan LTU Airways Boeing. Sistem CARIBIC-Luthansa yang baru diproyeksikan untuk 10 tahun mendatang, yang beroperasi sejak Desember 1994. Penerbangan bulanan menyediakan serangkaian ektensif untuk tujuan penelitian dan monitoring secara koheren dapat dilakukan.



Gambar 1. Inlet CARIBIC yang terpasang pada pesawat Luthansa jenis Airbus 340-600

Gambar 2. Kontainer CARIBIC beserta instrumennya dalam kargo pesawat Lufthansa A340-600

Sebagai peralatan untuk penelitian atmosfer, CARIBIC dilengkapi instrument yang canggih dan otomatis, antara lain: pengukuran gas dan partikel, penginderaan jarak jauh dengan miniatur sistem DOAS. CARIBIC juga berperan sebagai observatorium terbang. Kelebihan penggunaan CARIBIC adalah informasi tentang atmosfer dapat dikumpulkan secara sistematik dan teratur, serta efek konveksi pada percampuran dan kimia atmosfer.Detil peralatan dan instrumentasi yang terdapat dalam CARIBIC, sebagai berikut:

Tabel 1. Instrumentasi pada kontainer CARIBIC yang terpasang pada pesawat Lufthansa A340-600

	Trace Constituent	Equipment/Analyser
1	O_3 fast	Chemiluminescence on an organic dye
2	O_3 precise	UV absorption
3	CO	VUV fluorescence
4	H_2O gaseous	Diode laser photo acoustic
5	H_2O total	Diode laser photo acoustic and chilled mirror
6	NO	Chemiluminescence with O_3
7	NOy	Chemiluminescence after conversion to NO
8	Hg	Enrichment and atomic fluorescence
9	CO_2	Non-Dispersive Infrared Absorption (NDIR)
10	O_2 ultra high precision	Electrochemical Cells
11	Methanol, acetone, acetaldehyde	Proton transfer mass spectrometer (PTR-MS)
12	Aerosol particles with diameter >4 nm	Condensation particle counter (CPC)
13	Aerosol particles with diameter >12 nm	Condensation particle counter (CPC)
14	Aerosol particles with diameter >18 nm	Condensation particle counter (CPC)
15	Aerosol size distribution 150 - 5000 nm	Optical particle counter (OPC)
16	Aerosol elemental composition	Impactor collection, analysis by PIXE
17	Particle morphology	Impactor collection, analysis by electron microscope
18	Samples for VOC	Enrichment and analysis by GC-MS
19	Hydrocarbons, halocarbons, GHGs	Whole air sampler and analysis by GC
20	BrO, HCHO, OClO, O_4	Differential optical absorption spectroscopy (DOAS
21	Cirrus (under certain conditions)	Camera

CARIBIC mempunyai 11 partner dari lembaga ilmu pengetahuan yang berasal dari 6 negara Eropa. Di samping kontribusi dari lembaga partner tersebut ditambahkan sebagai lembaga donor untuk kegiatan rutin harian didapatkan dari Max Planx Institut dan industri yang terdapat di uni eropa.

REFERENSI

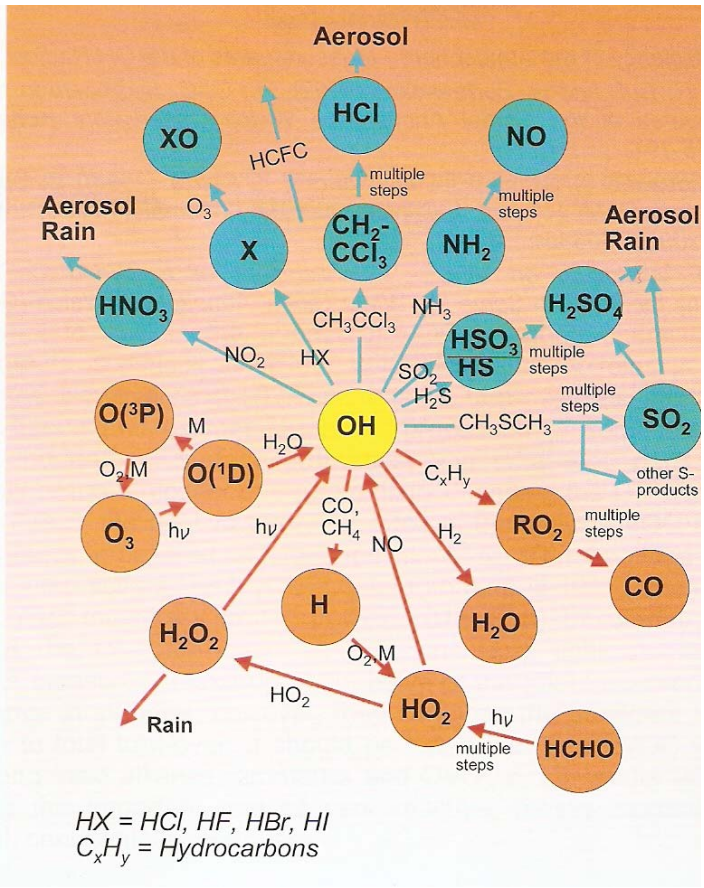
Carl A. M. Brenninkmeijer dan Franz Slemr, 2006, *CARIBIC:Routine Atmospheric Chemistry Observations from a Lufthansa Commercial Aircraft*, Max Planck Institute for Chemistry dalam The German Contribution to WMO GAW Programme-Upon the 225th Anniversary of GAW Hohenpeissenberg Observatory No. 167, UFS Schneefernerhaus Ltd, Met. Ins. Uni. Muenchen.

R. Miroslav dan B. N. Vladimir, *Practical Environmental Analysis,* The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1999

PENGUKURAN RADIKAL HIDROKSI (OH) MENGGUNAKAN CIMS (Chemical Ionization Of Mass Spectrometer)

Agusta Kurniawan
Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang
Sumatera Barat
Agusta6872@asiamail.com

Atmosfer mempunyai kemampuan terbatas membersihkan diri dengan cara deposisi basah (melalui presipitasi:air hujan, embun, salju, dll) atau dengan oksidasi kimia. Sebagian besar gas di atmosfer sedikit larut dalam air atau bahkan sama sekali tidak larut dalam, maka proses oksidasi secara kimia memegang peranan penting untuk menghilangkan polusi udara. Radikal hidroksi (OH) adalah spesies yang sangat penting sebagai oksidator pada waktu siang hari di atmosfer bawah. Radikal hidroksi bereaksi dengan hampir semua trace gas seperti metana, salah satu gas rumah kaca dan bereaksi pula dengan sejumlah besar polutan di atmosfer. Kemampuan radikal hidroksi seperti itu dapat dikatakan sebagai pencuci atmosfer.



Gambar 1 Reaksi di atmosfer yang melibatkan radikal hidroksi

Radikal OH terutama dihasilkan melalui melalui fotolisis ozon pada panjang gelombang kurang dari 330 nm diikuti oleh reaksi atom oksigen tereksitasi dengan uap air, reaksinya adalah sebagai berikut

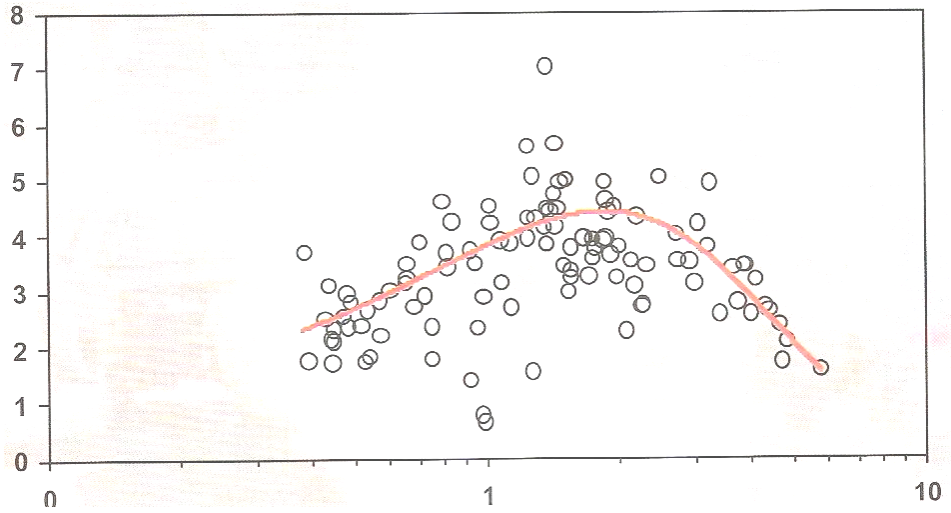
$$O_3 + hv \longrightarrow O(^1D) + O_2$$

$$O(^1D) + M \longrightarrow O(^3P) + M \qquad (M = N_2, O_2)$$

$$O(^1D) + H_2O \longrightarrow 2\ OH$$

Mekanisme utama penghilangan radikal OH adalah melalui reaksi oksidasi metana (CH_4) dan reaksi dengan karbon monoksida (CO). Akan tetapi proses tersebut diimbangi dengan pembentukan kembali radikal hidroksi, hasil reaksi dari emisi antropogenik (pembakaran bahan bakar: misal gas CO, NOx, SO_2 dan hidrokarbon) dan sumber biogenik (misal: hidrokarbon dari tumbuhan)

Adanya transport polutan dari wilayah yang jauh (*long range transport*) pada skala global dan skala regional akan mengurangi rata-rata efisiensi oksidasi atmosfer, sehingga berpengaruh terjadinya percepatan akumulasi polusi udara dan memperlama waktu tinggal polutan tersebut di atmosfer. Efisiensi oksidasi atmosfer yang dimaksud adalah konsentrasi radikal hidroksi di atmosfer.



Gambar 2 Pengukuran secara simultan radikal hidroksi (sumbu Y, dalam satuan 10^6 molekul per cm^3) dan NOx (sumbu X, hasil polusi udara dan merupakan NO + NO_2, dalam satuan ppb), skala sumbu X tidak seragam.

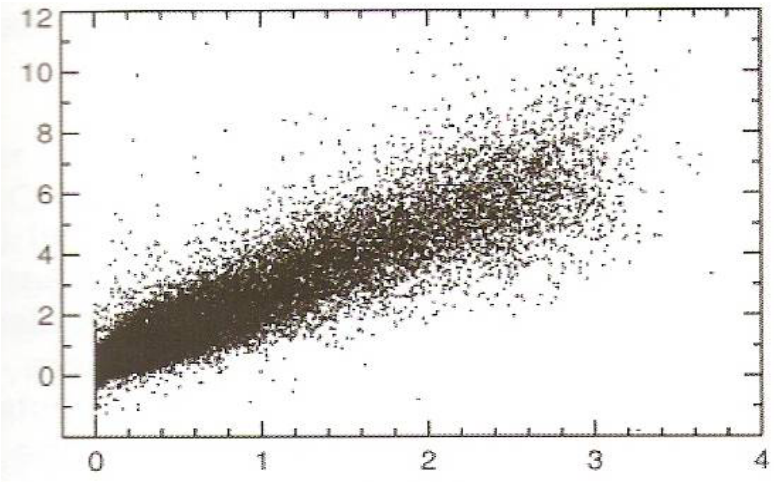
Adanya pengaruh polusi udara (NOx) nampak nyata, semakin tinggi polutan maka efisiensi oksidasi atmosfer semakin tinggi, sampai pada konsentrasi NOx sekitar 2 ppb. Ini bisa dijelaskan karena terjadi reaksi antara radikal hidroksi dengan NO_2 menghasilkan asam nitrat(OH + NO_2 -> HNO_3). Kemudian efisiensi oksidasi atmosfer akan terus menurun dengan semakin besarnya polusi udara (NOx).

Untuk mengukur kadar radikal OH di atmosfer terbukti sangat sulit, karena reaktivitasnya sangat besar dan waktu tinggal radikal hidroksi sangat singkat kurang dari satu detik. Salah satu metode canggih yang dapat mengukur radikal hidroksi di atmosfer adalah CIMS (*Chemical Ionization Mass Spectrometry*). Metode ini dikembangkan oleh F. Eisele dan rekan kerjanya dari Institut Teknologi Georgia dan NCAR dari Amerika. Setelah 7 tahun bekerja dengan F. Eisele, Harald Berresheim memulai dan mengatur sistem CIMS di Observatorium Meteorologi Hohenpeisenberg. Sejak 1998 mulai dilakukan pengukuran radikal OH jangka panjang dan dimasukkan pada program GAW.

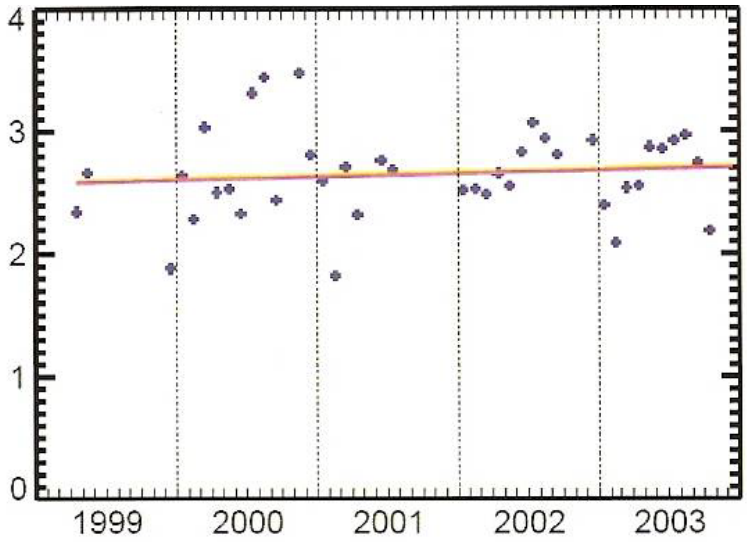
Gambar 3 Metode CIMS di Observatorium Meteorologi Hohenpeisenberg

Sejak awal pengukuran radikal OH, kontrol kualitas dan evaluasi data telah dilakukan dengan teliti, serta diterapkan dengan pengukuran yang lain (frekuensi fotolisis ozon, NO_2, dan lain-lain) dilakukan pada grup yang sama. Pada bulan Agustus 2005, sistem CIMS di DWD ini berpartisipasi pada Interkomparasi pengukuran radikal internasional, yang diselenggarakan di Pusat Penelitian Julich (HOxCOMP). Evaluasi data awal yang dihasilkan menunjukkan hasil yang sesuai antara metode CIMS dengan metode laser optis.

Sedangkan data pengukuran radikal OH jangka panjang dari tahun 1999 sampai 2003, yang diterbitkan pada majalah Nature 2006 oleh Rohrer dan Berresheim, menunjukkan adanya hubungan kuat antara konsentrasi radikal OH dengan frekuensi fotolisis ozon $J(O^1D)$ (gambar 4), di definisikan sebagai konstanta laju reaksi.



Gambar 4 Hubungan antara konsentrasi radikal OH (Sumbu Y dalam satuan 10^6 molekul per cm^3) dengan frekuensi fotolisis ozon $J(O^1D)$ (Sumbu X dalam satuan 10^{-5} per detik). Titik-titik mewakili data rata-rata 5 menit pengukuran di Observatorium Meteorologi Hohenpeisenberg selama periode April 1999 sampai Desember 2003, jumlah data sekitar 52000.



Gambar 5 Rata-rata bulanan rasio pengamatan secara simultan konsentrasi radikal OH dalam satuan 10^6 molekul per cm/ frekuensi fotolisis ozon $J(O^1D)$ dalam satuan 10^{-5} per detik(sumbu Y) dengan tahun (sumbu X), pengukuran dilakukan di Observatorium Meteorologi Hohenpeisenberg selama periode April 1999 sampai Desember 2003.

Sedangkan tren rata-rata bulan ternyata tidak nampak selama periode yang sama(Gambar 5), dibuktikan dengan nilai slope pada trendline sebesar +0,9%/tahun dan perkiraan error pada slope sebesar ± 1,5 %/tahun.

REFERENSI

Harald Berresheim, 2006, *Oxidation Efficiency Of The Atmosphere-Measurement Of The OH Radical, DWD* dalam The German Contribution to WMO GAW Programme-Upon the 225th Anniversary of GAW Hohenpeissenberg Observatory No. 167, UFS Schneefernerhaus Ltd, Met. Ins. Uni. Muenchen.

Rohrer F. Dan H. Berresheim, 2006, *Strong Correlation Between Levels Of Tropospheric Hydroxyl Radicals And Solar Ultraviolet Radiation, Nature* dalam Harald Berresheim, 2006, *Oxidation Efficiency Of The Atmosphere-Measurement Of The Oh Radical,DWD*.

FAEDAH DAN PENGETAHUAN YANG DIPEROLEH SETELAH KUNJUNGAN JOERG KLAUSEN KE STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG

Agusta Kurniawan
Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang
Sumatera Barat
Agusta6872@asiamail.com

Dr Sc. Nat. Joerg Klausen adalah ilmuan (ahli) yang bekerja untuk EMPA (Swiss Federal Laboratories for Material Testing And Material), selama berada di Stasiun GAW Bukit Kototabang, memberikan pengetahuan dan informasi yang sangat bermanfaat bagi operasional Stasiun GAW Bukit Kototabang, Berita selengkapnya ada di topik New and Event.

PENGETAHUAN APA SAJA YANG DIAJARKAN JOERG?

Selama berada di Stasiun GAW Bukit Kototabang, secara langsung maupun tidak langsung, Joerg mengajarkan beberapa hal yang menurut penulis penting untuk diketahui, antara lain:

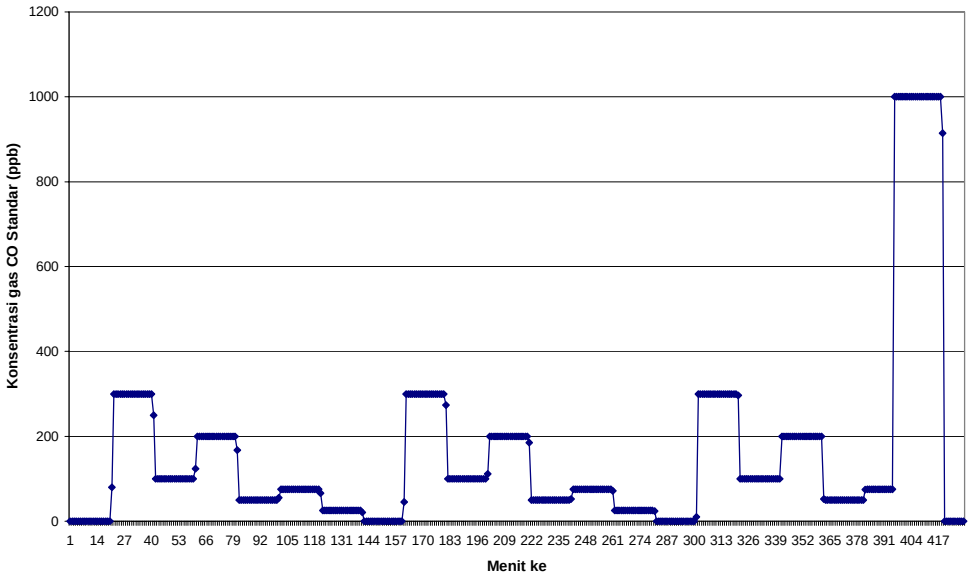
1. Teknik Rekalibrasi Instrumen Dengan Multipoint Calibration
2. Mengecek Kinerja Proses Pengeringan Sampel Udara
3. Memperbaiki Manajemen Data di Komputer GAWDAQ
4. Mengukur Kinerja SO_2 Analyser (TEI43i-TLE) Dengan Cara Melakukan Zero Dan Span
5. Cara Memasang 2 Stage Regulator Pada Tabung Gas Baru
6. Cara Melakukan Leak Check Pada Sistem Kalibrasi PICARRO
7. Cara Menghitung "Umur Tabung Gas"/Mengukur Lama Sisa Gas Dalam Tabung.
8. Menghitung Nilai Span Teoritis Konsentrasi Gas CO (Karbonmonoksida)
9. Menghitung Resident Time Suatu Gas Dalam Pipa Inlet
10. Menghitung Koreksi Kadar H_2O Terhadap Konsentrasi Gas CO_2
11. Cara Memasang Mur Dan Baut Swagelok

Yang akan dijabarkan satu persatu dibawah ini:

1. Teknik Rekalibrasi Instrumen Dengan Multipoint Calibration,

Penerapan Multipoint Calibration pada instrument CO analyzer (Horiba Apma 360), langkah-langkahnya:

- melakukan *leak check* terhadap *regulator* dan setiap percabangan pada sistem

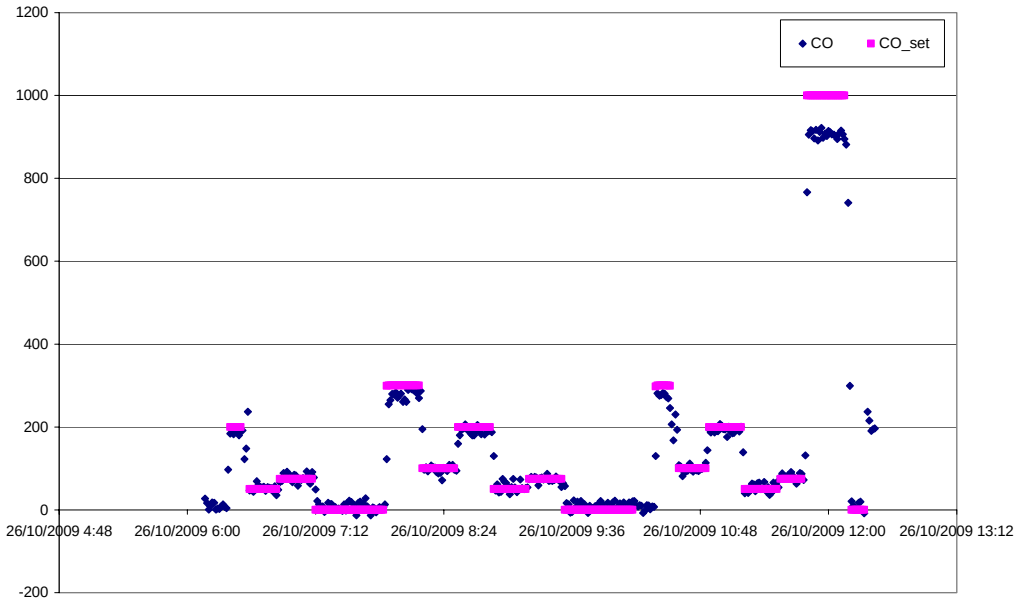


Gambar 1 Setting Konsentrasi gas CO pada kalibrator (konsentrasi CO dalam ppb versus waktu dalam menit)

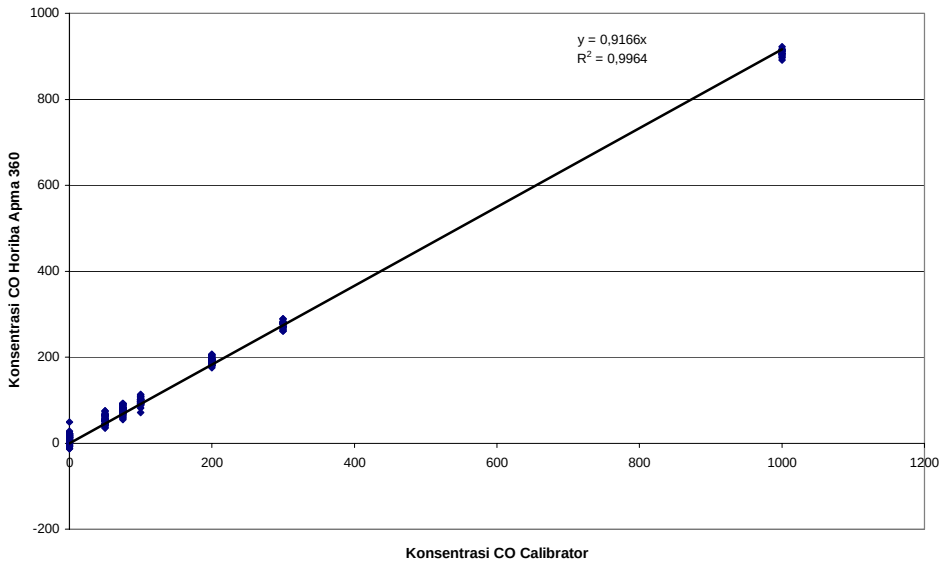
- melakukan *multipoint calibration* selama 9000 detik dan dilakukan perulangan sebanyak dua kali terhadap Horiba Apma 360. *Multipoint calibration* artinya memasukkan gas CO standar dengan konstentrasi bervariasi ke dalam instrumen Horiba Apma 360 selama periode waktu tertentu (misalnya dengan setting konfigurasi sebagai berikut :0 ppb selama 20 menit, lalu 300 ppb

selama 20 menit, setelah itu 100 ppb selama 20 menit, 200 ppb selama 20 menit, lalu 50 ppb selama 20 menit, kemudian 75 ppb selama 20 menit,25 ppb selama 20 menit begitu seterusnya sampai kembali ke 0 ppb selama 20 menit. Semua proses tersebut dilakukan dengan automatic dilution unit secara otomatis yagn berfungsi sebagai kalibrator, sehingga analyzer akan memberikan respon dan kalibrator juga akan mengeluarkan nilai target,untuk lebih jelasnya silakan lihat grafik berikut:

Hasil interkomparasi dengan cara *multipoint calibration* antara calibrator dengan instrumen HORIBA Apma 360, terlihat di grafik berikut:



Gambar 2 Hasil Interkomparasi (Konsentrasi gas CO pada kalibrator:CO_set, respon analyzer :CO, versus terhadap waktu pelaksanaan)



Gambar 3 Hasil Interkomparasi (Konsentrasi gas CO pada kalibrator versus Konsentrasi gas CO pada analyzer)

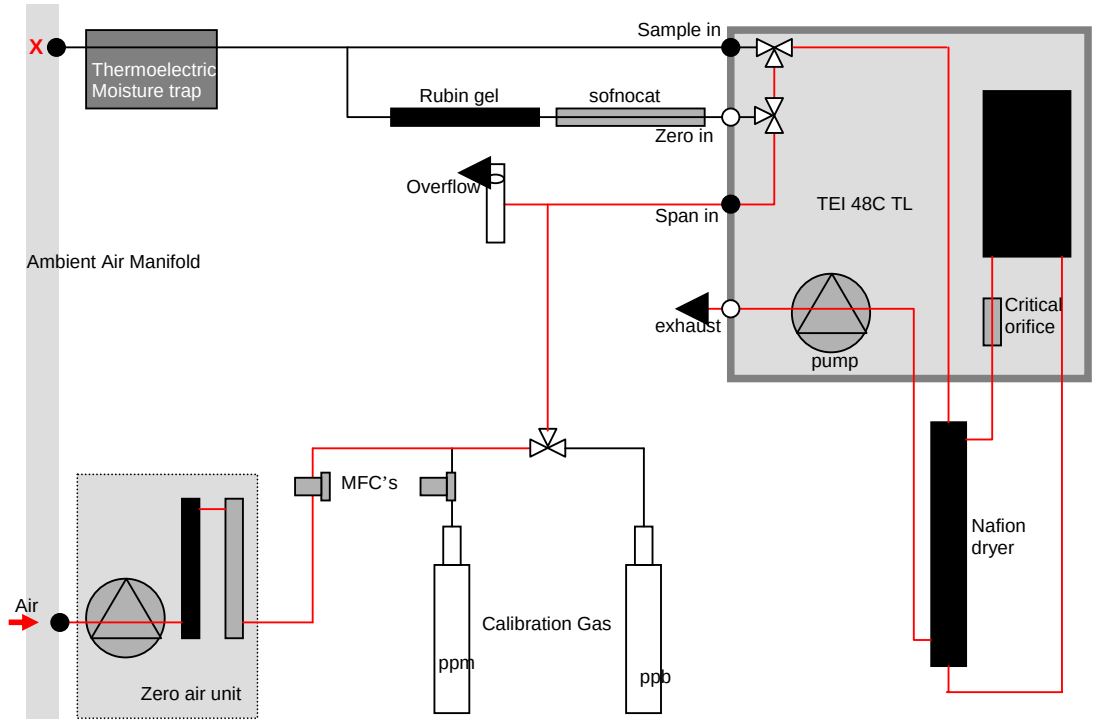
Adanya slope sebesar 0,92 pada persamaan linier menunjukkan bahwa adanya perbedaan antara nilai referensi dengan nilai analyzer. Nilai referensi atau nilai benar berasal dari nilai gas CO yang dikeluarkan kalibrator. Perbedaan yang terjadi sebesar 1-0,92=0,08 atau dengan kata lain terjadi kesalahan pengukuran pada instrumen CO Analyzer sebesar sebesar 8 % dari nilai seharusnya. Jika

slope = 1, berarti nilai pengukuran CO Horiba Apma 360 akan sama dengan nilai CO Calibrator, berarti tidak ada kesalahan dalam pengukuran. Perbedaan 8 % dari nilai rata-rata span itu sebetulnya sudah nampak saat membandingkan nilai rata-rata manual span dengan nilai true value harian . Nilai span seharusnya 344 ppb tapi rata-rata nilai manual span cek terbaca 316, atau sekitar perbedaan nilai 8% dari 344ppb. Dari data dan argumen diatas maka dapat diambil kesimpulan bahwa instrumen CO analyzer (Horiba Apma 360) perlu dikalibrasi ulang.

- Proses kalibrasi ulang/*recalibrate*. Kalibrasi ulang dilakukan dengan cara menubah besaran nilai span factor dan zero factor pada instrumen (nilai yang diisikan berdasarkan nilai hasil audit stasiun GAW Bukit Kototabang terakhir). Untuk span factor semula 1,0338 diganti 1,1035, sedangkan nilai zero factor semula 0,000 diubah menjadi -1. Pengganti nilai span factor dan zero factor tidak bisa dilakukan sembarangan atau semaunya, tetapi harus berdasarkan hasil audit kinerja alat yang biasa dilakukan oleh orang dari EMPA/World Calibration Center.

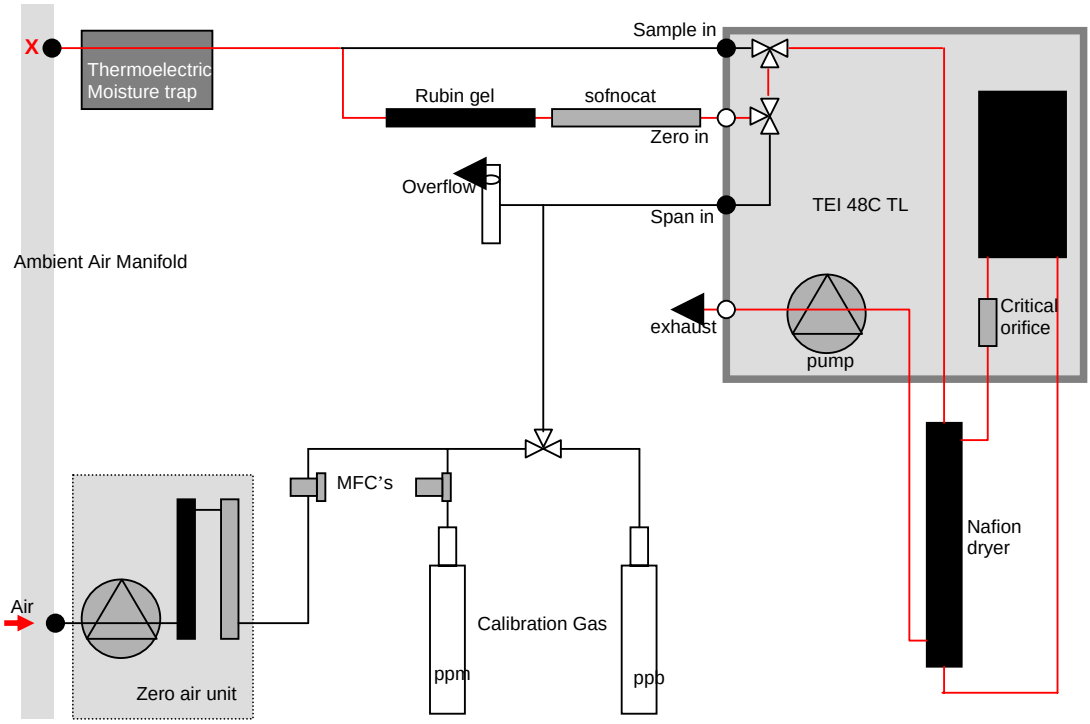
2. Mengecek Kinerja Proses Pengeringan Sampel Udara

Dalam studi kasus ini adalah pada instrumen CO analyzer (TEI48C). Untuk mengecek proses pengeringan sampel udara pada *zero air unit* dan pengeringan udara ambien pada instrumen TEI48C, dilakukan dengan membuat plot antara nilai hasil *manual span* dan *automatic span* versus waktu, mengapa?
Span check disini adalah memberikan gas CO dengan konsentrasi tertentu terhadap CO analyzer. Konsentrasi gas Co standar yang pekat berasal dari tabung gas dengan konsentrasi 44,86 ppm, sementara nilai gas CO yang ingin dimasukkan ke dalam analyzer sebanyak 444 ppb. Dalam proses ini diperlukan udara bebas gas CO dengan konsentrasi 0 ppm. Sumber udara bebas gas CO ada dua yaitu melalui zero air unit (garis merah pada gambar 4) dan dari udara ambien, rubin gel dan sofnocat (garis merah gambar 5)



Gambar 4 Udara bebas gas CO dari zero air unit (garis merah)

Ternyata ada perbedaan jalannya sampel udara masuk antara *automatic span check* dengan *manual span check*. Pada *automatic span check*, gas CO (karbonmonoksida) standar masuk ke instrument TEI48C berasal dari campuran tabung gas konsentrasi 44,86 ppm dengan udara bebas CO dari *zero air unit*. Sedangkan pada *manual span check*, gas CO (karbonmonoksida) standar dengan masuk ke instrument TEI48C berasal dari campuran tabung gas konsentrasi 44,86 ppm dengan dengan udara ambien bebas CO yang berasal langsung dari pipa sampel udara ambien yang melewati rubin gel, *nafion drier*, *sofnocat* terus ke analyser.



Gambar 5 Udara bebas gas CO dari udara ambien, melewati rubin gel, dan sofnocat (garis merah)

Perbedaan asal udara bebas CO (konsentrasi 0 ppm), untuk membuktikan apakah proses pengeringan udara melalui zero air unit sama dengan udara ambien dilewatkan dengan rubin gel dan sofnocat.Ternyata juga sama nilai manual span hanya sedikit berbeda dengan nilai automatic span. Dari sini dapat disimpulkan bahwa proses pengeringan untuk mendapatkan sampel udara kering bebas CO dari *zero air unit* dan dari udara ambien yang dilewatkan rubin gel dan *sofnocat* tidak ada bedanya.

3. Memperbaiki Manajemen Data di Komputer GAWDAQ

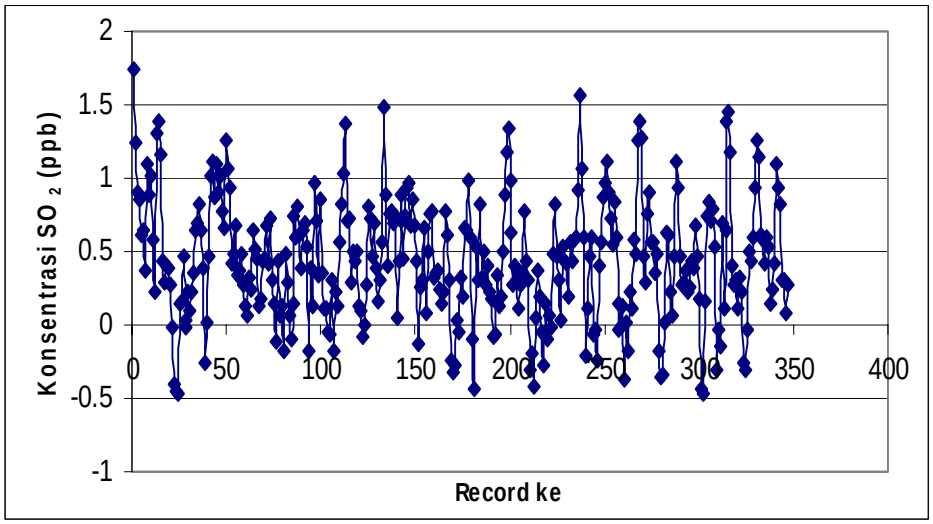
komputer GAWDAQ adalah komputer untuk melakukan jaminan mutu (QC) dan jaminan kualitas (QA) terhadap data-data observasi untuk dapat dikirimkan ke Pusat Data Dunia (WRDC), karena adanya program DANDI. Selain itu komputer GAWDAQ bertanggung jawab mengirimkan data secara otomatis ke server EMPA, dengan protocol (File Transfer Protocol/FTP). Oleh karena itu maka folder GAWDATA di E:\GAWDATA, harus memenuhi instruksi/prosedur berikut:

- setiap instrument yang ada di stasiun hanya ada satu cek list dan satu logfile, serta satu folder, format harus seragam untuk alat itu, ditambah logfile aktivitas stasiun kalo ada kebakaran besar, aktivitas pembangunan:
  misal:
  TEI48C_logfile
  TEI48C_checklist
  station_activitieslogfile
  folder TEI48C
  TEI49PS_logfile
  TEI49PS_checklist
  folder TEI49PS
- perbaharui terus logfile dan ceklist, download semua data yang tak bisa didownload dari GAWDAQ, setelah satu minggu, masukkan ke folder masing-masing:
  misal untuk data MAWS
  L1091027.CSV dimasukkan dalam data E:\GAWDATA, setelah ditransfer ke EMPA dan kurang lebih satu minggu, masukkan ke folder E:\GAWDATA\MAWS
  semua folder yang tidak ada di stasiun, jangan dimasukkan ke E:\GAWDATA, diberikan ke folder lain, misal:
  E:\GAWDATA\MAWS BASO
  E:\GAWDATA\TEI49C
  E:\GAWDATA\BACKUP

- selalu konsisten dalam pemberian nama, dan satu file setiap log file dan log check:
  misal :
  TS_43_logfile
  seharusnya TS43_logfile.
  ditemukan dua logfile
  TS_43i_logfile.txt dan SO242i_logfile.txt, pilih salah satu saja.
  penamaan folder harus benar:
  misal:
  E:\GAWDATA\BKT_SNAPSHOT, sebaiknya dituliskan E:\GAWDATA\BKT_WEBCAM

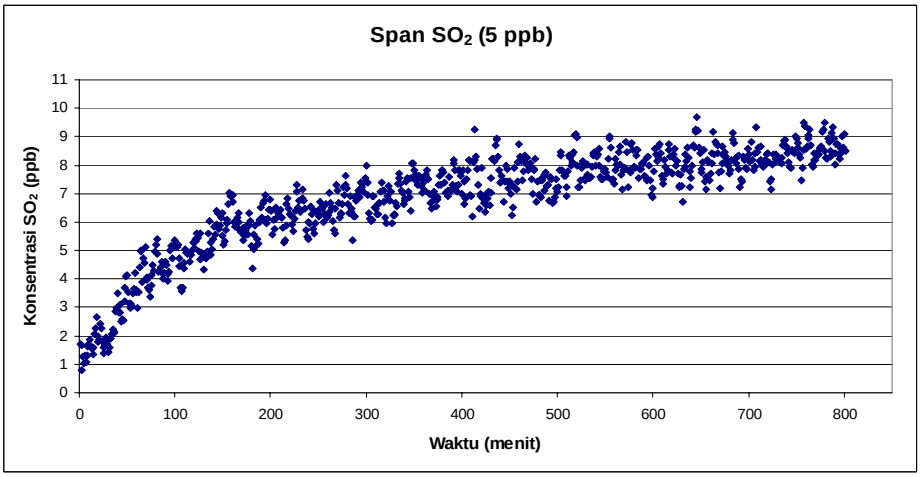
4. Mengukur Kinerja SO_2 Analyser (TEI43i-TLE) Dengan Cara Melakukan Zero Dan Span

Suatu instrument baru harus diukur kinerjanya sebelumnya dioperasional sepernuhnya, dengan maksud agar data yang dikeluarkan memenuhi standar jaminan mutu dan jaminan kualitas, cara yang dilakukan dengan melakukan zero dan span terhadap instrument. Zero adalah memberikan sampel standar dengan tanpa adanya zat yang dianalisis, dalam hal ini kadar SO_2 sebanyak 0 ppbnya.
Nilai zero dihasilkan oleh zero air generator.
Sedangkan span adalah memasukkan nilai sample standar yang telah diketahui dengan pasti nilainya, dalam ini nilai span berasal dari campuran gas SO_2 dari tabung gas dengan udara bebas SO_2, instrumen yang digunakan untuk mencampur adalah dilution unit (TEI146i).

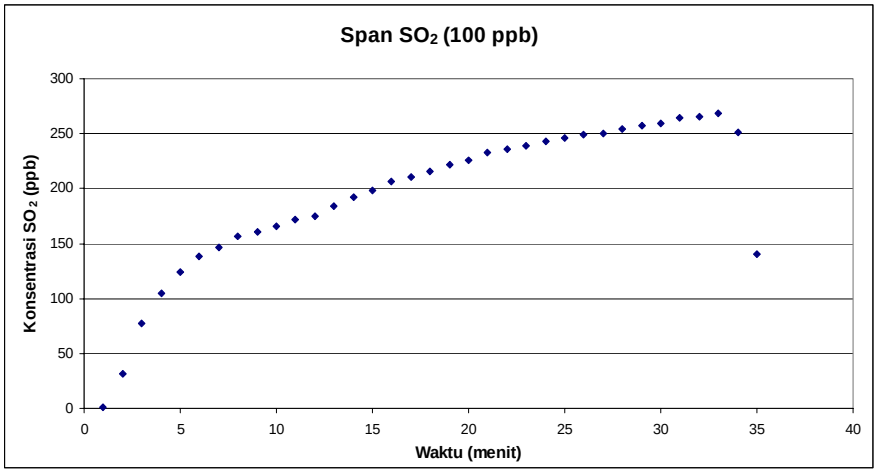


Gambar 6 Nilai zero untuk SO_2 *analyser* (TS43i-TLE) sebelum di kalibrasi ulang

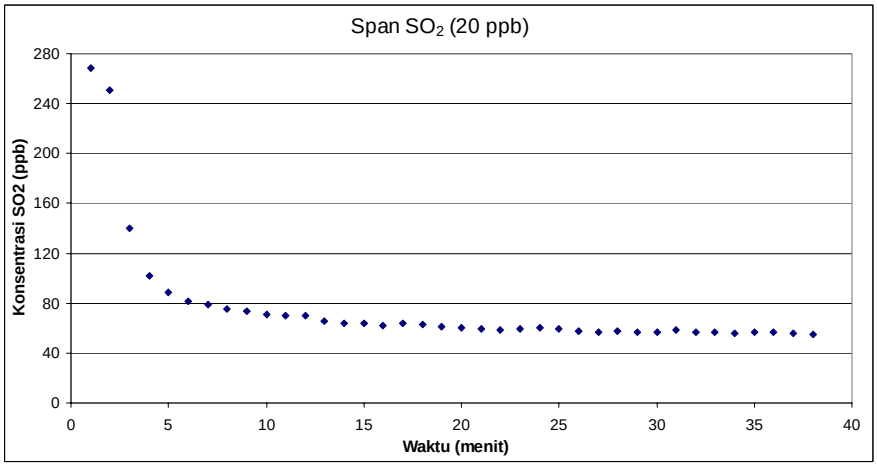
Zero yang dilakukan terhadap instrumen dilakukan dengan mencatat 100 data record , setiap kali angka berubah, karena resolusi data logger paling pendek satu menit, tidak bisa dalam hitungan detik.



Gambar 7 Nilai Span 5 ppb untuk SO_2 *analyser* (TS43i-TLE) sebelum di kalibrasi ulang



Gambar 8 Nilai Span 100 ppb untuk SO_2 *analyser* (TS43i-TLE) sebelum di kalibrasi ulang



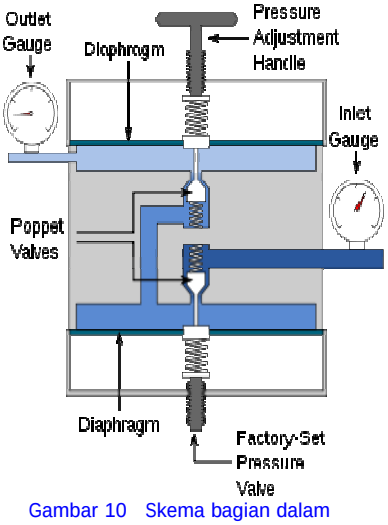
Gambar 9 Nilai Span 20 ppb untuk SO_2 *analyser* (TS43i-TLE) sebelum di kalibrasi ulang

Span untuk SO_2 *analyser* (TS43i-TLE) dilakukan span pertama 5 ppb, 100 ppb dan 20 ppb selama masing-masing 30 menit. Tampak sekali bahwa sebelum dikalibrasi ulang pembacaan alat menunjukkan nilai yang berbeda dengan nilai referensii(nilai yang sebenarnya.

5. Cara Memasang 2 Stage Regulator Pada Tabung Gas Baru

tahapan memasang regulator ke tabung gas baru

- Pasang Teflon Tape (TBA) ke Baut Regulator.
- Pastikan tidak ada debu di lubang tabung gas tempat baut regulator terpasang, bersihkan dulu dengan tisu, pasangkandengan tangan, berlawanan dengan arah jarum jam.
- Kencangkan baut regulator setelah terpasang ke tabung gas dengan kunci inggris besar, pastikan sudah betul-betul rapat.
- Sekarang ada dua knop, satu ditabung gas dan satu lagi di regulator.
- Lakukan proses flush minimal 10 kali menurut Joerg, sedangkan menurut Chrsitoph minimal 6 kali.
- Flush dilakukan dengan cara:
  Buka knop tabung gas dengan cepat lalu tutup lagi, kemudian buang gas dari regulator dengan membuka knop regulator.



Gambar 10 Skema bagian dalam 2 stage regulator

- Kencangkan/tutup knop regulator, lalu buka knop tabung gas dengan cepat dan tutup kembali.
- Catat nomor tabung, tanggal dan jam saat ini, dan tekanan gas dalam tabung (PSI)
- Tunggu/biarkan selama 1-2 jam, catat tekanan dalam tabung, bila turun berarti ada kebocoran, ganti dengan regulator yang lain. Bila tetap sama, tabung dan regulator telah siap digunakan untuk mengalirkan gas.

Untuk tabung Scott:
Knop regulator searah jarum jam berarti membuka
Knop regulator berlawanan jarum jam berarti menutup.
knop tabung gas searah jarum jam berarti menutup.
knop tabung gas berlawanan jarum jam berarti membuka.

Gambar 11
Tabung gas Scott Martin dan 2 stage regulator

Catatan: Pengujikan menggunakan gelembung sabun untuk pengecekan kebocoran gas seperti yang dilakukan oleh tukang tambal tidak direkomendasikan oleh Joerg, karena tidak memenuhi kontrol mutu dan kontrol kualitas.

6. Cara Melakukan Leak Check Pada Sistem Kalibrasi PICARRO

Setelah tabung dan regulator betul-betul aman dari kebocoran, kita sambungkan tabung gas dengan sistem kalibrasi. Untuk gas CO_2 dan Metana, pipa/selang tabung harus dari stainless steel/aluminium, atau dari black Cable (pipa elastis warna hitam dengan logam aluminium pelapis bagian dalamnya). Kedua material tersebut dipilih agar menghindari reaksi antara gas dengan material pipa tabung. Kelemahannya pipa dari stainless stell sangat kuat dan tidak lentur, serta susah dipotong, harus dengan pemotong khusus, sedangkan kelemahan dari black cable adalah tidak boleh ditekuk pada saat pemasangan.

Pada saat memasang selang tabung dari tabung gas ke sistem kalibrasi PICARRO perlu diketahui cara pemasangan mur-baut swagelog yang benar untuk menghindar kebocoran. .Setelah terpasang dengan benar, tahapan leak check dilakukan dengan tutup sistem kalibrasi PICARRO, buka 2 stage regulator, buka tabung gas dengan cepat dan tutup kembali, catat tekanan di regulator gas, misal=1900 Psi, tunggu selama 0,5-2 jam. Setelah waktu yang ditentukan catat tekanan regulator, bila turun misal 1800 PSi berarti ada kebocoran di dalam sistem kalibrasi PICARRO atau di gas fitting/swagelok, bila tekanan tetap 1900 Psi, berarti tidak ada kebocoran dalam sistem.

Gambar 11
Rak Tabung Gas (kiri) sistem Kalibrasi dan Analyzer PICARRO (kanan)

7. Cara Menghitung "Umur Tabung Gas"/Mengukur Lama Sisa Gas Dalam Tabung.

Langkah pertama adalah menghitung keperluan gas setiap harinya(L/hari),kemudian menghitung volume total sisa gas dalam tabung (L). Lama sumur tabung gas adalah volume total sisa gas dalam tabung (L) dibagi dengan keperluan gas setiap harinya (L/hari).

Menghitung keperluan gas setiap harinya:
Untuk lebih mudahnya digunakan ilustrasi menggunakan instrumen Horiba Apma 360
Diketahui *automatic span* HORIBA Apma 360 setiap 4 jam selama 10 menit dengan laju alir dari tabung gas 25mL/menit, tekanan tabung gas 800 Psi = 54,43 Atm. Berapa keperluan gas setiap hari (L/hari)?
Berarti dalam satu hari ada 6 kali *automatic span* selama 10 menit = 6 x 10 menit = 60 menit
Laju alir dari tabung gas 25 mL/menit=0.025 L/menit dipakai 60 menit, berarti keperluan gas setiap harinya 60 menit x 0,025 L/menit=1.5 L/hari

Volume total sisa gas dalam tabung, diketahui tekanan dalam tabung 54,43 atm, tekanan dalam tabung saat kosong 1 atm. Berapa volume total gas sisa dalam tabung (L)?
Dengan mengasumsikan bahwa gas CO mengikuti gas ideal, maka PV=nRT,
maka akan diketahui volume total gas sisa dalam tabung P1 x V1 = P2 x V2,
dimana P1 =tekanan tabung saat ini 54,43 atm,
P2= tekanan udara dalam laboratorium=1 atm,
V1=volume tabung = 30 L,
V2=total volume gas dalam tabung 54,43/1 atm x 30 L = 1643,2 L

Berarti lama sisa gas dalam tabung (hari)= total volume gas dalam tabung (L) dibagi keperluan gas setiap hari (L/hari) = 1643,2 L / 1.5 L/hari
= 1088,6 hari

8. Menghitung Nilai Span Teoritis Konsentrasi Gas CO (Karbonmonoksida)

Span yang dimaksud adalah memasukkan ke dalam instrumen, suatu gas standar yang dalam hal ini CO (karbonmonoksida) yang telah diketahui dengan pasti konsentrasinya. Mengetahui nilai span gas CO teroritis, berguna untuk mengetahui kinerja alat, dengan cara membandingkan nilai span pada *display* instrumen dengan nilai span teoritis.

Konsentrasi gas CO dalam tabung sebesar 44,68 ppm =44680 ppb, sedangkan konsentrasi gas udara ambien stasiun GAW Bukit Kototabang selama ini berada di bawah 1000 ppb, oleh karena untuk mendapat konsentrasi gas CO dibawah 1000 ppb, gas standar CO 44680 ppb perlu diencerkan dengan suatu udara kering bebas gas CO yang dihasilkan oleh instrumen *zero air unit*.

Misalnya setting alat untuk instrumen HORIBA Apma 360, saat ini:
Konsentrasi gas CO dalam tabung 44,68 ± 0,45 ppm
Konsentrasi gas CO dari zero air unit 0 ppm
1 ppm = 1000 ppb
Laju alir maksimum tabung diatur oleh MFC1 (*mass Flow controller* 1) = 100 mL/menit,
diatur 25% nya, berarti 25 mL/menit=0,025 L/menit
Laju alir dari zero air unit sebagai penghasil udara bebas karbonmonoksida (CO), atau bisa dikatakan sebagai pengencernya diatur oleh MFC2 = 5 L/menit,
diatur 50%, berarti laju alir =2.5 L/menit

Maka konsentrasi gas CO teoritis atau nilai span teoritis setelah kedua gas tersebut dicampur adalah
= [(MFC1 x konsentrasi gas dalam tabung)+(MFC2 x konsentrasi gas dari zero air unit)]/ (MFC1 + MFC2)
= [(0.025 L/menit x 44680 ppb)+(2.5 L/menit x 0 ppb)]/ (0.025 L/menit + 2.5 L/menit)
= 442 ppb

9. Menghitung Resident Time Suatu Gas Dalam Pipa Inlet

Resident time atau waktu tinggal suatu gas dalam pipa inlet adalah berapa lama suatu gas dari sejak masuk dari mulut inlet sampai ke masuk ke instrumen untuk dianalisis konsentrasinya. Nilai resident time sangat berguna untuk mengetahui pengukuran yang dilakukan sudah benar, dengan cara membandingkan antara life time (umur gas selama belum bereaksi dengan spesies lain dan atau berubah menjadi bentuk lain, bisa berupa ion, molekul atau senyawa) dengan resident time. Bila life time > resident time, artinya gas yang diukur betul-betul bersumber dari inlet luar, namun bila Bila life time < resident time, berarti gas yang diukur baru terbentuk didalam pipa inlet dengan kata lain pengukuran yang dilakukan salah.

Untuk dapat mengukur resident time, diperlukan data : tekanan gas ambien dimulut inlet dalam mbar/atm (P1), tekanan gas dalam instrument mbar/atm (P2), laju alir/flow sampel gas dalam instrumen dalam L/menit (f), panjang pipa inlet dalam m (L), diameter dalam pipa inlet(d) dengan mengasumsikan gas mengikuti gas ideal maka

$$P1 \times V1 = P2 \times V2$$

Maka volume gas yang ingin diketahui

$$V2 = (P1 \times V1) \times P2 \quad \text{.....(1)}$$

Sedang volume gas dalam pipa (V1) juga diketahui dari luas area diameter dalam pipa inlet dikalikan dengan panjang pipa dengan asumsi bahwa pipa inlet berbentuk tabung.

Diketahui
panjang pipa = L
Laju alir gas = f
Luas area pipa dalam = $\pi (d/2)^2$
Volume pipa dalam (V1) = panjang pipa x luas area pipa dalam

$$(V1) = L \times \pi (d/2)^2 \quad \text{.....(2)}$$

Dengan menggabungkan persamaan 1 dan 2 menjadi

$$V2 = (P1 \times L \times \pi (d/2)^2) \times P2 \quad \text{.....(3)}$$

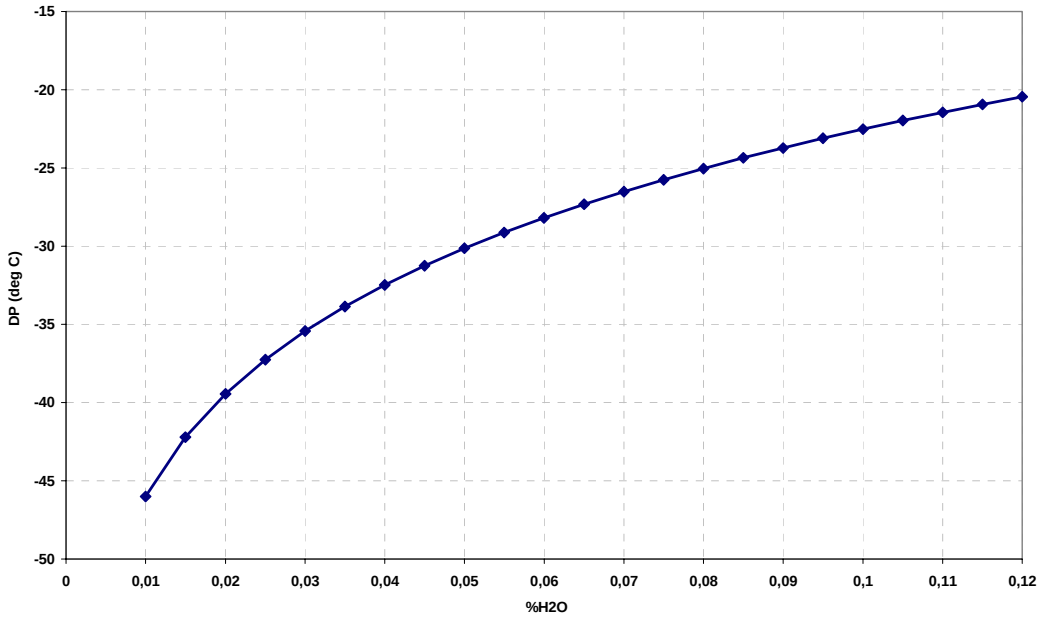
Karena flow (f) = volume (V2) / resident time (t) .....(4)
Maka resident time (t) diketahui dari volume (V2) dibagi flow (f)

Dengan menggabungkan persamaan 3 dan 4, maka nilai resident time dapat diketahui

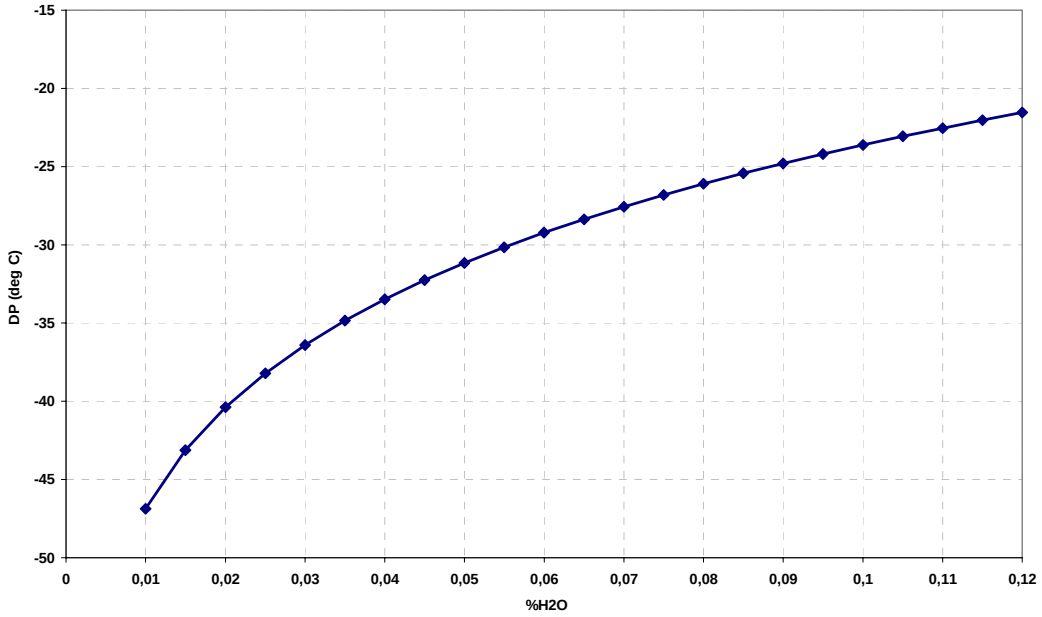
resident time (t) = volume gas (V2) dibagi flow (f)
resident time (t) =$[(P1 \times L \times \pi (d/2)^2) \times P2] / f$

10. Menghitung Koreksi Kadar H_2O Terhadap Konsentrasi Gas CO_2

Adanya air H_2O, dalam bentuk uap air dan tercermin dalam kelembaban ternyata sangat berpengaruh pada pengukuran konsentrasi CO_2(karbondioksida). Pengaruhnya apa? H_2O dengan CO_2 memiliki serapan pada panjang gelombang yang saling berdekatan, sehingga konsentrasi CO_2 yang terukur pada suatu instrumen harus dikoreksi dengan konsentrasi H_2O.



Gambar 12
grafik yang menghubungkan konsentrasi H_2O dengan Dew Point/titik embun dalam derajat celsius, pada kondisi suhu 23^oC, tekanan 1 atm (1013 mbar)



Gambar 13
grafik yang menghubungkan konsentrasi H_2O dengan Dew Point/titik embun dalam derajat celsius, pada kondisi suhu 23^{O}C, tekanan 920 mbar

Dengan melihat Dew point pada saat proses pembuatan/pemasukkan udara tekan yang berisi CO_2 ke dalam tabung gas, dalam kasus tabung gas standar CO_2 ini sekitar -25^{O}C, sehingga kita tahu koreksi konsentrasi H_2O sebesar 0,08 %.

Lalu langkah apa yang biasanya dilakukan untuk mengurangi konsentrasi H_2O pada instrumen : misal pada pengukuran gas reaktif, untuk instrumen HORIBA Apma 360 (CO analyser) menggunakan kombinasi alat dehumidifier 109, silika gel dan nafion drier, untuk memastikan udara yang masuk betul-betul kering. Sedangkan pada instrumen pengukur ozon (TEI49) dan alat kalibrasinya menggunakan sejenis pendingin mirip kulkas, di kombinasikan dengan silika gel. Sedangkan instrumen pengukur aerosol PM 10, BAM 1020 dilengkapi dengan heater/pemanas untuk menghilangkan uap air.

11. Cara Memasang Mur Dan Baut Swagelok.

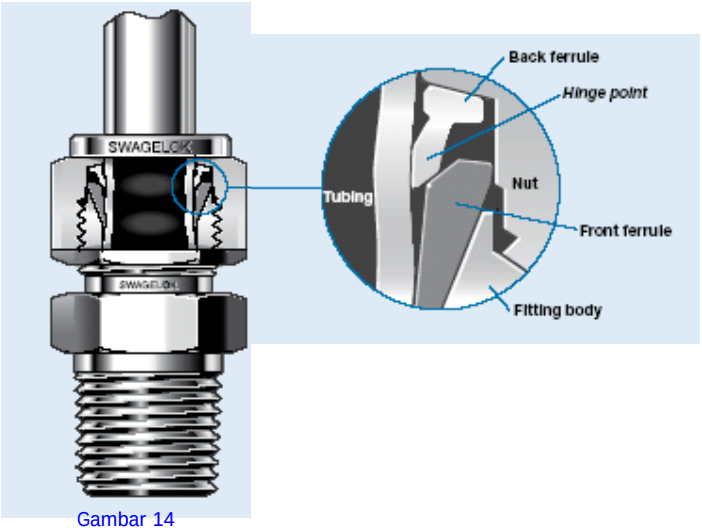
Pada pengukuran gas dari inlet sampai ke instrumen, untuk mencegah kebocoran gas, memerlukan syarat-syarat khusus,misalnya untuk gas CO2 dari tabung gas ke instrument memerlukan selang dari stainless steel, sedangkan dari inlet udara ambien ke alat menggunakan selang dari bahan black cable. Lain halnya dengan CO_2, bagi gas CO dan O_3 material/bahan selang inlet gas masuk cukup dengan teflon , sedangkan bahan selang bagi CO dari tabung gas ke instrumen juga terbuat dari bahan stainless steel.
Sedangkan untuk mur maupun baut, untuk menghindari kebocoran pihak EMPA dalam hal ini Joerg, meminta agar mur dan baut menggunakan merk Swagelok. Mur dan baut tipe ini ada yang terbuat dari stainless steel dan plastik.

Fitur-fiturnya:

- Tersedia dari ukuran 1/16 sampai 2 inchi dan 2 sampai 50 mm
- Mudah dilepas dan dikencangkan kembali
- Tersedia dalam berbagai material dan berbagai jenis konfigurasi
- Proses pemasangan konsisten dari awal

Gambar 14
Jenis-jenis swagelok yang terbuat dari stainless steel

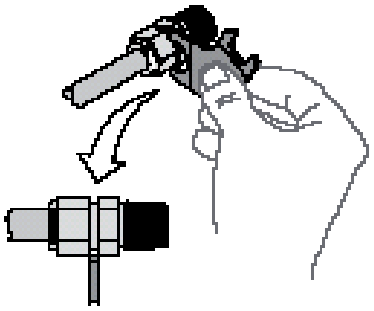
Keunggulan swagelok dibandingkan dengan mur dan baut dari jenis lain:



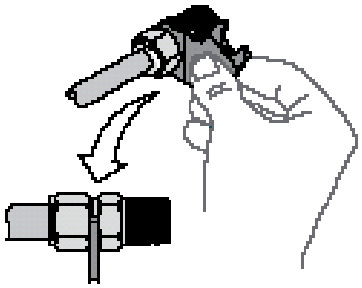
Gambar 14
Keunggulan swagelok

Adanya design mekanis lanjut yang mempunyai 2 sisi ferrule, yaitu depan (front ferrule) dan belakang (back ferrule).Selama proses pemasangan mur, bagian depan (front ferrule) didorong ke arah fitting body, dan pipa/selang akan membuat segel utama. Sedangkan bagian belakang (back ferrule) akan membuat genggaman kuat dengan pipa/selang. Design geometri bagian belakang (back ferrule) dirancang khusus sehingga saat pemasangan tidak membutuhkan tenaga putar yang kuat.

Adanya tindakan dan peralatan tertentu untuk menguji apakah terjadi kebocoran pada sambungan



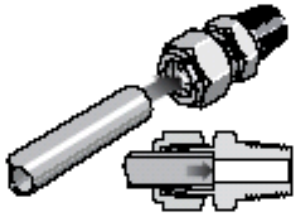
Kunci pas/pengencang tidak bisa muat/masuk ke dalam celah sambungan, berarti sambungan rapat/tidak ada kebocoran

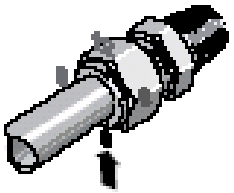


Kunci pas/pengencang bisa muat/masuk ke dalam celah sambungan, berarti sambungan tidak rapat kemungkinan ada kebocoran, untuk itu sambungan perlu dikencangkan lagi

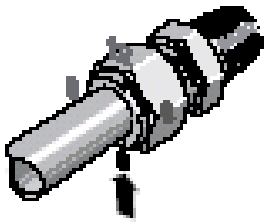
Jika ada celah yang bisa dimasuki oleh alat pengencang , berarti sambungan kurang kencang. Jika celah sudah tidak bisa dimasuki alat pengencang, berarti sambungan sudah kuat dan kencang.

Tahapan pemasangan fitting selang tabung 'Swagelok' dengan ukuran sampai ¼ inchi

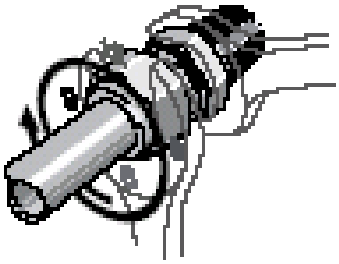




1. Masukkan selang/pipa sampai batas dalam mur, putar mur dengan jari sampai kencang.



2. Tandai mur pada posisi jam 6.



3. Pada sisi tangan kanan memegang kunci pas menahan mur sebelah kanan, sedangkan kunci pas yang lain pada tangan kiri diputar satu kali putaran sampai jam 6, kemudian dilanjutkan putaran kecil sampai posisi jam 9.

CATATAN PENULIS:

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Joerg Klausen atas informasinya, kepada Firda Amalia Maslakah dan Albert Christian Nahas atas sharing ilmu sehingga formula-formula perhitungan dapat dituangkan dalam tulisan ini, kepada Carles Siregar atas instruksi operasional CO Analyzer.

Semoga dokumentasi kedatangan Joerg Klausen ke Stasiun GAW Bukit kototabang dapat bermanfaat bagi kita semua, untuk memperbaiki cara pengoperasian, peralatan di stasiun GAW Bukit Kototabang.

REFERENSI

Agusta Kurniawan dan Carles Siregar, 2009, Ceklist dan logfile Horiba Apma 360
Agusta Kurniawan dan Carles Siregar, 2009, Ceklist dan logfile TEI48C
Agusta Kurniawan, 2009, Catatan rapat pertemuan I dengan Joerg Klausen 24 Oktober
Albert Christian Nahas, 2009, diskusi lisan dan tertulis
Firda Amalia Maslakah, 2009, diskusi lisan dan tertulis
Joerg Klausen, 2009, komunikasi lisan dan tertulis selama di stasiun GAW Bukit Kototabang
Noname, 2009, http://www.swagelok.com/downloads/animations/TUBE_FITTING.HTM
Swagelok Company, 2009, Gaugeable Tube Fittings and Adapter Fittings,
http://www.swagelok.com/.../MS-01-140.pdf

MEMANTAU PERUBAHAN IKLIM DARI BUKIT KOTOTABANG

Alberth Christian Nahas
Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang
Sumatera Barat
email : alberth.christian@yahoo.com

"Diperkirakan sekitar 2000 pulau akan tenggelam pada tahun 2030-2050 karena pemanasan global." – Suara Pembaharuan, Juni 2007

Perubahan iklim merupakan istilah yang jamak kita dengar saat ini. Seiring dengan kesadaran dari masyarakat dunia terhadap terjadinya perubahan terhadap kondisi lingkungan yang mengakibatkan perubahan pada iklim menyebabkan isu ini telah melebar dari sekedar isu lingkungan semata. Salah satu penyebab dari terjadinya perubahan iklim adalah fenomena pemanasan global (*global warming*). Dalam laporannya pada tahun 2007, *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), menyebutkan bahwa berdasarkan hasil pemantauan dari berbagai tempat di dunia, telah terjadi peningkatan temperatur di permukaan bumi. Meningkatnya temperatur di permukaan bumi yang terjadi secara global inilah yang dikenal dengan pemanasan global.

Perubahan iklim bukanlah fenomena yang terjadi dalam waktu yang singkat. Diperlukan waktu bertahun-tahun untuk memperoleh data yang jelas dan akurat. Dari data yang telah dikumpulkan hingga akhir abad ke-20 ditemukan fakta-fakta sebagai berikut:

- sepuluh tahun terhangat selama seratus tahun terakhir terjadi setelah tahun 1980.
- tiga tahun terpanas terjadi setelah tahun 1990.
- tahun terpanas terjadi pada tahun 1998.

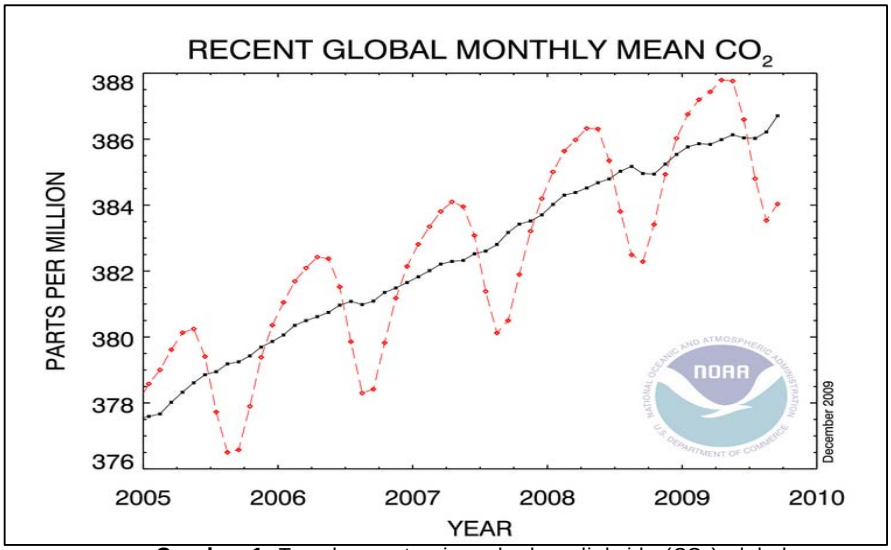
Konsistensi peningkatan konsentrasi gas rumah kaca menyebabkan terus menghangatnya iklim. Lamanya gas-gas tersebut berada di atmosfer menjadikan ancaman ini semakin serius. Jika emisi gas rumah kaca terus meningkat di atmosfer, diperkirakan temperatur di permukaan bumi dapat meningkat hingga tiga kali lipat pada awal abad ke-22, akibatnya terjadi perubahan iklim yang dashyat.

Terjadinya pemanasan global dipicu oleh adanya perubahan pada sistem kesetimbangan energi yang berasal dari radiasi matahari. Ada beberapa faktor yang dapat menyebabkan hal ini, diantaranya adalah perubahan pada intensitas energi radiasi yang dipancarkan oleh matahari, perubahan pada permukaan bumi yang mempengaruhi kemampuannya dalam menyerap dan memancarkan balik energi radiasi, dan perubahan pada komposisi atmosfer. Faktor yang terakhir disebutkan berhubungan dengan konsentrasi gas dan aerosol yang menyusun atmosfer bumi.

Meskipun 99% komposisi gas yang ada di atmosfer didominasi oleh nitrogen (N_2) dan oksigen (O_2), namun kedua gas ini hampir tidak memiliki pengaruh terhadap perubahan pada temperatur di permukaan bumi. Adalah gas rumah kaca, gas yang konsentrasinya sangat kecil di atmosfer bumi, yang bertanggung jawab terhadap temperatur di permukaan bumi. Berbagai studi yang telah dilakukan menyebutkan bahwa meningkatnya temperatur di permukaan bumi sangat berkaitan erat dengan meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer.

PBB melalui amandemennya yang dituangkan dalam Protokol Kyoto pada tahun 1997, telah menyadari akan pentingnya pengendalian terhadap emisi gas rumah kaca. Dalam protokol tersebut, disebutkan ada enam gas yang dikategorikan ke dalam gas rumah kaca yang harus dikendalikan emisinya. Keenam gas tersebut adalah:

- karbon dioksida (CO_2)
- metana (CH_4)
- nitrous oksida (N_2O)
- hidrofluorokarbon (HFC)
- perfluorokarbon (PFC)
- sulfur heksafluorida (SF_6)

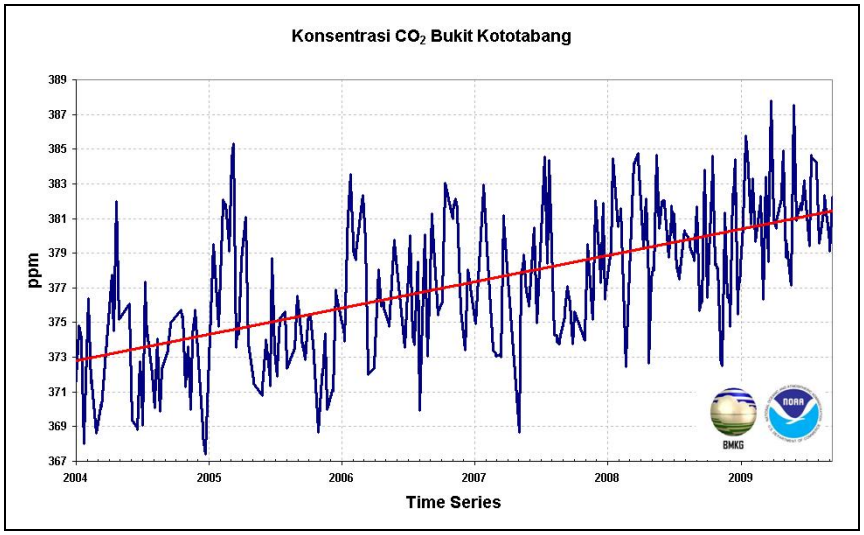


Gambar 1. Tren konsentrasi gas karbon dioksida (CO_2) global

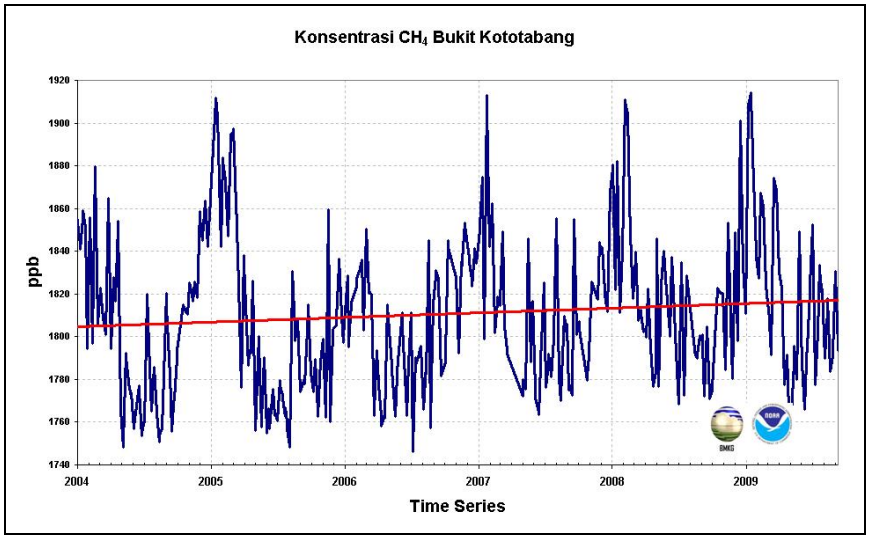
Mengingat pentingnya pengendalian terhadap emisi gas rumah kaca, maka pengukuran terhadap konsentrasi gas rumah kaca merupakan hal yang sangat penting untuk dilakukan. Di Indonesia, salah satu pengukuran konsentrasi gas rumah kaca dilakukan di Bukit Kototabang. Dari enam gas rumah kaca, empat diantaranya telah diukur di Bukit Kototabang. Keempat gas tersebut adalah CO_2, CH_4, N_2O, dan SF_6. Pengukuran ini telah dilakukan sejak tahun 2004 dan merupakan program kerjasama antara Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) dengan *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) Amerika Serikat yang tergabung dalam *Global Carbon Monitoring Network*. Jaringan ini tersebar di lebih dari 100 lokasi yang tersebar di 7 benua. Oleh karena metode

pengukuran dan analisis dilakukan dengan cara yang sama, maka hasil pengukurannya dapat diperbandingkan.

Hasil pengukuran konsentrasi gas rumah kaca di Bukit Kototabang memperlihatkan konsistensi kenaikan konsentrasi gas rumah kaca setiap tahunnya. Konsentrasi CO_2, yang merupakan gas rumah kaca yang terpenting dan dianggap sebagai barometer terpenting dalam pengamatan konsentrasi gas rumah kaca, sampai dengan pertengahan tahun 2009 mencapai 381,7 ppm (*part per million*). Konsentrasi ini meningkat 2,3% dari konsentrasinya pada tahun 2004 yang sebesar 373,1 ppm. Konsentrasi CO_2 hasil pengukuran di Bukit Kototabang ini masih lebih rendah daripada konsentrasi CO_2 secara global yang sebesar 386,2 ppm dan konsentrasi CO_2 yang diukur di Mauna Loa, Amerika Serikat yang sebesar 388,7 ppm. Sementara itu, konsentrasi CH_4 di Bukit Kototabang yang terukur sebesar 1824,5 ppb (*part per billion*) atau meningkat 1% dari konsentrasinya pada tahun 2004 yang sebesar 1806,3 ppb. Dari keempat gas rumah kaca, CH_4 memiliki prosentase kenaikan yang paling rendah.



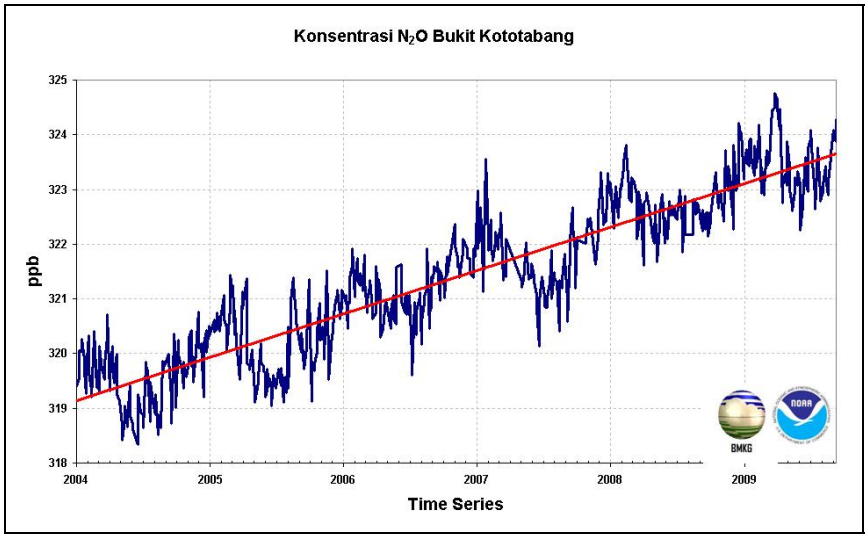
Gambar 2. Tren konsentrasi gas karbon dioksida (CO_2) di Bukit Kototabang



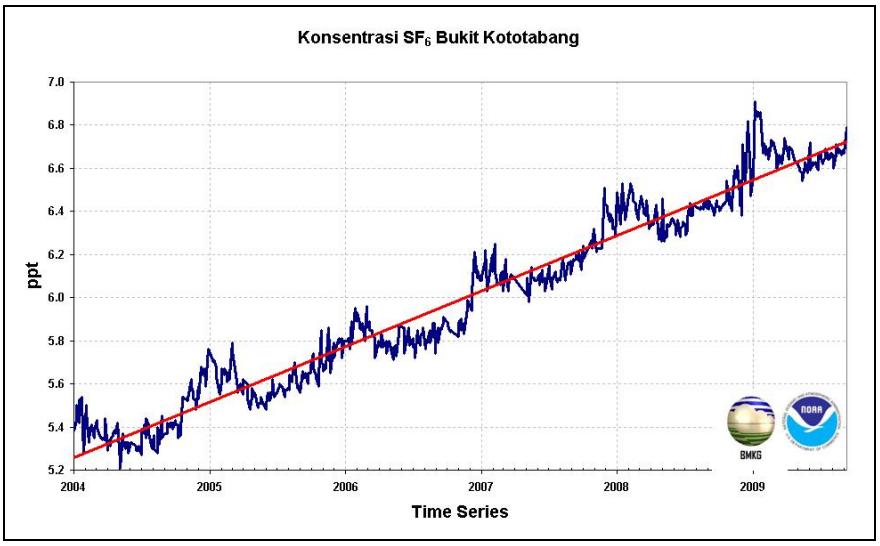
Gambar 3. Tren konsentrasi gas metana (CH_4) di Bukit Kototabang

Untuk gas N_2O, hasil pengukuran sampai pertengahan 2009 menunjukkan konsentrasi sebesar 323 ppb atau meningkat 1,2% dari konsentrasinya pada tahun 2004. Sedangkan konsentrasi gas SF_6 terukur sebesar 6,67 ppt (*part per trillion*) atau meningkat 23,3%. Perlu diketahui bahwa tidak seperti CO_2, CH_4, dan N_2O

yang diemisikan baik secara alami maupun antropogenik, gas SF_6 seluruhnya berasal dari emisi antropogenik. Artinya, kegiatan manusia bertanggung jawab sepenuhnya terhadap emisi gas ini. Oleh karena itu, peningkatannya yang jauh lebih cepat dibandingkan gas lain harus menjadi perhatian serius, meskipun skala satuan konsentrasinya masih lebih kecil daripada gas lainnya.



Gambar 4. Tren konsentrasi gas nitrous oksida (N_2O) di Bukit Kototabang



Gambar 5. Tren konsentrasi gas sulfur heksafluorida (SF_6) di Bukit Kototabang

Perubahan iklim sering dikaitkan dengan meningkatnya temperatur permukaan bumi. Meskipun tidak langsung berkorelasi, namun faktanya memang telah terindikasi terjadinya tren peningkatan temperatur sebesar ± 0.6°C. Adanya kenaikan temperatur ini akan berdampak pada mencairkan es di kutub sehingga akan meningkatkan permukaan air laut. Dampak lebih lanjutnya antara lain sebagai berikut:

a. Meningkatnya volume air laut sehingga permukaan air laut akan naik sekitar 9-100 cm.
b. Terjadinya banjir di daerah pesisir.
c. Tenggelamnya pulau-pulau dan kota besar yang ada di tepi laut.
d. Meningkatnya curah hujan di daerah beriklim tropis.
e. Tanah akan menjadi lebih cepat kering, walaupun sering diguyur hujan. Kekeringan tanah ini akan mengakibatkan banyak tanaman mati. Dengan demikian, di beberapa tempat dapat mengalami rawan pangan.

f. Meningkatnya frekuensi terjadinya angi ribut.
g. Musnahnya flora dan fauna yang tidak mampu beradaptasi terhadap perubahan alam.

Indonesia tak luput dari akibat buruk dari Perubahan Iklim. Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, banyak di antara pulau-pulau yang dimiliki Indonesia berpotensi tenggelam akibat meningkatnya permukaan air laut. Dari hasil pendataan Departemen Kelautan dan Perikanan (DKP) tahun 2007, dalam dua tahun ada 24 pulau yang tenggelam karena penggalian pasir, abrasi, dan perubahan alam. Banyak kota-kota besar di Indonesia yang juga rawan terhadap ancaman ini. Salah satunya adalah Jakarta yang termasuk dalam 180 kota di dunia yang 70% wilayahnya berada di kawasan pantai berelevasi rendah yang terancam oleh naiknya permukaan laut. Apabila ancaman ini tidak segera ditanggulangi maka solusi untuk mengatasinya akan memerlukan biaya yang mahal karena harus menciptakan infrastruktur bangunan pelindung pantai yang kokoh dan juga biaya untuk relokasi jutaan orang dari daerah pesisir.

Gambar 6. Logo CoP XV di Kopenhagen, Denmark

Conference of the Parties (CoP)

Banyak pihak yang berkomitmen dalam upaya mengurangi dampak buruk dari meningkatnya konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer yang menyebabkan terjadinya pemanasan global. Salah satunya adalah dengan diadakannya *Conference of the Parties* (CoP). Cikal bakal pelaksanaan CoP dimulai pada tahun 1992 ketika dilaksanakan *Earth Summit*, di Rio de Jainero, Brasil. Ketika itu permasalahan mengenai peningkatan konsentrasi gas rumah kaca akibat aktivitas antropogenik dijadikan sebagai isu penting dan selanjutnya secara rutin sejak tahun 1995, diadakan suatu pertemuan yang membahas mengenai masalah ini.

Tempat penyelenggaraan COP antara lain sebagai berikut:

1. 1995 – Berlin, Jerman
2. 1996 – Jenewa, Swiss
3. 1997 – Kyoto, Jepang
4. 1998 – Buenos Aires, Argentina
5. 1999 – Bonn, Jerman
6. 2000 – Den Haag, Belanda dan Bonn, Jerman (lanjutan)
7. 2001 – Marrakech, Maroko
8. 2002 – New Delhi, India
9. 2003 – Milan, Italia
10. 2004 – Buenos Aires, Argentina
11. 2005 – Montréal, Kanada
12. 2006 – Nairobi, Kenya
13. 2007 – Bali, Indonesia
14. 2008 – Poznan, Polandia
15. 2009 – Kopenhagen, Denmark

Beberapa keputusan penting yang pernah diambil dalam konferensi ini antara lain:

1. Pada CoP I di Berlin tahun 1995, dicetuskan suatu keputusan yang dikenal dengan sebutan “Mandate of Berlin”, yang berisi komitmen negara-negara maju untuk mengurangi emisi gas rumah kaca secara signifkan.
2. CoP II di Jenewa tahun 1995 melahirkan “Declaration of Geneva”, berisi kesepakatan negara-negara maju tentang target pengurangan emisi dan menyiapkan suatu protokol

3. CoP III di Kyoto tahun 1997 menghasilkan suatu kesepakatan yang dikenal dengan nama “Kyoto Protocol”. Protokol ini menjadi pedoman bagi negara-negara yang telah meratifikasinya untuk mengurangi emisi gas rumah kaca sampai level tertentu sebagai implementasi dari Konvensi Perubahan Iklim di Rio de Jainero hingga batas waktunya pada tahun 2012.

Lama berselang, konferensi ini tidak menghasilkan suatu kesepakatan yang signifikan sampai dengan pelaksanaan CoP XIII di Nusa Dua, Bali yang melahirkan “Bali Road Map”.

Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang

Posisi astronomis dan geografis Indonesia memberikan fenomena tersendiri dalam bidang sains atmosfer. Kenyataan bahwa Indonesia merupakan negara maritim yang terletak di daerah tropis dengan keberagaman topografi dan sumber daya alamnya telah sejak lama menjadi perhatian para peneliti di bidang sains atmosfer. Oleh karena itu, ketika Organisasi Meteorologi Dunia (WMO) bermaksud untuk memperluas jaringan pemantau atmosfernya, maka Indonesia dijadikan sebagai salah satu kandidat utamanya. Wilayah Indonesia yang terbagi dalam 5 pulau utama, yaitu Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi, dan Irian dengan perbedaan topografi mengisyaratkan suatu pemilihan yang selektif untuk dapat merepresentasikan Indonesia sebagai titik acuan bagi pengukuran di wilayah tropis berbasis maritim. Dari kelima pulau tersebut, Pulau Sumatera dipilih karena keragaman topografi dan letaknya yang berhadapan dengan Samudera Hindia, yang telah lama menjadi salah satu perhatian kalangan meteorologis dan peneliti sains atmosfer. Selain itu, belum banyaknya titik yang berada di dekat Samudera Hindia menjadi pertimbangan khusus mengapa wilayah Sumatera dipilih.

Gambar 7. Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang

Dipilihnya Bukit Kototabang sebagai lokasi pengukuran konsentrasi gas rumah kaca di Indonesia bukanlah tanpa alasan. Pada tahun 1996, salah satu Unit Pelaksana Teknis dari BMKG, yaitu Stasiun Pemantau Atmosfer Global (SPAG) Bukit Kototabang didirikan. Stasiun ini merupakan implementasi dari program *Global Atmosphere Watch* (GAW) yang dicetuskan oleh *World Meteorological Organization* (WMO) sebagai upaya untuk melakukan monitoring terhadap kondisi atmosfer secara global. Sampai saat ini, ada 24 stasiun serupa yang ada di dunia yang bertugas untuk memperoleh data atmosferik dan kualitas udara di daerah dengan tipe *remote* atau daerah dengan kondisi udara yang relatif bersih dan jauh dari aktivitas antropogenik. Untuk kawasan Asia, SPAG Bukit Kototabang merupakan satu dari empat stasiun GAW selain Minamitorishima (Jepang), Mount Waliguan (China), dan Danum Valley (Malaysia).

SPAG Bukit Kototabang merupakan satu-satunya stasiun referensi udara bersih di Indonesia. Oleh karena itu, menjadi sangat masuk akal jika lokasi ini dipilih sebagai tempat pengukuran konsentrasi gas rumah kaca, dengan asumsi sebagai daerah dimana kondisi udaranya yang masih relatif alami dan jauh dari aktivitas antropogenik. Selain pengukuran gas rumah kaca, SPAG Bukit Kototabang juga mengukur konsentrasi gas dan aerosol seperti karbon monoksida (CO), ozon permukaan (O_3), oksida-oksida nitrogen (NO, NO_2, dan NO_x), sulfur dioksida (SO_2), dan aerosol PM_{10}. Selain itu, sebagai salah satu UPT BMKG, stasiun ini juga mengukur parameter fisis atmosfer seperti radiasi matahari, temperatur udara, kelembaban udara, tekanan udara, arah dan kecepatan angin.

SPAG Bukit Kototabang berada di Kecamatan Palupuh, Kabupaten Agam, Sumatera Barat. Secara astronomis, stasiun ini berada di 0,20°LS dan 100,32°BT. Letak astronomisnya yang sangat unik karena berada dekat dengan garis ekuator membuat stasiun ini menjadi sangat penting untuk pengamatan kondisi atmosferik di daerah sekitar ekuator. Letak geografis dari stasiun ini juga tak kalah unik karena di bagian barat merupakan daerah pesisir yang berhadapan dengan Samudera Hindia yang luas, sementara di bagian timur merupakan wilayah dataran tinggi yang didominasi oleh Bukit Barisan. Meskipun stasiun ini berada di tempat terpencil dan jauh dari aktivitas manusia, tetapi lokasinya masih dapat dijangkau dari kota Bukittinggi, yang merupakan jantung wisata dari provinsi Sumatera Barat. Keberadaan SPAG Bukit Kototabang melengkapi provinsi ini menjadi 'laboratorium alam' yang lengkap karena hampir semua fenomena alam, baik di darat, air, maupun udara, yang dapat teramati.

Peranan Indonesia

Gambar 8. Sekretaris Jendral PBB, Ban Ki-Mon, berbicara dalam sidang CoP XIII di Nusa Dua, Bali

Desember ini, *Conference of the Parties* (COP) ke-15 yang membahas tentang perubahan iklim tengah berlangsung di Kopenhagen, Denmark. Pertemuan kali ini dianggap sangat penting bagi berbagai pihak karena diharapkan akan dicapai suatu keputusan bersama yang dapat digunakan untuk mencegah dampak-dampak buruk perubahan iklim yang dihadapi oleh seluruh bangsa di dunia. Dua tahun yang lalu, Indonesia sempat menjadi tuan rumah perhelatan COP ke-13 di Bali. Saat itu, Indonesia dianggap sukses menjadi penyelenggara kegiatan ini dengan mengeluarkan *Bali Road Map* yang dipakai sebagai perintis untuk pertemuan di Kopenhagen yang saat ini sedang dilaksanakan dan juga keputusan-keputusan strategis menjelang berakhirnya pemberlakuan Protokol Kyoto pada tahun 2012. Pertemuan di Bali pada tahun 2007 yang lalu diwarnai dengan adanya angin segar

ketika Australia bersedia meratifikasi Protokol Kyoto. Meskipun demikian, perjalanan untuk mencapai kesepahaman mengenai masalah perubahan iklim masih sangat panjang. Kala itu, banyak pertemuan yang dilakukan berlangsung alot. Masih ada keputusan yang gagal diambil ataupun disepakati. Pun demikian halnya yang sepertinya akan terjadi dalam pertemuan di Kopenhagen kali ini. Tarik ulur antara negara maju dan negara berkembang akan berlangsung dengan ketat karena sudah bukan rahasia lagi kalau masalah mengenai perubahan iklim bukan hanya sekedar masalah lingkungan semata, tapi sudah menjadi komoditas politik dan ekonomi yang sangat strategis dan berpengaruh luas.

Bagi Indonesia sendiri, apapun keputusan yang akan diambil dari hasil pertemuan di Kopenhagen ini menjadi sangat berpengaruh. Sebagai salah satu negara dengan cakupan hutan yang besar, disertai dengan area perairan yang luas di dunia, Indonesia memiliki potensi yang sangat besar untuk menjaga kesetimbangan jumlah karbon di dunia. Meskipun Indonesia memiliki reputasi terhormat sebagai negara yang sangat peduli mengenai masalah perubahan iklim, tetapi negara ini memiliki masalah mengenai tingginya laju perusakan hutan dan ekosistem perairan, serta perubahan tata guna lahan yang tidak bertanggung jawab. Selain itu, masalah kebakaran hutan yang dihadapi Indonesia hampir setiap tahunnya menyebabkan Indonesia dituding sebagai salah satu negara pengemisi karbon terbesar di dunia. Hal ini tentu saja berakibat buruk untuk Indonesia, tidak hanya dari segi lingkungan hidup, tetapi juga dari segi politik dan ekonomi. Dampak lain di bidang sosial dan budaya, dimana masyarakat yang hidup miskin tidak mempunyai kemampuan finansial untuk melakukan tindakan adaptasi, terutama kelompok masyarakat yang kehidupannya tergantung alam, seperti nelayan dan petani.

Akibat pemutihan terumbu karang, nelayan harus berlayar ke tengah laut untuk menangkap ikan karena ikan banyak yang menjauhi daerah pantai. Demikian juga para petani yang kesulitan untuk memulai musim tanam karena perubahan iklim dan kondisi cuaca yang sukar diprediksi.

Apabila Indonesia tidak melakukan langkah nyata dengan segera untuk mengatasi masalah-masalah tersebut, maka diperkirakan akan terjadi hal-hal seperti disebut dibawah ini.

1. Kenaikan permukaan air laut hingga setinggi 1 meter. Apabila ini terjadi, maka masyarakat nelayan yang tinggal di daerah pantai akan mengalami kesulitan karena tempat tinggalnya terancam oleh banjir, sumber penghasilan dari mengangkap ikan terganggu, pendapatan dari sektor pariwisata juga turut terganggu. Sementara kota-kota di Indonesia yang sebagian besar berada di daerah pantai terendam banjir sehingga melumpuhkan sistem perekonomian, sistem pemerintahan, dan lainnya.
2. Rusaknya infrastruktur daerah tepi pantai sehingga Indonesia akan kehilangan sekitar 1000 km jalan dan 5 pelabuhan lautnya. Selain itu, infrastruktur di sekeliling pantai perlu direhabilitasi dan ditinggikan.
3. Akan terjadi krisis air bersih di perkotaan karena intrusi air laut.
4. Meningkatnya frekuensi penyakit yang ditularkan oleh nyamuk, seperti malaria dan demam berdarah.
5. Menurunnya produktivitas pertanian akibat perubahan temperatur dan pola hujan yang tak menentu.
6. Sejumlah keanekaragaman hayati terancam punah akibat peningkatan temperatur bumi. Setiap individu harus beradaptasi pada perubahan yang terjadi, sementara habitatnya akan terdegradasi. Spesies yang tidak dapat beradaptasi akan punah.

Indonesia harus memiliki kebijakan yang pro terhadap lingkungan guna mencegah dampak yang lebih buruk yang sangat merugikan. Jadi, meskipun hingga saat ini hasil pengukuran konsentrasi CO_2 di Bukit Kototabang masih lebih rendah dari pada

konsentrasi secara global, angka tersebut tidak akan berarti jika Indonesia tidak dapat mengatasi permasalahan lingkungan yang dihadapi.

Referensi

Susanta, G. dan H. Sutjahjo. 2008. **Akankah Indonesia Tenggelam Akibat Pemanasan Global?.** Penebar Plus. Jakarta.

United Nations. 1998. **Kyoto Protocol To The United Nations Framework Convention on Climate Change.**

http://en.wikipedia.org/wiki/United_Nations_Framework_Convention_on_Climate_Change

KUNJUNGAN JOERG KLAUSEN KE STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG

Agusta Kurniawan
Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang
Sumatera Barat
Agusta6872@asiamail.com

Sabtu, 24 Oktober 2009 Stasiun GAW Bukit Kototabang mendapat kunjungan dari Joerg Klausen selama 6 hari dan pulang kembali pada Kamis 29 Oktober 2009

SIAPAKAH JOERG KLAUSEN ITU?

Dr Sc. Nat. Joerg Klausen adalah ilmuan (ahli) yang bekerja untuk EMPA (Swiss Federal Laboratories for Material Testing And Material). Di EMPA sendiri dia bekerja untuk labortorium Polusi Udara (Laboratory Air Pollution/Environmental Technology Global Atmosfer Watch (GAW)-QA/SAC Switzerland). EMPA sendiri berlokasi di Dubendorf-Swiss. Pada tulisan ini selanjutnya Dr Sc. Nat. Joerg Klausen, hanya dituliskan dengan panggilan akrabnya "Joerg" atau “Joerg klausen”.

APA MAKSUD KEDATANGANNYA KE STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG?

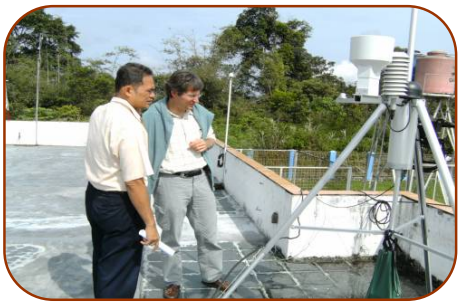
Pada pertemuan pertama dengan staf Staf GAW Bukit Kototabang, 24 Oct 2009, Joerg mengungkapkan maksud kedatangannya ke stasiun ini, antara lain:
Setelah proposal permohonannya ke MeteoSwiss disetujui, akhirnya tujuan utama dia datang ke stasiun GAW Bukit Kototabang adalah untuk membuat sistem kalibrasi CO_2 analyser (PICARRO G1301). Sedangkan maksud lainnya antara lain : membuat dan menyeting sistem data akusisi dan sistem kalibrasi SO_2 analyser (TS43i-Trace Level Enhance)-NO_2 analyser (TS-Trace Level) serta menambah data manajemen kedua parameter tersebut ke sistem GAWDAQ. Maksud lainnya untuk melakukan pengecekan terhadap instrumen CO analyser (HORIBA Apma 360) dan O_3 analyser (TEI49C) dengan cara melakukan data interkomparasi.

JOERG DI STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG

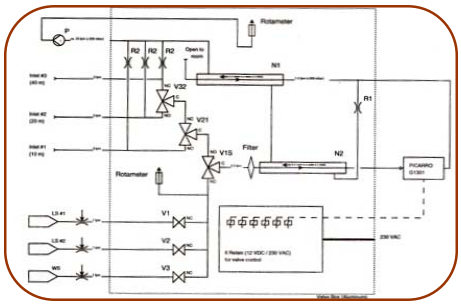
Apa yang dilakukan Joerg selama enam hari di Stasiun GAW Bukit Kototabang? berikut ini adalah kisah lebih detil mengenai kegiatan Joerg dan Staf stasiun GAW Bukit Kototabang selama 6 hari, dari Sabtu 24 Oktober sampai Kamis 29 Oktober 2009.

1. Hari 1

Saat hari pertama, Jooerg mengadakan pertemuan awal dengan staf stasiun GAW Bukit Kototabang, dengan maksud untuk menerangkan maksud kedatangannya, meminta staf GAW Bukit Kototabang membantu dan meminta kerjasamanya. Albert dan Firda ditunjuk sebagai penanggung jawab ke CO_2 analyzer, maka Albert Christian Nahas dan Firda Amalia nantinya diminta membantu pemasangan sistem kalibrasi Picarro.



Joerg dipandu oleh Herizal meninjau sekilas dek atas



Skema Sistem kalibrasi untuk Box valve instrumen Picarro G1301

Setelah itu proses pemasangan sistem kalibrasi CO_2 analyser dilakukan.
Joerg meminta untuk dicarikan alternatif koneksi internet karena koneksi internet dari komputer GAWDAQ ke server EMPA untuk pengiriman data, berjalan lambat, malahan kadang kala tidak terkirim. Kami mencoba mencari alternatif dengan mencari koneksi internet dengan jaringan GSM, yang bisa dan ada di bukit Kototabang. Beberapa operator yang ada Telkomflash dari satelindo, IM2 Broom dari Indosat dan XL unlimited dari Excelcomindo. Namun sampai tulisan ini dibuat belum ada keputusan yang pasti.

Budi Satria dibantu Edison Kurniawan ditunjuk untuk mengganti seluruh komponen pompa, dari klep, piston, baut, istilah dalam kendaraan bermotor "turun mesin"

Albert, Firda Amalia dan Budi Setiawan mengukur panjang pipa black karbon untuk inlet gas CO_2

Setelah inspeksi dari Joerg ternyata selama ini terjadi kesalahan pemasangan pipa inlet, seharusnya ke arah tower, tapi malah ke laboratorium.

2. Hari 2

Pada hari 2, agenda kerja yang dilaksanakan hari itu adalah:

Pemasangan pipa Inlet 10 m, 20 m dan 40m dengan selang dari karbon black (dibagian pipa dalam dilapisi aluminium). Pemasangan pipa ini harus ekstra hati-hati karena selang tidak boleh dilipat/ditekuk. Sukarelawan yang naik ke atas tower 30 meter adalah Budi Setiawan, Sugeng Nugroho dan tentu saja Joerg sendiri, sedangkan yang bantu pengukuran dan pemasangan kabel di bawah tower, Agusta Kurniawan, Carles Siregar dan Aulia Rinadi.

Budi Satria, Darmadi, Yosfi Andri, membuat rak tempat tabung gas dari bahan besi siku, rencananya posisi tabung akan ditidurkan.

- Asep Firman Ilahi diminta Joerg melakukan interkomparasi instrumen kalibrator ozon.
- Agusta Kurniawan dan Carles Siregar diminta tentang membuat ceklist Horiba Apma 360, catat tekanan tabung setiap kalibrasi, catat nilai span dan zero correction, sehingga dari ceklist akan bermanfaat untuk mengetahui kapan gas habis dengan membuat grafik waktu versus CO Background.

Firda Amalia dan Albert Christian Nahas diminta Joerg menghitung berapa lama waktu tabung digunakan, menghitung % H_2O saat *dew point* tertentu dan menghitung *resident time* gas dalam selang inlet.

Proses pemasangan *box valve* kalibrasi Picarro terhenti/terhambat karena tidak ada kabel DB 15, seperti kabel RS232 tetapi punya 15 pin, kabel itu sudah dicari dibox, di mana-mana tidak ditemukan, sehingga harus dipesan dulu di Jakarta. kabel DB15 berfungsi untuk menghubungkan antara box valve kalibrasi CO_2 yang telah dirancang oleh Joerg dengan CO_2 *analyser* Picarro G1301.

.

3. Hari 3

Agenda kegiatan yang dilaksanakan pada hari 3 adalah

Darmadi, Budi Satria telah menyelesaikan rak besi tempat tabung gas.

- Salah satu tabung gas standar berisi karbonmonoksida 1 ppm habis sebelum masa waktu yang ditentukan, umurnya hanya 6 bulan (dari 28 maret 2009 sampai 24 September 2009). Analisa Joerg terhadap habisnya gas CO dengan cepat adalah pemakaian tubing swagelok yang tidak benar tapi dipaksakan, dan dipasangkan mur swagelok dengan bukan jenis yang sama, sehingga memungkinkan sambungan tidak rapat, akibatnya terjadi kebocoran.
- Joerg memintaa item-item berikut menjadi daftar belanja stasiun : mur/baut swagelok ukuran tertentu dan mur penyumbatnya, rak untuk swagelok, pemotong pipa tabung besi, dan untuk mempermudah hal itu Joerg mengharapkan kita mendaftar account di http:\\www.swagelok.com
- Joerg melakukan cek kebocoran dan uji kinerja *box valve* kalibrasi picarro, hasilnya dibandingkan dengan hasil sertifikasi kalibrasi tabung, ternyata konsentrasi CO_2 untuk tabung terbaca lebih rendah. Setelah dianalisa ternyata ada air hasil kondensasi di flowmeter, pada sistem kalibrasi Picarro membutuhkan sejenis *water trap*, Joerg memodifikasi dari water trap pompa CO_2 milik instrumen Jepang yang sudah tidak dioperasikan lagi.
- Joerg meminta dibuat weekly cek untuk tekanan tabung CO_2, sehingga konsumsi/pemakaian gas dalam tabung bisa dimonitor.
- Joerg meminta dilakukan zero dan span terhadap instrument kalibrasi SO_2 dan NOx, dan untuk instrument tersebut Joerg meminta adanya *flowmeter* di zero air generator untuk melihat nilai *overflow*.
  Joerg melakukan *leak check* terhadap *regulator*, dan melakukan *multipoint calibration* selama 9000 detik dan dilakukan perulangan sebanyak dua kali terhadap Horiba Apma 360.

4. Hari 4

Agenda kegiatan yang dilaksanakan pada hari 4 adalah:

- Memperbaiki manajemen data di komputer GAWDAQ, karena komputer ini bertanggung jawab mengirimkan data secara otomatis ke server EMPA, maka folder GAWDATA di E:\GAWDATA, diminta oleh Joerg sesuai dengan instruksinya.

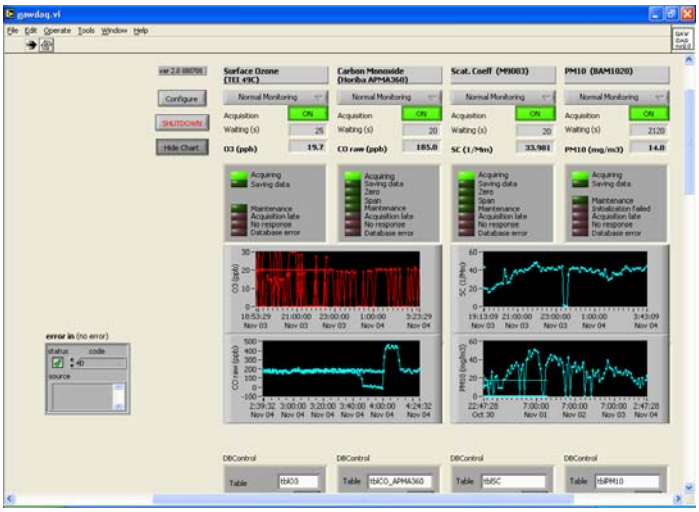
Pemasangan kepala inlet Nephelometer baru telah dilakukan. Proses ini dilakukan oleh Darmadi, Budi Satria, Aulia Rinadi, Sugeng Nugroho, dan Yosfi Andri. Kepala inlet sebelumnya tidak sesuai untuk aerosol PM 2,5, akan tetapi ukuran kepa inlet lebih besar dan lebih berat. Untuk itu disiasati dengan cara memberikan pralon PVC diluar pipa inlet dan kaki tiga yang terbuat dari pipa PVC sebagai penyangga. Joerg berpendapat kalo bentuknya mirip dengan pohon natal, namun bila kuat tidak apa-apa.

- Joerg melihat bahwa hubungan koneksi antara komputer GAWDAQ dengan Instrumen ozon analyser (TEI49C) sering terlambat, Joerg meminta Asep Firman Ilahi memperpendek panjang kabel RS232 seperti semula, nampaknya display GAWDAQ untuk pengukuran ozon kembali berjalan normal.
- Joerg meminta menghitung nilai *resident time* gas SO_2 selama di dalam selang tabung dibandingkan dengan *life time* gas SO_2. Analisa Joerg kemungkinan sampel gas terlalu lama didalam selang/pipa, dibutuhkan *resident time* gas yang lebih singkat, solusi yang bisa dilakukan dengan cara memperpendek selang/pipa inlet atau dengan menambahkan pompa yang lebih kuat.

5. Hari 5

Agenda kegiatan yang dilaksanakan pada hari 5 adalah:

- Joerg melakukan penambahan parameter pada komputer GAWDAQ dengan menambahkan konsentrasi NO_2 setiap waktu dari analyzer TEI42iTL, rawdata langsung didownload ke E:\GAWDATA, menggunakan kabel jaringan, IP address TEI42iTL diubah menjadi 192.168.63 43, DNS TEI42iTL diubah menjadi 192.168.63.62. Kemudian dilakukan pengujian transfer data dengan perintah ping, ternyata instrumen TEI42iTL merespon, sehingga sekarang bisa dilihat konsentrasi NO_2 setiap kali record data melalui komputer GAWDAQ. Namun sayangnya aplikasi software LABVIEW untuk TEI42iTL tersebut belum bisa diintegrasikan ke sistem GAWDAQ, masih terpisah sendiri.



Aplikasi GAWDAQ dengan 4 parameter : CO dari Horiba Apma 360, O_3 dari TEI49C, PM10 dari BAM 1020 dan PM 2,5 dari Nephelometer 9030

Aplikasi GAWDAQ untuk NO dan NO_2 dari TS43iTL

- Joerg melakukan *multipoint calibration* terhadap Horiba Apma 360 selama 9000 detik dan dilakukan beberapa kali perulangan. Joerg memberikan data hasil multikalibrasi CO_2 HORIBA dengan *dilution unit* tersebut, setelah itu meminta agusta Kurniawan dan Carles Siregar membandingkan hasil multipoint calibration pada CO analyser yang lain TEI48C. Permasalahan pada TEI48C, ternyata terdapat *drift* nilai zero tidak sama dengan nol, terjadi perbedaan waktu (*time stamp*) dengan komputer GAWDAQ, dan tidak adanya *automatic flagging* pada *rawdata* TEI48C.

Joerg meminta grafik berikut:

-grafik dibuat target dari *dilution unit versus time series*
-grafik dibuat *actual CO corrected versus time series*
-dibuat grafik *target dilution unit versus actual CO corrected*, lihat nilai slope dan r nya

Tahapan/langkah-langkah yang harus dilakukan, untuk dapat membuat tiga jenis grafik tersebut: Pertama waktu harus dikoreksi dulu *(time corrected)*, lalu buat time series antara waktu dengan konsentrasi CO, perlu dilakukan *flagging manual*, pertama *automatic zero* untuk TEI48C, *manual zero* untuk HORIBA, konsentrasi CO terkoreksi (*ctual CO corrected)* didapatkan dari nilai *CO span* dikurangi nilai interpolated zero, Joerg bilang mencari nilai interpolated zero bisa digunakan bahasa R, yang dapat dibuat *actual flag versus target flag*. Namun sampai tulisan ini dibuat, pembuatan grafik yang melibatkan CO corrected belum bisa dilakukan terhambat dengan proses interpolasi untuk mendapatkan nilai zero setiap waktu.

- Albert Christian Nahas dan Firda Amalia melakukan kalibrasi ulang terhadap instrumen SO_2 dan NO_2 *analyzer*, dari hasil kalibrasi tersebut dimasukkan nilai SO_2 background dan nilai NO_2 background yang baru, sesuai dengan rumus perhitungan di buku manual masing-masing alat.
- Mulai 28 Oktober 2009 pukul 12:00 GMT atau pukul 19:00 WIB, Joerg mengatur masuknya sampel dan durasi pengambilan sampel dari tabung gas 1, 2 dan 3, serta dari pipa inlet 10 meter, 20 meter dan 30 meter ke instrumen Picarro G1301 sesuai dengan urutan di gambar berikut:

Sequence #	Duration (min)	Action
0	20	Standard Gas #1
1	20	Standard Gas #2
2	20	Standard Gas #3
3	20	Inlet 10m
4	20	Inlet 20m
5	20	Inlet 30m
6	20	Inlet 10m
7	20	Inlet 20m
8	20	Inlet 30m
9	15	Inlet 10m
10	15	Inlet 20m
11	15	Inlet 30m
12	15	Standard Gas #3
13	20	Inlet 10m
14	20	Inlet 20m
15	20	Inlet 30m
16	20	Inlet 10m
17	20	Inlet 20m
18	20	Inlet 30m
19	15	Inlet 10m
20	15	Inlet 20m
21	15	Inlet 30m
22	15	Standard Gas #3

Setelah pulang kerja dari kantor sekitar pukul 19.30 WIB, karena hari kamis Joerg sudah ke Padang. Joerg mengadakan acara perpisahan dengan mentraktir staf dan pegawai Stasiun Bukit Kototabang di Rumah Makan "Mak Apuk".

- Staf dan pegawai Stasiun Bukit Kototabang yang ikut pada acara perpisahan/ramah tamah itu, antara lain: Firda Amalia M, Agusta Kurniawan, Albert Christian Nahas, Aulia Rinadi, Edison Kurniawan, Sugeng Nugroho, Darmadi, Budi Setiawan, Yosfi Andri, Am Gindo, Carles Siregar, Asep Firman Ilahi, Herizal dan Budi Satria.
- Pulang dari rumah makan sekitar pukul 22.15. Beberapa staf dan pimpinan stasiun GAW Bukit Kototabang (Herizal, Agusta Kurniawan, Sugeng Nugroho, Budi Setiawan, Darmadi, Albert Christian Nahas) masih berkumpul di Guest House Pasadama untuk membuat list kebutuhan peralatan yang dibeli di Jakarta.

6. Hari 6

Agenda kegiatan yang dilaksanakan pada hari 6 adalah:

- Pagi hari, Darmadi dan Budi setiawan pergi ke Jakarta, untuk membeli list barang yang diminta Joerg.
- Sementara itu Sugeng Nugroho dan Herizal menjemput Joerg ke hotel, lalu mengantarnya ke Bandara Internasional Minangkabau (BIM) Padang, rencananya naik pesawat jam 13.00 WIB.

Rak besi untuk tabung gas setelah terpasang

Sistem kalibrasi setelah terpasang dengan instrumen Picarro G1301

Kepala inlet Nephelometer setelah terpasang

Sampai Jumpa lagi Dr Sc. Nat. Joerg Klausen, semoga bisa bertemu kembali, dan pengetahuan yang diberikan akan bermanfaat bagi semua pada umumnya dan bagi operasional Stasiun GAW Bukit Kototabang pada khususnya.

GEMPA BUMI SUMATERA BARAT 7,6 SKALA RICHTER

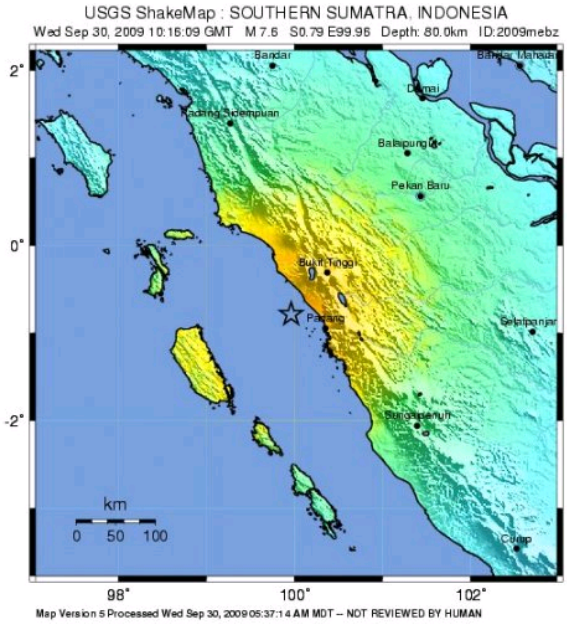
Rabu 30 September 2009

Agusta Kurniawan
Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang
Sumatera Barat
Agusta6872@asiamail.com

Rabu 30 September 2009 sekitar pukul 17.16 WIB, Gempa berkekuatan besar mengguncang wilayah Sumatera Barat dengan kekuatan magnitude 7.6 SR, berpusat di lokasi 0,84 LS – 99,65 BT. Gempa terjadi di 71 km atau 57 km barat daya Pariaman, Sumatera Barat. Gempa tersebut terjadi karena pertemuan lempeng tumbukan antara lempeng Samudra Hindia dengan Asia di Pantai Barat Sumatera. Menurut sumber dari berbagai media massa, getarannya yang ditimbulkan terasa sampai Malaysia dan Singapura (okezone.com), menggetarkan lampu-lampu gantung sampai penduduk berlarian di kota Jambi (kompas.com), Pulau Mentawai di Lautan Hindia dikabarkan terguncang keras, sempat muncul tsunami kecil, air pasang ke darat hingga ketinggian 3 meter(jawapos.com).

BMKG MERALAT KEKUATAN GEMPA MENJADI 7,9 SKALA RICHTER

The United States Geological Survey (USGS), suatu badan survey geologi di Amerika Serikat merilis bahwa gempa di Sumatera Barat berkekuatan 7,9 SR. Bila dikonversikan ke skala MMI, menurut USGS, Gempa di Sumatera Barat, kali ini skala goyangan di permukaan sebesar hingga VI-VII Skala MMI yang sangat merusak bangunan.



PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL.(cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

BMKG dalam hal ini diwakili oleh Koordinator BMKG Sumbar M. Taufik Gunawan di Media Center Satkorlak Penanggulangan Bencana Sumbar di Jalan Sudirman-Padang 10 Oktober 2009, meralat kekuatan gempa dari 7,6 Skala Richter menjadi 7,9 Skala Richter, beliau mengakui sesaat setelah gempa terjadi, peralatan di BMKG Sumbar mencatat kekuatannya 7,6 SR. Namun, setelah adanya "updating" dan bertambahnya data-data yang masuk, disimpulkan bahwa gempa itu kekuatannya 7,9 SR.

KERUSAKAN HARTA BENDA DAN KORBAN JIWA

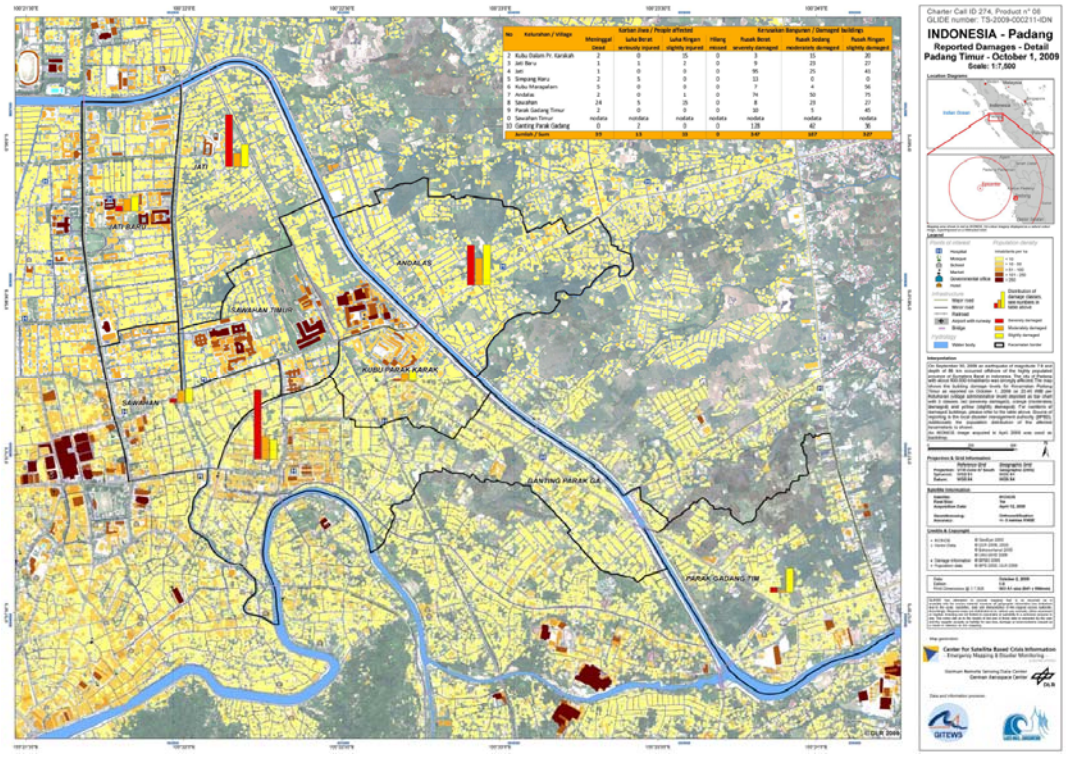
Kerusakan akibat gempa ini, sebagian besar rumah penduduk di Padang Pariaman rusak total, gedung-gedung dan bangunan di Padang mengalami retak-retak dan kerusakan, kantor gubernur Sumatera Barat juga mengalami roboh, mayat banyak bergelimpangan di bawah reruntuhan bangunan.

\

Pada infrastruktur, jalan Padang-Bukittinggi sempat terputus, sampai beberapa, air bersih susah diperoleh, siswa-siswa bersekolah di tenda-tenda darurat.

Agusta Kurniawan-*Suara Bukit Kototabang Edisi November 2009*

hasil pemetaan sementara dari daerah kerusakaan di Padang yang dikeluarkan oleh ReliefWeb, sebuah badan dunia yang bertanggung jawab soal pengembalian dan pemulihan kembali daerah-daerah yang terkena bencana.Laporan kerusakan gempa Sumatera Barat yang ditampilkan melalui Citra Satelit Ikonos, pada 1 Oktober 2009, sehari setelah terjadinya gempa bumi.



Berikut ini adalah laporan kerusakan sementara sampai 1 Oktober 2009

No	Kelurahan / Village	Korban Jiwa / People affected				Kerusakan Bangunan / Damaged buildings		
		Meninggal Dead	Luka Berat seriously injured	Luka Ringan slightly injured	Hilang missed	Rusak Berat severely damaged	Rusak Sedang moderately damaged	Rusak Ringan slightly damaged
2	Kubu Dalam Pr. Karakah	2	0	15	0	3	15	20
3	Jati Baru	1	1	2	0	9	23	27
4	Jati	1	0	0	0	95	25	41
5	Simpang Haru	2	5	0	0	13	0	0
6	Kubu Marapalam	5	0	0	0	7	4	56
7	Andalas	2	0	1	0	74	50	75
8	Sawahan	24	5	15	0	8	23	27
9	Parak Gadang Timur	2	0	0	0	10	5	45
0	Sawahan Timur	nodata	notdata	nodata	nodata	nodata	nodata	nodata
10	Ganting Parak Gadang	0	2	0	0	128	42	36
	Jumlah / Sum	39	13	33	0	347	187	327

REFERENSI

http://forumpeduliminang.blogspot.com/2009/10/bmkg-ralat-kekuatan-gempa-sumbar.html
http://sanitasibersih.blogspot.com/2009/09/gempa-kembali-mengguncang-sumbar.html
http://news.okezone.com/nasional
http://herdy07.wordpress.com/2009/10/03/foto-foto-terbaru-pasca-gempa-padang/
http://rovicky.files.wordpress.com/2009/10/intensitypadang30sept2009.jpg

KUNJUNGAN KEPALA BMKG DR. Ir. Sri Woro B. Harijono, M.Sc KE STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG

3 Oktober 2009

artikel ini dimuat dalam http://newsgawkototabang.wordpress.com/

Alberth Christian Nahas
Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang
Sumatera Barat
Alberth.Christian@yahoo.com

Ditengah lawatannya ke Padang dalam rangka meninjau lokasi gempa bumi, Kepala Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), DR. Ir. Sri Woro B. Harijono, M.Sc berkunjung ke Stasiun GAW Bukit Kototabang pada tanggal 3 Oktober 2009. Kepala BMKG ditemani oleh Deputi Bidang Geofisika BMKG, DR. P.J. Prih Harjadi, Kepala Sub Bidang Data Seismologi Teknik BMKG, I Nyoman Sukanta, S.Si, MT, Kepala Stasiun Geofisika Padang Panjang, Drs. Moh. Taufik Gunawan, Dipl. Seis., Kepala Stasiun Maritim Teluk Bayur, Asmara Hadi, Kepala Stasiun Geofisika Kepahiang Bengkulu, Dadang Permana, S.Si, beserta beberapa orang staf lainnya.

Ramah Tamah

Kepala BMKG beserta rombongan melihat karya-karya Staf Stasiun GAW Bukit Kototabang

Kepala BMKG beserta rombongan meninjau Laboratorium Utama Stasiun GAW Bukit Kototabang

Kepala BMKG beserta rombongan melihat sensor dan peralatan di dak atas Stasiun GAW Bukit Kototabang

Kepala BMKG berkesempatan untuk beramah tamah dengan Kepala Stasiun GAW Bukit Kototabang, Drs. Herizal, M.Si dan staf lainnya. Kepala BMKG tiba di Stasiun GAW setelah beliau meninjau lokasi gempa di Kabupaten Padang Pariaman dan juga mengunjungi Stasiun Klimatologi Sicincin. Dalam ramah tamah tersebut, beliau menanyakan kondisi Stasiun GAW pasca terjadinya gempa bumi pada tanggal 30 September 2009 yang lalu. Setelah itu, beliau berkesempatan melihat-lihat Stasiun GAW Bukit Kototabang, terutama di bagian Laboratorium Utama dan dak atas.

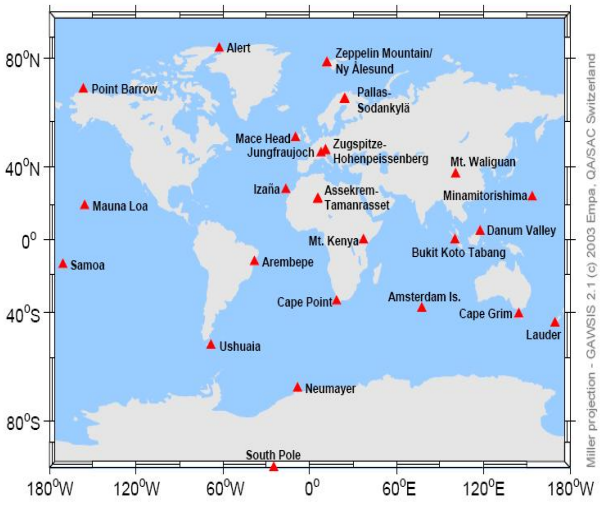
Albert Christian Nahas-*Suara Bukit Kototabang Edisi November 2009*

AKTIVITAS SAMPLING RUTIN DI STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG

Aulia Rinadi
Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang
Sumatera Barat
Arsapat@yahoo.com

Agusta Kurniawan
Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang
Sumatera Barat
Agusta6872@asiamail.com

Stasiun GAW Bukit Kototabang merupakan stasiun referensi udara bersih di Indonesia dengan tugas pokok melaksanakan pengamatan, pengumpulan dan penyebaran, pengolahan dan analisis komposisi kimia atmosfer, gas-gas rumah kaca dan parameter fisis atmosfer. Dalam skala global, Stasiun GAW Bukit Kototabang merupakan salah satu dari 24 jaringan sistem pemantauan atmosfer global yang tersebar di seluruh dunia.



Program pengamatan di Stasiun GAW Bukit Kototabang secara garis besar dapat dikelompokan menjadi tiga kelompok pengamatan, yaitu:

- Pengamatan Gas Rumah Kaca
- Pengamatan Kualitas Udara
- Pengamatan Fisis dan Kimia Atmosfer

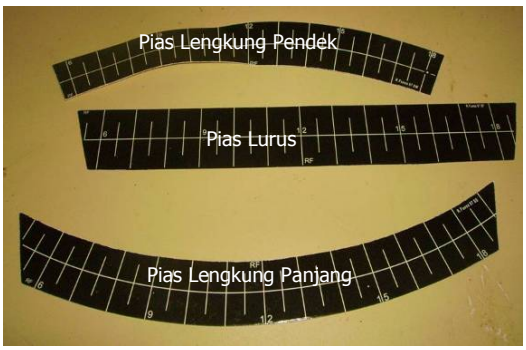
AKTIVITAS SAMPLING RUTIN DI STASIUN GAW BUKIT KOTOTABANG

Dalam artikel ini mencoba menjelaskan aktivitas sampling rutin harian di stasiun GAW Bukit Kototabang. Penulis mencoba membagi menjadi dua kategori, pertama dengan instrumen konvensional dan kedua adalah instrumen canggih-otomatis.

1. INSTRUMEN KONVENSIONAL

- **Campbel Stokes**

Fungsinya : untuk mengetahui lama penyinaran matahari
Frekuensi Observasi : Setiap hari pias harus diganti.
Deskripsi : Suatu Bola pejal terbuat dari kaca, berfungsi untuk mengetahui lama penyinaran matahari. Lamanya matahari bersinar diketahui dari suatu pias, yang diselipkan di bawah alat tersebut. Pias itu akan terbakar bila radiasi matahari minimal 2 W/m^2. Pias tersebut akan terbakar mengikuti pola garis lurus dengan panjang tertentu. Panjang pias yang terbakar melambangkan lama penyinaran matahari (jam). Lama penyinaran matahari di daerah indonesia, di sekitar ekuator adalah dari jam 06.00 sampai 18.00, maka pias menunjukkan dari pukul 06.00 sampai 18.00.
Berdasarkan gerak semu harian matahari, maka pias tergolong menjadi tiga jenis:



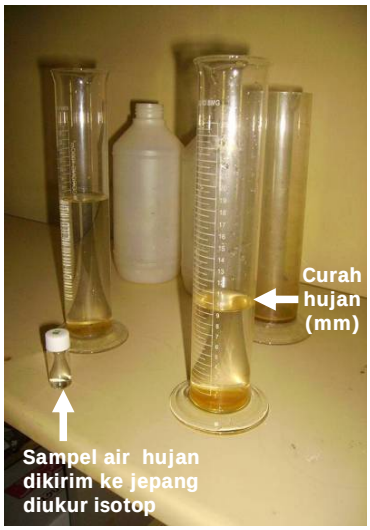
No	Periode/ Waktu	Jenis Pias
1	12 April – 2 September	Pias Lengkung Pendek
2	1 Maret – 11 April dan 3 September – 14 Oktober	Pias Lurus
3	15 Oktober – 28/29 Februari	Pias Lengkung Panjang

o **Penakar Curah Hujan (Obs)**

Fungsinya : untuk menampung curah hujan
Frekuensi Observasi : Setiap hari bila ada hujan, air hujan harus diukur.
Deskripsi : Suatu tabung tertentu,terbuat dari logam sebaiknya tahan karat, dibagian atas terdapat lubang dengan diameter 10-11 cm berguna untuk masuknya air hujan, dan dan di bagian bawah terdapat kran untuk memindahkan air hujan ke gelas ukur.

Jika kemarin atau tadi malam terjadi hujan, maka air hujan akan tertampung dalam alat tersebut, dan keesokan harinya petugas akan memindahkan air hujan ke gelas ukur standar BMG. Besaran curah hujan adalah mm. Curah hujan 1 mm artinya curah hujan mewakili luasan 1 m^2 setinggi 1 mm.

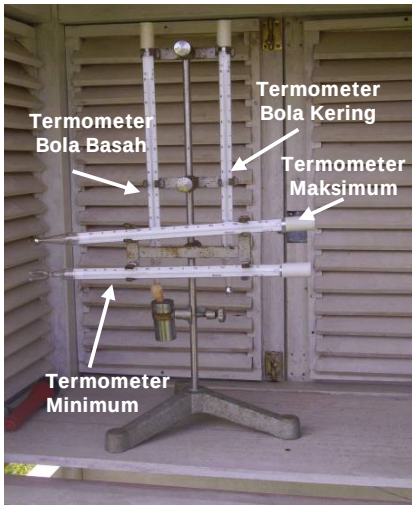
air hujan



Sampel air hujan siap dikirim ke jepang

o Pengukuran Temperatur Harian

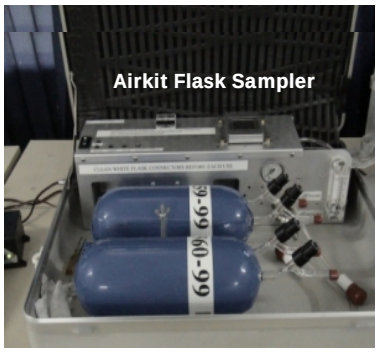
Fungsinya : untuk mengukur temperatur harian, mengukur kelembaban relatif
Frekuensi Observasi : Setiap hari pada pukul 07:00, 10:00, 13:00, 16:00.
Deskripsi : di dalam sangkar meteorologi terdapat 4 buah termometer, termometer maksimum (air raksa), termometer minimum (air raksa), termometer bola basah dan termometer bola kering. Termometer maksimum untuk mengukur suhu maksimum, termometer minimum untuk mengukur suhu minimum, termometer bola basah mengukur suhu udara saat lembab dan termometer bola kering mengukur saat udara kering.



Pada pukul 07:00, dicatat temperatur maksimum dan temperatur minimum untuk kemarin, sedangkan pada pukul 10:00, 13:00, dan 16:00 dicatat temperatur bola basah dan temperatur bola kering. Data yang didapatkan dimasukkan secara manual ke Buku catatan dengan mengikuti format berikut:

Bulan	Tgl	Temp. Bola Kering ^{O}C sesuai Waktu GMT					Temp. Bola Basah ^{O}C sesuai Waktu GMT					Temp. Max ^{O}C	Temp. Min ^{O}C	Curah Hujan mm	Observer
		00	03	06	09	12	00	03	06	09	12				

o Airkit Flask Sampler



Fungsinya : untuk mengambil sampel Gas Rumah Kaca (GRK) secara aktif (dengan pompa)
Frekuensi Observasi : dilakukan setiap satu minggu sekali, yaitu hari Selasa pada pukul 14.00 WIB
Deskripsi : Pengukuran gas rumah kaca di Bukit Kototabang telah dilakukan sejak tahun 2004. Pengukuran ini terselenggara atas kerja sama Badan Meteorologi dan Geofisika dengan National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Amerika Serikat. Empat jenis gas yang diukur antara lain CO_2, CH_4, N_2O, dan SF_6. Selain data dari gas-gas tersebut, juga diperoleh beberapa gas lain seperti CO, H_2, CO_2 dengan $\delta^{13}C$, dan CO_2 dengan $\delta^{18}O$.

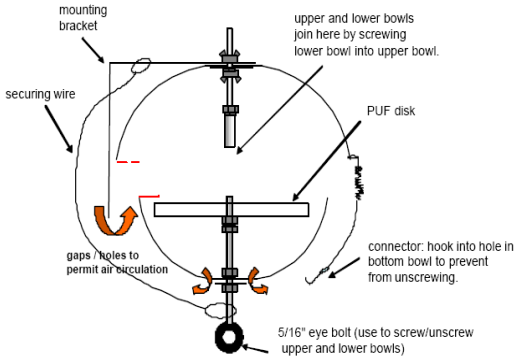
Pengambilan sampel gas rumah kaca dilakukan dengan menggunakan Airkit Flask Sampler, yaitu Suatu set peralatan yang berada dalam suatu tas koper, yang dilengkapi dengan pompa, flowmeter, charger dan dihubungkan dengan suatu pipa inlet yang ditempatkan pada menara 35 meter. Penampungan gas rumah kaca digunakan sepasang tabung terbuat dari kaca, biasanya bernomor genap dan ganjil. Proses pengambilan sampel berlangsung kurang lebih 15 menit. Tabung yang berisi sampel gas tersebut dikirimkan ke *Monitoring and Diagnostic Laboratory (CMDL)* NOAA, Amerika untuk dianalisis Gas Rumah Kaca, dan secara periodik data hasil analisis akan dikirimkan kembali ke stasiun GAW Bukit Kototabang. Gas CO_2 akan dianalisis dengan menggunakan metode *Non-Dispersive Intra Red* (NDIR), sedangkan CH_4, N_2O, dan SF_6 dianalisis dengan menggunakan *Gas Chromatography – Flame Ionization Detector* (GC-FID).

o PUF Disk Sampler

Fungsinya : untuk mengetahui konsentrasi POPs (Persistant Organic Pollutants) di udara ambien (secara pasif/dibiarkan).
Frekuensi Observasi : Setiap tiga bulan sekali.
Deskripsi : Pengambilan sampel POPs dilakukan dengan metode *passive air sampler* menggunakan piringan PUF (Polyurethane Foam) yang berdimensi diameter 14 cm; tebal 1,35 cm; luas permukaan 365 cm^2; berat 4,4 g; volume 207 cm^3; kerapatan 0,0213 g cm^{-3}. Piringan PUF diletakkan dalam sangkar dengan dua kubah berbentuk "piring terbang". Metode *passive air sampler* merupakan metode sampling udara dimana proses pengumpulan partikel diperoleh dari banyaknya partikel yang tertahan di dalam piringan PUF karena terbawa oleh angin.

Piringan PUF yang telah diletakkan selama 3 bulan kemudian dikemas di dalam wadah gelas yang ditutup rapat. Sampel kemudian dikirim ke Environment Canada untuk dianalisis lebih lanjut. Analisis POPs meliputi senyawa-senyawa seperti α-HCH, γ-HCH, heptachlor, heptachlor epoxide, *trans*-chlordane, *cis*-chlordane, trans-nonachlor, endosulfan I, endosulfan II, endosulfan sulphate, dieldrin, p,p'-DDE, o,p'-DDE, p,p'-DDT, PCBs, aldrin, dan PBDEs. Analisis piringan PUF menggunakan Kromatografi Gas – Spektroskopi Massa (GC-MS).

PUF Disk Sampler



Skema bagian dalam PUF Disk Sampler

o High Volume Air Sampler (HVAS)

Fungsinya : untuk mengetahui konsentrasi SPM *(Suspended Particulate Matter)* / partikel dalam satuan μg/m^3, secara aktif menggunakan pompa.
Frekuensi Observasi : Selama 24 Jam sesuai dengan jadwal yang ditentukan, satu minggu sekali.
Deskripsi : Pemantauan kualitas udara yang dilakukan meliputi deposisi asam (deposisi basah dan deposisi kering). Kertas filter dengan bahan tertentu dan berat awal telah diketahui sebelumnya dipasang pada HVAS, kemudian pompa dihidupkan dengan laju alir tertentu, setelah 24 jam partikel debu akan menempel pada kertas filter. Kertas filter tersebut kemudian dikirim ke laboratorium kualitas udara BMKG Jakarta.

HVAS

o pH Meter & Conductivitymeter

Fungsinya : untuk mengukur pH dan daya hantar listrik air hujan.
Frekuensi Observasi : Setiap hari bila ada sampel air hujan dari penakar air hujan obs dan mingguan bila ada sampel air hujan dari RWS (Rain Water Sampler)
Deskripsi : Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan alat pH meter inoLab pH Level 1. Pengukuran pH

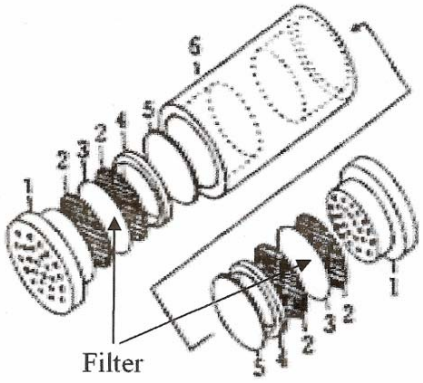
pH meter Conductivity meter

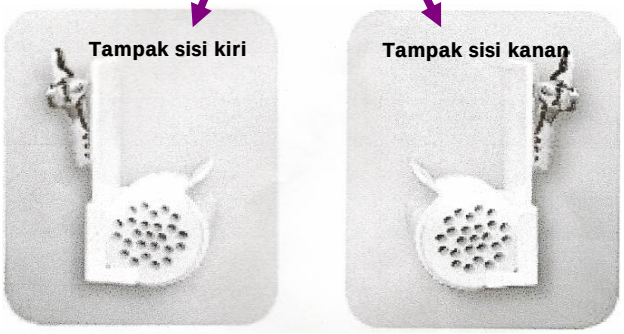
dilakukan dengan cara mencelupkan elektroda pH ke dalam sampel, nilai pH akan terbaca pada display alat. Untuk menjaga kualitas data hasil pengukuran, minimal setiap hari sekali sebelum pengukuran pH, instrumen dikalibrasi dengan larutan buffer pH 4,0 dan pH 7,0

Pengukuran daya hantar listrik dilakukan dengan menggunakan Konduktimeter inoLab Cond Level 1. Pengukuran Konduktivitas dilakukan dengan cara mencelupkan elektroda sel ke dalam sampel, nilai Konduktivitas (μS/cm) akan terbaca pada display alat. Kualitas data hasil pengukuran terus menerus dijaga dengan cara mengukur konstanta sel minimal setiap hari sekali sebelum pengukuran konduktivitas.

o Passive Gas Sampler

Fungsinya : untuk mengetahui konsentrasi SO_2 dan NO_2 , dibiarkan/secara pasif.
Frekuensi Observasi : Selama 7 hari sekali, biasanya filter dipasang kamis dan diangkat kamis minggu depan.
Deskripsi : Passive gas sampler terdiri dari dua sisi, yaitu sisi kanan dan sisi kiri. Pada masing-masing sisinya ditempatkan filter passive gas yang sejenis (SO_2 atau NO_2) saja. Filter gas SO_2 atau NO_2 setelah diangkat, diberi label detil (waktu pasang dan waktu angkat), lalu dikirimkan ke Laboratorium Kualitas Udara BMKG pusat.



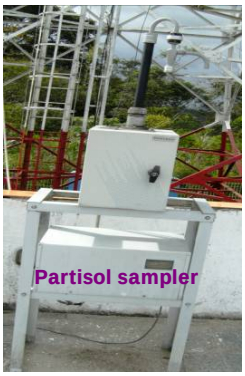


Komponen Filter Sampler

Keterangan gambar:
1. End cap
2. Stainless Steel Screen
3. Pre-coated collection Pad (filter passive)
4. Retainer Ring
5. Inner Base Pad
6. Sampler Body

Prosedur pemasangan filter Passive Gas:
1. Lepaskan *End cap* dengan menggunakan pinset pada salah satu sisi
2. Pasangkan filter dengan urutan : kassa baja, filter, kassa baja
3. Tutup kembali *End cap* dan pasang filter pada sisi lainnya dengan cara yang sama seperti langkah 1 dan 2.
4. Setelah selesai sampling, filter diambil dan dimasukkan ke dalam plastik dan diberi label

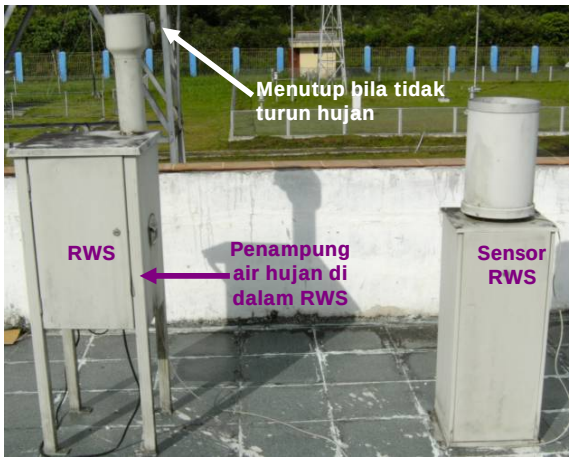
o Ecotech Partisol Sampler



Fungsinya : untuk mengumpulkan sampel aerosol dengan ukuran sampai 2,5 Mikrometer, secara aktif menggunakan pompa.
Frekuensi Observasi : Selama 1 minggu sekali, sesuai dengan jadwal.
Deskripsi : Metode ini merupakan salah satu jenis sampling deposisi kering. Udara ambient ditarik dengan pompa dengan laju alir tertentu selama 1 minggu/ 7 hari. Kepala inlet yang terpasang maksimum akan menyaring partikel sampai ukuran 2,5 mikrometer. Partikel/debu itu akan tersuspensi/terperangkap/menempel pada filter khusus yang terpasang. Filter Partisol setelah diangkat, diberi label detil (waktu pasang, volume gasmeter, berat awal filter, waktu angkat), lalu dikirimkan ke Laboratorium Kualitas Udara BMKG pusat.

o Rain Water Sampler (RWS)

Fungsinya : untuk menampung air hujan
Frekuensi Observasi : Selama 1 minggu sekali, sesuai dengan jadwal.
Deskripsi : RWS adalah sala satu sampling pada wet deposition/ deposisi basah. Alat ini berfungsi untuk mengambil sampel air hujan, bila hujan turun secara otomatis penutup akan terbuka dan bila hujan berhenti penutup akan menutup dengan sendirinya. Akan hujan yang turun akan masuk ke kontainer/wadah di dalam RWS. Untuk menjaga sampel air hujan dari perubahan keasaman ke dalam tabung kontainer ditambahkan pengawet (timol). Sampel air hujan itu kemudian diukur tingkat keasamannya dan daya hantar listrinya, kemudian diberi label, setelah itu dikirim ke Laboratorium Kualitas Udara BMKG Pusat untuk dianalisa kandungan ion-ionnya.



2. INSTRUMEN CANGGIH/OTOMATIS

o BAM (Beta Attenuation Monitorong) 1020

Fungsinya : untuk mengukur aerosol PM 10 secara full otomatis. Alat beroperasi terus-menerus 24 jam, 7 hari seminggu, kecuali listrik mati dan filter habis.
Frekuensi Observasi : 1. Harian (daily check) – download data dengan resolusi setiap 1 jam.
2. Leak check (3 bulan sekali)
3. Flow calibration (3 bulan sekali)
4. Penggantian filter (2-4 bulan sekali)
Deskripsi : Beta Attenuation Monitorong (BAM) 1020 Analyzer adalah peralatan sampling otomatis untuk mengukur parameter aerosol ukuran PM 10. BAM 1020 bekerja berdasarkan prinsip beda pelemahan intensitas sinar beta. Perbedaan intensitas sinar beta yang melewati filter antara sebelum filter dikenai dengan udara ambien dan sesudah filter dikenai dengan udara ambien.

$$I = I_o e^{-\mu x} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

Dimana : I = Intensitas sinar beta terukur setelah filter dikenai udara ambien
Io = Intensitas sinar beta yang terukur sebelum filter dikenai udara ambien
μ = koefisien absorbsi sinar beta
x = rapat masa deposisi yang ada pada filter

Persamaan di atas sesuai dengan hukum Beer-lambert, maka harga x dapat dicari solusinya sebagai berikut :

$$X = -\frac{1}{\mu} \ln\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

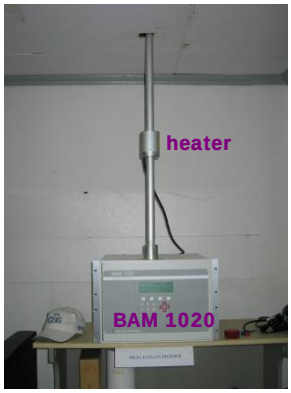
Jika X sudah dapat diketahui maka konsentrasi Aerosol PM_{10} yang ada dalam udara ambien dapat diketahui dengan rumus sebagai berikut :

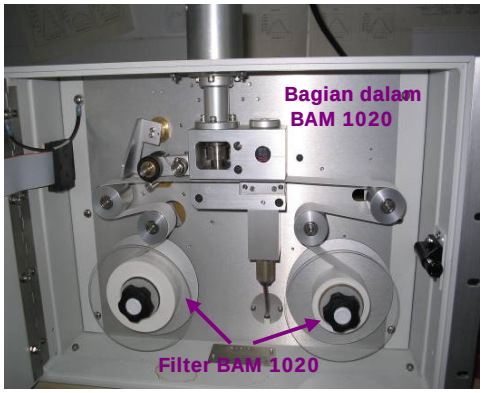
$$C = \frac{AX}{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3)$$

Dimana : C = konsentrasi Aerosol PM_{10} dalam udara ambien
A = luasan tempat Aerosol PM_{10} terkumpul
V = volume udara terkumpul selama periode sampling

Instrumen BAM 1020 terdiri dari 3 bagian yaitu : inlet udara masuk, heater dan Monitor. Inlet tempat udara masuk pada BAM-1020 berbentuk siklon oleh karena itu sering dinamakan siklon inlet. Siklon inlet berfungsi menyaring aerosol yang akan masuk ke dalam monitor. Melalui siklon inlet hanya partikel

aerosol dengan ukuran kurang 10 µm yang dapat mengikuti aliran udara yang kemudian dikumpulkan dalam pita filter yang terbuat dari fiber.





o Eppley QPSP Pyranometer

Fungsinya : untuk mengukur Radiasi Matahari Global secara full otomatis. Alat beroperasi terus-menerus 24 jam, 7 hari seminggu, kecuali listrik mati.

Frekuensi Observasi : Harian – download rawdata, dengan resolusi data 3 menit.
Harian – daily check
Penggantian silika gel setiap kering

Deskripsi : Radiasi matahari global merupakan total penjumlahan antara radiasi langsung yang telah dikoreksi cosinus sudut zenit matahari dengan radiasi baur. Instrument QPSP (Precision Spectral Pyranometer) digunakan untuk mengukur fluks radiasi global dengan panjang gelombang antara 0.28-3 mikron. Instrumen ini dilengkapi oleh sensor radiasi matahari yang dibentuk berdasarkan prinsip pengukuran radiometri. Sensor tersebut dibentuk dari beberapa termokopel yang dililitkan secara memutar dan dirangkaian seri sehingga membentuk thermopile. Selanjutnya thermopile akan menghasikan gaya gerak listrik (E) yang merupakan reperesentasi tegangan luaran (V output).

o Eppley QPSP Pyranometer Dilengkapi Shadow Band.

Fungsinya : untuk mengukur Radiasi Matahari Global secara full otomatis. Alat beroperasi terus-menerus 24 jam, 7 hari seminggu, kecuali listrik mati.

Frekuensi Observasi : Harian – download rawdata, dengan resolusi data 3 menit.
Harian – daily check
Penggantian silika gel setiap kering

Deskripsi : Eppley QPSP Pyranometer dilengkapi Shadow Band digunakan untuk mengukur fluks radiasi baur dengan panjang gelombang antara 0.28-3 mikron. Radiasi baur adalah radiasi matahari yang diterima permukaan bumi yang berasal dari hamburan molekul udara, partikel udara dan awan. Instrument ini terlihat sebagai sebuah kubah setengah-bola dan dilengkapi oleh *shadow band*. Shadow band terbuat dari material aluminium dan berfungsi untuk menghalangi radiasi matahari langsung, dengan maksud hanya radiasi baur atau radiasi atmosfer saja yang sampai ke Pyranometer. Pada shadow band inji perlu di atur ulang posisinya agar bayangan shadow band menutupi kubah Pyranometer. Pengaturan ini berubah-ubah tergantung posisi harian sudut matahari.

o Eppley RG8 Pyranometer

Eppley RG8 Pyranometer

Fungsinya : untuk mengukur radiasi matahari infra red secara full otomatis. Alat beroperasi terus-menerus 24 jam, 7 hari seminggu, kecuali listrik mati.

Frekuensi Observasi : Harian – download rawdata, dengan resolusi data 3 menit.
Harian – daily check
Penggantian silika gel setiap kering

Deskripsi : RG-8 Pyranometer digunakan untuk mengukur fluks radiasi infra red dengan panjang gelombang antara 0.695 - 3 mikron. Berbeda dengan instrumen pengukur radiasi matahari sebelumnya yaitu QPSP Pyranometer, RG-8 Pyranometer terlihat sebagai sebuah kubah setengah-bola yang berwarna hitam pekat dan terbuat dari campuran material silikon. Hal ini bertujuan agar radiasi gelombang panjang infra red yang dipancarkan matahari dapat terserap seluruhnya, sedang sinar pada panjang gelombang lainnya akan tertahan di luar.

o Eppley NIP Pyrheliometer

Eppley NIP Pyrheliometer

Fungsinya : untuk mengukur radiasi matahari langsung secara full otomatis. Alat dihubungkan dengan *smart tracker*, sehingga akan mengikuti gerakan matahari setiap waktu. Alat beroperasi terus-menerus dari jam 6 sampai 18, kecuali listrik mati dan laptop mengatur smart tracker mati.

Frekuensi Observasi : Harian – download rawdata, dengan resolusi data 3 menit.
Harian – daily check

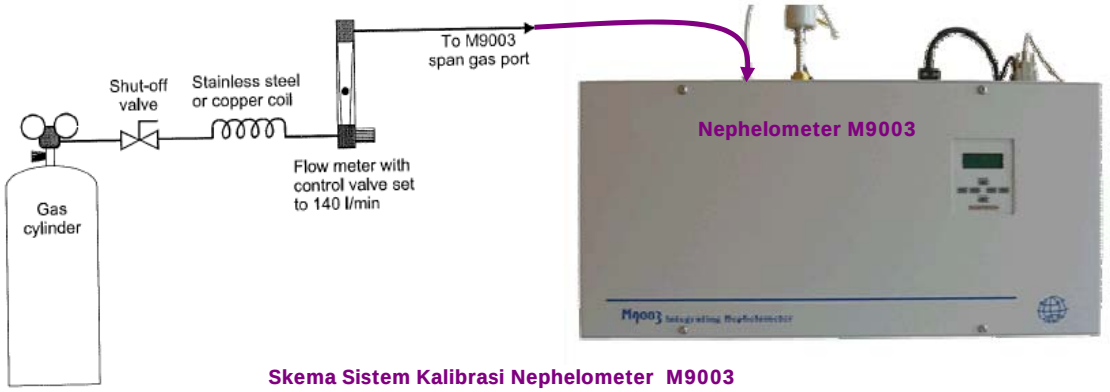
Deskripsi : Instrument NIP (Normal Incidence Pyrheliometer) digunakan untuk mengukur fluks radiasi langsung dengan panjang gelombang antara 0.28-3 mikron. Radiasi langsung adalah radiasi matahari yang diterima permukaan bumi yang berasal dari pusat dan daerah sekitar piringan matahari.
Berbeda seperti instrument pyranometer, NIP Pyrheliometer dilengkapi oleh sebuah *motor tracker* (motor penggerak) yang mampu mengikuti pergerakan matahari yang terbit mulai dari arah timur hingga tenggelam ke arah barat . Aksis dari tracker tersebut harus diletakkan pada arah utara-selatan, hal ini dikarenakan sensor NIP harus mengarah ke timur-barat sesuai dengan gerakan matahari. Motor penggerak tersebut dapat bergerak secara *smart* dengan didukung oleh adanya sistem *programable* yang telah diinstal di dalam NIP. NIP dapat bergerak ke dalam empat arah yaitu :

a. Gerakan naik (UP) yaitu gerakan berdasarkan sudut elevasi matahari dimana gerakan ini dilakukan pada saat matahari mulai terbit pada arah timur hingga pada saat matahari berada di atas kulminasi tengah hari.
b. Gerakan turun (DOWN) yaitu gerakan berdasarkan sudut elevasi matahari dimana gerakan ini dilakukan pada saat matahari berada di atas titik kulminasi atau pada tengah hari hingga terbenam ke arah barat.
c. Gerakan berlawanan arah jarum jam (COUNTERCLOCKWISE) yaitu gerakan berdasarkan azimut dan dilakukan pada saat merubah arah mulai dari matahari terbenam hingga dimulai pada saat matahari terbit di sebelah timur.
d. Gerakan searah jarum jam (CLOCKWISE) yaitu gerakan berdasarkan azimut dan dilakukan pada saat merubah arah mulai dari matahari di atas titik kulminasi hingga matahari terbenam ke arah barat

o Ecotech M9003 Integrating Nephelometer

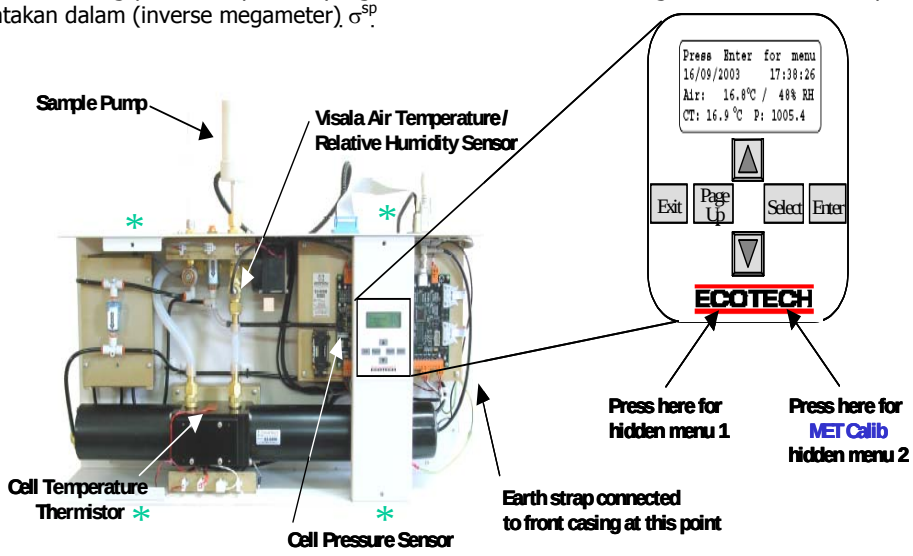
Fungsinya : untuk mengukur aerosol PM 2,5 secara full otomatis. Alat beroperasi terus-menerus 24 jam, 7 hari seminggu, kecuali listrik mati.

Frekuensi Observasi : 1. Span check (harian)
2. Weekly check (setiap senin dan kamis)-download rawdata
3. Membersihkan instrumen (setiap hasil zero dan span kurang bagus)



Skema Sistem Kalibrasi Nephelometer M9003

Deskripsi : Nephelometer merupakan peralatan sampling otomatis untuk mengukur parameter aerosol ukuran PM 2,5. Instrumen ini merupakan kerjasama antara BMKG dengan CSIRO (suatu badan di Australia). Prinsip kerja Ecotech M9003 Integrating Nephelometer adalah dengan melewatkan udara sampel dengan pompa melalui pipa inlet ke dalam suatu ruang penyinaran dan keluar melalui outlet sampel. Cahaya dari sumber cahaya (LED) menyinari sampel udara dalam ruang ini, komponen gas dan partikel akan menyebabkan cahaya terpendar. Cahaya akan ditangkap oleh tabung photomultiplier. Photomultiplier ini membuat sinyal listrik proporsional terhadap intensitas cahaya. Sehingga sinyal yang dihasilkan tabung photomultiplierlah yang direkam ke dalam scattering coefficient dari sampel udara dan dinyatakan dalam (inverse megameter) σ^{sp}.



Bagian dalam Nephelometer M9003

Measure ratio (MR) adalah
rasio antara Measure count (Cm) dan shutter count (Csh):

MR = Cm / Csh

Contoh jika Cm = 15,000 & Csh = 1,200,000, sehingga MR = 12.5 x 10^{-3}. karena Csh merupakan sumber yang sudah diketahui stabil, MR secara langsung proporsional terhadap scattering coefficient. Jika tidak ada perubahan dalam sistem pengukuran (seperti intensitas cahaya atau temperatur), maka baik Cm & Csh akan secara otomatis berubah. Selain itu, MR akan tetap konstan, jika scattering coefficient sampel berubah, maka hanya Cm yang akan bervariasi.

o Horiba Apma 360

Sistem Kalibrasi Horiba Apma 360

Horiba Apma 360

Fungsinya : untuk mengukur konsentrasi gas Carbon Monoksida (CO) permukaan secara full otomatis. Alat beroperasi terus-menerus 24 jam, 7 hari seminggu, kecuali listrik mati.

Frekuensi Observasi : Weekly check (senin dan kamis)-download rawdata
Manual Span Check dan Zero Check (2 minggu sekali)
Automatic Span check setiap 4 jam selama 10 menit.
Mengganti Silika gel (setiap kali material jenuh)
Mengukur air hasil kondensasi dehumidifier (2 minggu sekali)

Deskripsi : HORIBA APMA 360 merupakan peralatan sampling full otomatis untuk mengukur Konsentrasi gas karbon monoksida (CO) di permukaan, alat ini merupakan kerjasama antara BMKG dengan EMPA. Prinsip kerjanya adalah absorpsi sinar infra merah terhadap gas karbon monoksida. Cara kerjanya udara ambien melewati proses pengeringan melalui dehudifier, silika gel dan nafion drier kemudian udara yang mengandung gas karbonmonoksida CO di lewatkan pada sinar infra merah. Perbedaan intensitas sinar infra merah antara sampel dan referensi dikonversikan menjadi konsentrasi gas karbon monoksida dalam sampel udara.

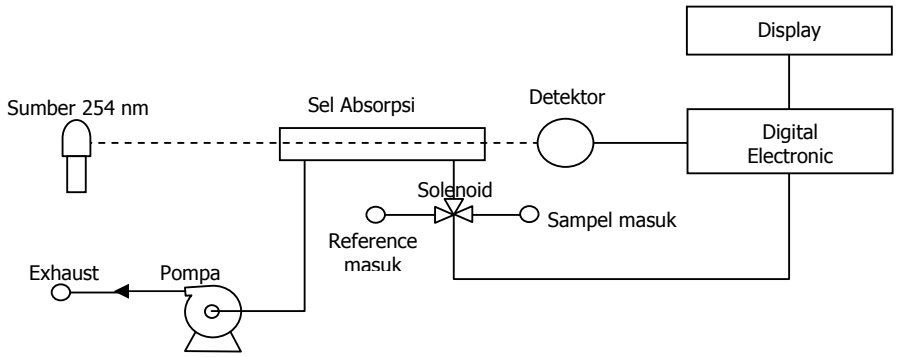
o TEI49C

TEI49C

Fungsinya : untuk mengukur konsentrasi ozon (O_3) permukaan secara full otomatis. Alat beroperasi terus-menerus 24 jam, 7 hari seminggu, kecuali listrik mati.

Frekuensi Observasi : weekly check (senin dan kamis)-download rawdata
Membuang air hasil kondensasi dehumidifier
Kalibrasi dengan ozon kalibrator (dua bulan sekali)

Deskripsi : Metode yang digunakan dalam alat TEI49 menggunakan metode Ultraviolet Photometer. Secara global metode ini memasukkan ozon dalam suatu 2 sel yang berbeda, yang disinari oleh cahaya dengan kekuatan 254 nm. Salah satu sel tersebut terdapat sel yang dialiri oleh udara yang mengandung ozon dari udara sampel dan udara tanpa ozon dengan cara memisahkan kandungan ozon dari sampel udara melalui ozone scrubber.



Skematik sederhana UV Photometer

Rasio dari dua kandungan udara tersebut dapat dihitung kandungan ozon di udara dengan persamaan Lambert – Beer:

$$I = I_0 .^{(-K\lambda LC)}$$

Dengan mengikutsertakan nilai temperatur, tekanan pada rangkaian elektronik menghitung rasio campuran (mixing ratio) ozon dengan cara :

$$C = \frac{1}{K_\lambda L}\left(\ln \frac{I_0}{I}\right)$$

dengan mixing ratio (mr)

$$mr = \frac{C}{2.69x10^{19} \, x \, \frac{P}{P_0} \, x \, \frac{T_0}{T}}$$

Didapatkan nilai mixing ratio (mr) ozon di display instrumen :

$$mr = \frac{1}{K_\lambda .L} \, x \, \frac{T}{P}\left(\frac{C}{2.69x10^{19}} \, x \, \frac{1013}{273}\right) \ln\left(\frac{I_0}{I}\right)$$

$$= \frac{1}{K_\lambda .L} \, x \, \frac{T}{P} \, x1.739x10^{-13} \, x \ln \frac{I_0}{I}$$

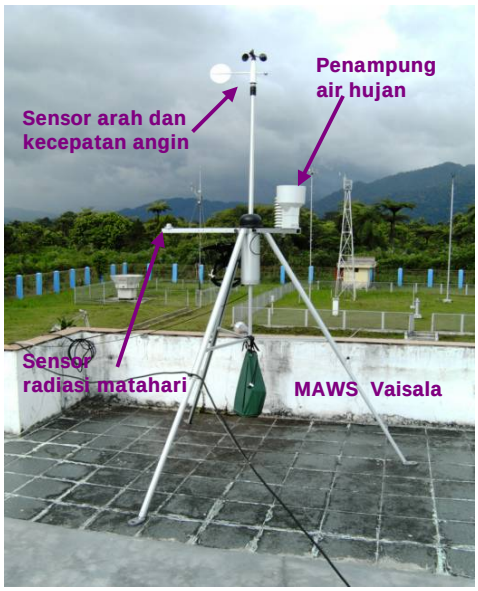
Pengamatan ozon permukaan (Troposfer) di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang telah dimulai sejak September 1996 dengan sebuah Ozone Analyzer type TEI 49 dan sebuah Ozone Calibrator TEI 49 PS sebagai kalibrator. Peralatan ini dibuat oleh pabrik Thermo Electron Inc., USA. Pengamatan dan sistem kalibrasi mendapat asistensi dan juga kerja sama dengan CSIRO, Australia.
Mulai September 2006, peralatan monitoring ditambah dengan sebuah analyzer type 49C atas bantuan WMO-WCC EMPA Switzerland. Semua peralatan tersebut masih beroperasi sampai sekarang. Data dari hasil pengamatan dengan type 49 hanya untuk mem-back up data ozon type 49C. Dengan perawatan yang kontinyu serta audit reguler yang dilakukan oleh WCC-EMPA sejak 1999 hingga sekarang, telah mendukung kualitas hasil pengamatan. Sebagain data tersebut dapat diakses melalui internet di situs World Data Center for Greenhouse Gases (WDCGG) Jepang.

- **MAWS (Mobile Automatic Weather Station) Vaisala**

Fungsinya : Mencatat parameter meteorologi harian (suhu, tekanan, curah hujan, kelembaban, tekanan, radiasi matahari global, arah angin dan kecepatan angin) secara full otomatis Alat beroperasi terus-menerus 24 jam, 7 hari seminggu, kecuali baterai habis, data logger penuh.

Frekuensi Observasi : download rawdata dengan resolusi setiap 1 menit (Setiap hari)
Baterai di isi ulang (*recharger* setiap habis)
Reset data logger setiap penuh

Deskripsi : Instrumen ini merupakan kerjasama dengan salah institusi di Jepang, rawdata secara otomatis akan dikirimkan ke Jepang.



Masih ada beberapa instrumen baru yang masih dalam pengujian performanya, sehingga belum di jabarkan dalam tulisan ini, instrumen tersebut adalah CO_2 analyzer (Picarro G1301), SO_2 analyzer (TS43i-TLE), NO-NO_2-NO_x analyzer (TS42i-TL), Ozone primary callibrator, Solar radiation calibrator dari Eppley.
Masih ada beberapa kegiatan yang bukan kegiatan sampling tetapi menjadi kegiatan rutin bagi staf GAW Bukit Kototabang, antara lain: download data dari CCU/CSM, download data jumlah hotspot(titik api) dari web, download data BLR (Boundary Layer Radar) dan download data dari geoelektroda.

REFERENSI

Agusta Kurniawan, 2009, leaflet GAW Bukit Kototabang
Agusta Kurniawan, 2009, SOP pengukuran pH dan Konduktivitas
Alberth Christian Nahas, Budi Setiawan, & Herizal, 2009, Distribusi Global *Persistent Organic Pollutants* (POPs), Buletin Megasains edisi 1, Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang,
Alberth Christian Nahas, Budi Setiawan, dan Herizal Edward J. Dlugokencky dan Thomas J Conway, 2008, Analisis Konsentrasi Metana Atmosferik Di Stasiun Pemantau Atmosfer Global Bukit Kototabang, Jurnal BMG
Noname, 2008, SOP Passive Sampler
Firda Amalia M, 2008, SOP Partisol Sampler
Jason Ward, Jörg Klausen and Asep F Ilahi, Work Instruction Manual : Measurement of Aerosol Scattering Coefficient with the Ecotech M9003 Integrating Nephelomete,1st Edition, August 2007r